



รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“ด้านวิทยาศาสตร์
นวัตกรรมสร้างสรรค์
กับผู้ประกอบการใหม่”

PROCEEDING BOOK

19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ

(Proceeding Book)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันจันทร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

จัดการประชุมแบบ On-site และ Online ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

พิมพ์เมื่อ : กันยายน 2565

กองบรรณาธิการ : ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

© ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารจากคณบดี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นมหาวิทยาลัยด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีบทบาทสำคัญในการสร้างงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรม อันจะนำมาเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาและงานวิจัย ให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้และนวัตกรรมที่สามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนและประเทศชาติ สามารถการพัฒนาต่อยอด นำไปใช้ประโยชน์แก้ไขปัญหาได้อย่างแท้จริง เราตระหนักถึงความสำคัญของงานวิจัย ทั้งการวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ การวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรม และการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน โดยส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างงานวิจัยของคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาของมหาวิทยาลัย ให้ผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ มีประโยชน์ และสามารถพัฒนาผลงานวิจัยให้มีความก้าวหน้า มุ่งสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการในศาสตร์แขนงต่าง ๆ การจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ โดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ครั้งนี้ ถือเป็นโอกาสอันดี ที่นักวิจัยและผู้ร่วมการประชุมทุกท่านจะได้ร่วมกิจกรรม นำเสนอผลงานทางวิชาการและแลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์ เพื่อส่งเสริมการสร้างเครือข่ายงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ก่อเกิดผลงานวิจัยและนวัตกรรม อันจะก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดต่อประเทศชาติต่อไป กระผมขออวยพรให้การจัดโครงการและการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 นี้ ประสบผลสำเร็จ ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้ทุกประการ

จิระศักดิ์

(ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการ

กรรมการบรรณาธิการ

ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.ธนพงศ์ สารีอินทร์	กรรมการ
ดร.ไพศาล การถาง	กรรมการ
ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพยัคฆ์	กรรมการและเลขานุการ

กรรมการพิจารณาบทความ

รศ.ดร.ภกญ.วริสรา ปาริชาติกานนท์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.สิตานัน ธิติประเสริฐ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.บำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร.ศุทธินี จริงจิตร	สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
ดร.ลัญจกร อมรกิจบำรุง	บริษัท เวลดี่ ม็อกกี้ อินโนเวชั่น จำกัด
ผศ.ดร.วันวิสา เจนรุ่งโรจน์สกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ธัญพรรณ ฮ่อบรรทัด	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผศ.ดร.พนิดา หล่อวงศ์ตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อภิชาติ บุญมาลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
รศ.นริศา คำแก่น	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
ผศ.ดร.ชิตชไม โอวาทพารพร	มหาวิทยาสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ดวงจันทร์ แก้วกงพาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ดร.ประดับดวง เกียรติศักดิ์ศิริ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.อัจฉริยะ วัธนวิสูตร	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร.วิลาสินี ปีระจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.ศิรศักดิ์ ศศิวรรณพงศ์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ดร.จุฑามาศ บุญรัศมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ดร.ธัญยธรณ์ วราพงศ์พิศาล	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ดร.วาศินี ประดับศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผศ.ดร.พิษณุ ทองขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.พิพัฒน์ จันทร์ประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ
ดร.อธิราชย์ เริงณรงค์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.ยาสมี เลาหสกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ นพรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
ดร.จตุพร คงทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผศ.ดร.ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ดร.นพคุณ แสนโพธิ์	บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)
ดร.ภูตินันท์ เอื้อวงษ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพยัคฆ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วีรวรรณ จันทนะทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.กฤษฎา เหล็กดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.สิริรัตน์ พานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.นริศรา นาคเมธี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.คณาวุฒิ อินทร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ภูมิรัตน์ นวรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กรรมการดำเนินงาน

ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพยัคฆ์	ดร.สุนิสา สายอุปราช	นางศุภานัน ปิ่นเจริญ
นางสาวนิสากร น่วมศรีนวล	นางสาวอัจฉรา เฉลิมเกียรติ	นางสาวชลิตา อินสะโร
นางสาวเยาวภา เทวะผลิน	นางพัทลาณี วรดิษฐ์	นางสาวสุนันทา แก้วกระจ่าง
นางสาวดารุณี บูระพิน	นางสาวอรวรรณ มุกนนท์	นางสาวสายรุ้ง แก้วน้อย
นายวรวุฒิ สาสิงห์	นายสมัคร นาคเกษม	นางกุหลาบ นาคเกษม

กำหนดการ

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5
“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”
The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation:
Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565
ณ ชั้น 5 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
จัดการประชุมแบบ On-site และ Online ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

เวลา	กิจกรรม		
08.30 – 08.45 น.	ลงทะเบียนเข้าร่วมงาน		
08.45 – 09.00 น.	พิธีเปิดการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 โดย รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาคณาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร รศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ		
09.00 – 10.00 น.	บรรยายหัวข้อพิเศษ เรื่อง “การเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์ทรายแมว” โดย ดร.ลัญจกร อมรกิจบำรุง		
10.30 – 12.00 น.	นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation)	นำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)	การแสดงผลงานวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร และหน่วยงานภายนอก
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน		
13.00 – 16.00 น.	นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation)	นำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)	การแสดงผลงานวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร และหน่วยงานภายนอก
16.00 – 16.30 น.	พิธีมอบรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยยอดเยี่ยม และพิธีปิด โดย คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์		

หมายเหตุ ผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์จะถูกนำเสนอที่เว็บไซต์ https://sci.rmutp.ac.th/nconsci5/

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคบรรยาย (Oral presentation) On-site

Session A1

ประธานกลุ่ม : ดร.นพคุณ แสนโพธิ์

รองประธานกลุ่ม : ดร.ภูตินันท์ เอื้อวงษ์สุวรรณ

Time	ID	Name	Title
13.00 – 13.15	TH10100	ชินโชิต คันธกุลดุษฎี	การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดปรับตั้งได้ลงในถาดเพาะกล้าด้วยมอเตอร์ตัวเดียว
13.15 – 13.30	TH10047	ภูมิพัฒน์ อุ่นบ้าน	แนวทางการใช้เทคนิคผลต่างภาพเพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าวด้วยข้อมูล ดาวเทียมแบบอนุกรมเวลา
13.30 – 13.45	TH20086	สืบสกุล คุรุรัตน์	การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยเครื่องกำเนิดการไหลวนชนิด Improved NACA0024 แบบกลับหลัง
14.00 – 14.15	TH20192	อัศวิน ยอดรักษ์	อิทธิพลของท่อทางเข้าแบบท่อลูกฟูกที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน
14.15 – 14.30	TH10027	เมธาวี คงธารา	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมของเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่สำหรับประยุกต์ใช้เป็นที่รองแก้วรักษ์โลก
พักรับประทานอาหารว่าง			
15.00 – 15.15	TH10035	สหชัย แสงเรือง	การศึกษาอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ สำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย: แนวทางการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ
15.15 – 15.30	TH20067	ชวิวัฒน์ งามสวัสดิ์	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
15.30 – 15.45	TH20094	ภูมิรัตน์ นวรัตน์	การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพของฟิล์มบางทองคำเนื่องจากการอาเนียล

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคบรรยาย (Oral presentation) On-site

Session A2

ประธานกลุ่ม : ผศ.ดร.วีรวรรณ จันทนะทรัพย์

รองประธานกลุ่ม : ดร.กฤษฎา เหล็กดี

Time	ID	Name	Title
11.00 – 11.15	TH20196	จิดาภา แสงคำ	การนำเสนอความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อสถานบันเทิงด้วยการนับความถี่ของคำ
11.15 – 11.30	TH10169	ยศธร โชระเวก	เครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์
11.30 – 11.45	TH10153	จุฬาตรีคูณ คัทมาร	การประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองSIR

Session A2

ประธานกลุ่ม : ผศ.ดร.สิริรัตน์ พานิช

รองประธานกลุ่ม : ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ

Time	ID	Name	Title
13.00 – 13.15	TH10030	ทัศนีย์ เที่ยงเกตุ	ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาและคอมบูชะ (ปลีกล้วย)
13.15 – 13.30	TH10095	ศศินา สุทัศน์กนก	ฤทธิ์ต้านการเจริญต่อแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเห็ด Flavodon fluvus (Klotzsch) Ryvarden
13.30 – 13.45	TH10096	พิชญา ประเวชไพร	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิระของโพลีแซ็กคาไรด์ที่แยกได้จากก้อนเห็ดเหลือทิ้งของเห็ดแครง
13.45 – 14.00	TH10101	ปาณิศา แสงสมบัติ	การศึกษาแนวทางการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ย่อยสลายง่ายจากวัสดุธรรมชาติ
14.00 – 14.15	TH10114	วรางคณา นาวิชิต	การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติ

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผ่านระบบ Zoom Cloud Meetings

ภาคบรรยาย (Oral presentation) Online

Session B1

ประธานกลุ่ม : ดร.คณาวุฒิ อินทร์แก้ว

รองประธานกลุ่ม : ดร.ภูมิรัตน์ นวรัตน์

Time	ID	Name	Title
10.30 – 10.45	TH20182	เลิศเลขา ศรีรัตนะ	การพัฒนาเครื่องอัดเอนกประสงค์เพื่อการผลิตถ่านอัดแท่ง
10.45 – 11.00	TH20113	มูฮัมมัดรอซดี มูดอ	การออกแบบและสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์
11.00 – 11.15	TH20117	ภัทรอนงค์ คงช่วย	การศึกษาการสร้างเครื่องทำความเย็นขนาดพกพาโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่มีความไวต่ออุณหภูมิ
11.15 – 11.30	TH20124	จันทนา พันธุ์พราน	การประเมินสมบัติของแหล่งน้ำธรรมชาติสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐานสากล OECD 301A
11.30 – 11.45	TH20055	คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง	การลดความปลาป่นเพื่อผลิตอาหารสัตว์สำหรับเครื่องบดเศษปลาแบบใบตีหมุน
11.45 – 12.00	TH20055	คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง	ผลกระทบของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันชีวภาพจากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์สำหรับการเกษตร: กรณีศึกษาการใช้งานระยะยาว 300 ชั่วโมง
พักรับประทานอาหารกลางวัน			
13.00 – 13.15	TH20056	ศุภกร จิตติศักดิ์	การออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก
13.15 – 13.30	TH20197	มานะ วิชางาม	การจำลองพฤติกรรมการไหลของเตา KB-5 โดยพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผ่านระบบ Zoom Cloud Meetings

ภาคบรรยาย (Oral presentation) Online

Session B1

ประธานกลุ่ม : ผศ.ดร.วีรวรรณ จันทนะทรัพย์

รองประธานกลุ่ม : 1. ดร.นริศรา นาคเมธี 2. ดร.กฤษฎา เหล็กดี

Time	ID	Name	Title
14.00 – 14.15	TH10092	เกียรติชัย สุขุประการ	ระบบจองห้องพักโรงแรม ด้วยแอปพลิเคชั่น LINE
14.15 – 14.30	TH10093	สุพพัต ปลื่นกลอง	การพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station
14.30 – 14.45	TH10126	วัชรพล พรมเงิน	การพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษา หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
14.45 – 15.00	TH10134	พงศ์จักร์ บุญมา	เว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก กรณีศึกษา ชูโชคอพาร์ทเมนท์
15.00 – 15.15	TH10147	ชรินรัตน์ รัตนนิตย์	การพัฒนาแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยความเป็นจริงเสมือนกรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
15.15 – 15.30	TH10080	จารุพัฒน์ พลมั่น	การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วของประเทศไทย
15.30 – 15.45	TH10099	จิณวัฒน์ แก้วไชยสง	การพยากรณ์ความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องด้วยวิธีอนุกรมเวลา กรณีศึกษา: โรงงานผลิตเบียร์แห่งหนึ่ง

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผ่านระบบ Zoom Cloud Meetings

ภาคบรรยาย (Oral presentation) Online

Session B2

ประธานกลุ่ม : ดร.อธิราชย์ เริงณรงค์

รองประธานกลุ่ม : ดร.พิพัฒน์ จันทร์ประดิษฐ์

Time	ID	Name	Title
13.15 – 13.30	TH10075	ธีรภัทร หรูปานวงษ์	ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อะซิโตนหรือน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม
13.30 – 13.45	TH10017	จิรวัฒน์ กีรติภูบด	การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงในกระบวนการ การรีไซเคิลขวดพลาสติก PET กรณีศึกษา: บริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกแห่งหนึ่ง
14.00 – 14.15	TH10025	อนุชา บุญมา	การประเมินความล้าในการดัดรอบสูงในเหล็กกล้า JIS-S55C
14.15 – 14.30	TH10026	ธรรมรัตน์ เผือกผ่อง	การวิเคราะห์ความเสียหายของเพลาขับหน้าในรถตู้
พักรับประทานอาหารว่าง			
14.45 – 15.00	TH10034	ภาณุ ประสพชิงชนะ	การวิเคราะห์ความเค้นของเพลาขับหน้าโดยใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์
15.00 – 15.15	TH10041	วิธิสรรค์ เหลืองวิลัย	การเพิ่มผลผลิต อัตราส่วนคนต่อเครื่องจักร ไดแอทแทค
15.15 – 15.30	TH10090	ชนทัต บุญเฉลียว	การเคลื่อนที่สามแกนของแขนกลแบบขนานโดยใช้วิธีการควบคุมพีดีพร้อมการชดเชยแรงเสียดทาน
15.30 – 15.45	TH10132	พิมพ์นิภา ป้องท้าว	การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าด้วยระบบโฟลอินเจ็คชัน สำหรับตรวจวัดมอร์รินในกระชาย ด้วยเซนเซอร์คาร์บอนไส้ดินสอ
15.45 – 16.00	TH10152	ครรชิต ณ วิเชียร	สารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จากสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือ
16.00 – 16.15	TH10165	มะรอพา มามะ	ผลกระทบของเส้นใยมะพร้าวต่อการดูดซึมน้ำและกำลังอัดของมอร์ต้าร์

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บนเว็บไซต์ https://sci.rmutp.ac.th/nconsci5/

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

ID	Name	Title
TH10008	ณัฐณิชา วงษา	ผลของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยม ต่อจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์
TH20010	สังเวย เสวกวิหารี	การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งในชุมชน ตามรูปแบบชีวิตวิถีใหม่ : ขยะโฟม
TH20010	สังเวย เสวกวิหารี	ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเหลือทิ้ง : แกลบ
TH20011	วัฒนา วิริวุฒิกร	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟดริปกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก็กฮวย
TH20013	สิรินภา จิระกิตติเจริญ	ปริมาณฟีนอลิกรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัยจากกะเพราขาว
TH10021	สันติ กระแจะจันทร์	การพัฒนารูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชา: กรณีศึกษา ศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี
TH10037	จิรวัฒน์ เผ่านาค	แนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
TH20042	กัลทิมา เชาว์ขาญชัยกุล	สมบัติทางกล การดูดซับน้ำ และสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์
TH20042	กัลทิมา เชาว์ขาญชัยกุล	สมบัติทางกล และความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยนาโนเคลย์
TH20044	ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์	ศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ในการใช้เป็นพรีไบโอติกของสาหร่ายไก ในแม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย
TH20051	ปริยาภัทร สาโถน	การสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ
TH10057	นภัสสร เพชรธำรงกุล	การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง
TH10060	กัญญ์วรา ยอดรัก	การพัฒนาเจลบำรุงผิวหน้าจากสารสกัดเปลือกมะละกอที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
TH20061	ดวงฤทัย นิคมรัฐ	ผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบารักษ์สิ่งแวดล้อมจากขยะขวดพลาสติกและของเหลือทิ้งทางการเกษตร
TH20068	ปรัชญารัก เวียงสงค์	การวิเคราะห์เชิงทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บนเว็บไซต์ https://sci.rmutp.ac.th/nconsci5/

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

ID	Name	Title
TH20070	อุดมเดชา พลเยี่ยม	การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น
TH10071	รวิวรรณ อินน้อย	การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย ในปี 2562
TH20081	ลาวัณย์ฉวี สุจริตตานนท์	Cultivating Scientists with a Business Mindset: Teaching Entrepreneurship as a Special Topic
TH20081	ลาวัณย์ฉวี สุจริตตานนท์	Disruptive Technology and Wellness in East and South East Asia: Can We Entrust Proactive Health to Disruptive Technology?
TH20083	สมบัติ น้อยมิ่ง	สภาวะที่เหมาะสมในการอบคืนไฟใบมีดตัดอ้อยในรถตัดอ้อย
TH20091	ชยุต ข่าขันมะลี	รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน
TH10106	ปภัสวรรณ มั่นใจ	การพัฒนาเกม The Way to Home โดยใช้ Construct 3
TH10120	จิตรลดา รุ้งโรจน์	การศึกษาทางสรีรวิทยาของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 ที่แยกได้จากธารน้ำร้อนบ่อคลึง อ.สวนผึ้ง จ.ราบชุรี ประเทศไทย
TH20125	วรนุช ดีละมัน	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำย่อยสลายได้จากวัสดุเหลือทิ้งของอุตสาหกรรมการเกษตร
TH10129	ชลลดา สุภาธง	การเปรียบเทียบวิธีการสกัดโปรตีนในใบอินทผลัมด้วยเทคนิค SDS-PAGE
TH20133	ไพศาล การถาง	Effect of ultraviolet-A exposure on the MinD protein oscillation in Escherichia coli
TH20043	ชาญวิทย์ ปราบพยัคฆ์	Some Homomorphism Properties of Pseudo d-algebras
TH10136	สุชานันท์ มโนจุรีหกุล	การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์
TH20138	อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์	การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว
TH20140	ดวงฤทัย ศรีแดง	การนำแป้งเท้ายายม่อมมาใช้เป็นฟิลเลอร์สำหรับผลิตโฟมพอลิยูรีเทน
TH10142	ธนัญญา อินทพันธ์	เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บนเว็บไซต์ https://sci.rmutp.ac.th/nconsci5/

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

ID	Name	Title
TH10143	วัชรียาภรณ์ สวนเลิศ	การพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
TH10144	วรรณสิทธิ์ เสรีวงศ์สกุล	เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์
TH20151	วีรวรรณ จันทนะทรัพย์	การเพิ่มประสิทธิภาพงานทรัพยากรบุคคลด้วยแดชบอร์ดเทคโนโลยี
TH10155	สิทธิพร แสงสวย	การใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
TH10156	ชนาภา ปานวิเชียร	เว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ
TH10161	ฤกษ์สิญาภรณ์ กิ้มเส้ง	การเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการสกัดโปรตีนที่ใช้กับใบอ่อนลำไยด้วย sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis ร่วมกับ mass spectrometry
TH20162	ณัฐณิชา ทวีแสง	การผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร
TH10167	กัลยาณี สมราช	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
TH10168	หัทยา บุญศรีมี	พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชน ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
TH20170	วิไลวรรณ ลีนะกุล	ผลของการสังเคราะห์ซิลิกาจากแหล่งขี้เถ้าเหลือใช้ที่แตกต่างกันเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว
TH10171	ชยาภรณ์ โยธา	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์จากการปวดของกล้ามเนื้อในอาชีพเกษตรกรชาวนา
TH10172	ศิริรัตน์ แสนศักหาญ	การศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย
TH10173	อภิวิชญ์ รอดสุวรรณ	การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
TH10174	สุวนันท์ ดอกคำ	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย
TH10175	ธราธร อุทศรี	ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน
TH10176	สโรชินี นิลสวิท	ความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5

“เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ”

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บนเว็บไซต์ https://sci.rmutp.ac.th/nconsci5/

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

ID	Name	Title
TH20177	สุรางค์รัตน์ พันแสง	การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแหนแดง
TH10178	สริญญา คำมา	ความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชนตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
TH10179	นัชวรรณ แก้วเหมย	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
TH10180	ณัฐกมล เวียงลอ	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนโควิด-19 ของกลุ่มชาติพันธุ์ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย
TH10181	อัญมณี นาหล้า	ความรู้และทัศนคติต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์ ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
TH20183	ธรรมศักดิ์ โรจน์วิรุฬห์	การบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ถ่านกัมมันต์เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล
TH20183	ธรรมศักดิ์ โรจน์วิรุฬห์	ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านกัมมันต์เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เจือด้วยเงินร่วมกับการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล
TH10189	สิรธีร์ จอมศรีลา	ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด 19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
TH10191	อิทธินันท์ วะเจดีย์	ระบบจองห้องประชุม
TH10199	ณัฐกานต์ สุขสมร	ผลของการสังเคราะห์แคลเซียมจากกระดูกสัตว์สำหรับการประดิษฐ์แก้วสี
TH10200	ธิดารัตน์ บุญมาศ	เว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก

สารบัญ

หน้า

สารจากคณบดี ก

คณะกรรมการ ข

กำหนดการ ง

ตารางการนำเสนอผลงาน จ

สารบัญ ฑ

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมของเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่สำหรับประยุกต์ใช้เป็นที่รองแก้วรักษ์โลก 1
เมธาวี คงธารา, วณัฏชา ใบดำ, ณิชารีย์ หนูล้อมทรัพย์, ณรงค์ธรรม ทองสุขแสงเจริญ และ อภิลักษณ์ เอียดเอื้อ

2. ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาและคอมบูชะ (ปลีกล้วย) 11
ทัศนีย์ เที่ยงเกตุ, วนัชพร เลื่อนลอย, ปณิธาน สุระยศ และ กาญจนา วงศ์กระจ่าง

3. การศึกษาอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ สำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย: แนวทางการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ 18
สหชัย แสงเรือง และ เดชรัตน์ สัมฤทธิ์

4. แนวทางการใช้เทคนิคผลต่างภาพเพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าวด้วยข้อมูลดาวเทียมแบบอนุกรมเวลา 30
ภูมิพัฒน์ อุ่นบ้าน และ นิติ เอี่ยมชื่น

5. การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 44
ชวิวัฒน์ งามสวัสดิ์, ณรงค์ธรรม ทองสุขแสงเจริญ และ วรัญญา เศษตะสัตย์

6. การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยเครื่องกำเนิดการไหลวนชนิด Improved NACA0024 แบบกลับหลัง 58
Rodolphe Perrin, สมพล สกุลหลง และ สืบสกุล คุรุรัตน์

7. การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพของฟิล์มบางทองคำเนื่องจากการอาเนียล 71
ภูมิรัตน์ นวรัตน์

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
8. ฤทธิ์ต้านการเจริญต่อแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเห็ด *Flavodon flavus* (Klotzsch) Ryvarden ศศินา สุทัศน์กนก, อุรารักษ์ ร่มรื่น และ เอกพันธ์ บางยี่ขัน	81
9. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิระของโพลีแซ็กคาไรด์ที่แยกได้จากก้อนเห็ดเหลือทิ้งของเห็ดแครง พิชญา ประเวชไพร, อุรารักษ์ ร่มรื่น และ เอกพันธ์ บางยี่ขัน	89
10. การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดปรับตั้งได้ลงในถาดเพาะกล้าด้วยมอเตอร์ตัวเดียว ชินโชติ คันธกุลดุษฎี และ กรรมมันต์ ชูประเสริฐ	95
11. การศึกษาแนวทางการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ย่อยสลายง่ายจากวัสดุธรรมชาติ ปาณิศา แสงสมบัติ, วิรัลยุพา กุลนิล, ภัทรธิดา ชินพิมาย และ ณรงค์ธรรม ทองสุขแสงเจริญ	103
12. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติ วรางคณา นาวิชิต, สาลินี อาจารีย์ และ ปานทิพย์ บุญส่ง	116
13. การประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองSIR จุฬาตรีคูณ คัทมาร, พรธีรา เสาวรส, วริศรา ภู่พลับ และ สุธาธินี ศรีชาญชัย	128
14. เครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ ยศธร โชระเวก, ดารารัตน์ วงศ์สุภา และ ทิพย์รัตน์ จันทร์สิงห์	141
15. อิทธิพลของท่อทางเข้าแบบท่อลูกฟูกที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน อัศวิน ยอดรักษ์ และ ฉัตรชัย นิมมล	148
16. การนำเสนอความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อสถานบันเทิงด้วยการนับความถี่ของคำ จิดาภา แสงคำ, สุทธาทิพย์ สุธาธรรม, เตชสิต เลิศไกร และ นริศรา นาคเมธี	158
17. การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงในกระบวนการ การรีไซเคิลขวดพลาสติก PET กรณีศึกษา: บริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกแห่งหนึ่ง จิรวัฒน์ กีรติภูบดี และ เดชรัตน์ สัมฤทธิ์	163
18. การประเมินความล้าในการดัดรอบสูงในเหล็กกล้า JIS-S55C ของเพลาข้อเหวี่ยง อนุชา บุญมา, นคร แสงดาว, วราพงศ์ เวียนชัย, อดิศักดิ์ แก้วนเสน และ ศิริชัย จงประเสริฐ	173
19. การวิเคราะห์ความเสียหายของเพลาขับหน้าในรถตู้ ธรรมรัตน์ เผือกผ่อง, ณัฐพล ศิวะวรเวท และ ธีรพันธ์ สุ่มอินทร์	182

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
20. **การวิเคราะห์ความเค้นของเพลาขับหน้าโดยใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์** ภาณุ ประสพชิงชนะ, ธีรภัทร์ สงวนนาม และ ปฏิภาณ ยิ่งยง	191
21. **การเพิ่มผลผลิต อัตราส่วนคนต่อเครื่องจักร ไค แอทแทค** วิธิสรรค์ เหลืองวิลัย และ วรพงษ์ สว่างศรี	199
22. **การลดความปลาป่นเพื่อผลิตอาหารสัตว์สำหรับเครื่องบดเศษปลาแบบใบตีหมุน** คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง, นิรุต อ่อนสลุง, สมพร หงษ์กง, สุริยา โชคเพิ่มพูน, พงศธร ทุมพันธ์ และ ภัทราวดี วงษาเวียง	206
23. **ผลกระทบของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันชีวภาพจากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์สำหรับการเกษตร: กรณีศึกษาการใช้งานระยะยาว 300 ชั่วโมง** คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง, สุริยา โชคเพิ่มพูน, บัญชา ล้ำเลิศ, นัทธพงศ์ อาษาสร้อย และ อำพล มูลเทพ	214
24. **การออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก** ศุภกร จิตติศักดิ์, สุธี กลมกล่อม, โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ, คมสันต์ ชไนศวรรย์, ธีราพรรณ แซ่แห่ว และ คเณศ จุลสุคนธ์	223
25. **ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อะซิโตนหรือน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม** ธีรภัทร หรูปานวงษ์ และ พงศ์ธร เจริญศุภนิมิตร	236
26. **การเคลื่อนที่สามแกนของแขนกลแบบขนานโดยใช้วิธีการควบคุมพีดีพร้อมการชดเชยแรงเสียดทาน** ชนทัต บุญเฉลียว และ กรรมมันต์ ชูประเสริฐ	244
27. **ระบบจองห้องพักโรงแรม ด้วยแอปพลิเคชั่น LINE** เกียรติชัย สุขุประการ, วิยะดา เจิ่งฤทธิ์ และ ธนพงศ์ นิตยะประภา	255
28. **การพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station** กฤษฎา ดีแท้, สุพพัต ปลื่นกลอง และ ศุภชัย คนเที่ยง	266
29. **การออกแบบและสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์** มูฮัมมัดรอซดี มูดอ, ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว, ประวิตร หวังประเสริฐ และ พงษ์ดนัย เศียรสุวรรณ	276
30. **การศึกษาการสร้างเครื่องทำความเย็นขนาดพกพาโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่มีความไวต่ออุณหภูมิ** ภัทรอนงค์ คงช่วย, ศิริ ภรณ์ กลับอำไพ และ ภาวิณี สกล	286
31. **การประเมินสมบัติของแหล่งน้ำธรรมชาติสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐานสากล OECD 301A** จันทนา พันธุ์พราน, มิรันตี ดีเจริญ, สุทธิดา คงเจ้ย, ชาญชัย คหาปนะ และ อัญชนา พัฒนสุพงษ์	296

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
32. **การพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติกรณีศึกษา หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี** วัชรพล พรมเงิน, นิรุตต์ จรเจริญ, มาลินี คำเครือ และ วิยะดา พลชัย	302
33. **การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าด้วยระบบโฟลอินเจ็คชัน สำหรับตรวจวัดมอร์รินในกระชายด้วยเซนเซอร์คาร์บอนไส้ดินสอ** พิมพ์นิภา ป้องท้าว, อนุรักษ์ จิตต์บึงพร้าว, ธานินทร์ แตงกวารัมย์ และ อัญชนา ปรีชาวรพันธ์	315
34. **เว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก กรณีศึกษา ชูโชคอพาร์ทเมนท์** พงศ์จักร์ บุญมา, ชัชชวิน งามดี และ ธิดาวรร คล้ายศรี	323
35. **การพัฒนาแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยความเป็นจริงเสมือน กรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต** ชรินรัตน์ รัตนนิตย์ และ ทิพย์มณฑา ผกาแก้ว	333
36. **สารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือ** พัทวัฒน์ สีขาว และ ครรชิต ณ วิเชียร	340
37. **การพัฒนาเครื่องอัดเอนกประสงค์เพื่อการผลิตถ่านอัดแท่ง** เลิศเลขา ศรีรัตนะ, ศศิธร จันทร์เทียน และ นุกูล อุบลบาน	349
38. **การจำลองพฤติกรรมการไหลของเตา KB-5 โดยพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ** มานะ วิชางาม และ อนิรุตต์ มัทธุจักร์	357
39. **การพยากรณ์ความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องด้วยวิธีอนุกรมเวลา กรณีศึกษา: โรงงานผลิตเบียร์แห่งหนึ่ง** จิณวัฒน์ แก้วไชยสง, อัศวิน เสนีชัย และ ฉันทลักขณ์ ฮีสวัสดิ์	365
40. **การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วของประเทศไทย** จารุพัฒน์ พลมั่น, อัศวิน เสนีชัย และ พิศุทธิ์ ตั้งเด่นชัย	384
41. **ผลของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยม ต่อจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์** ณัฐณิชา วงษา และ เจริญ เจริญชัย	397
42. **การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งในชุมชนตามรูปแบบชีวิตวิถีใหม่ : ขยะโฟม** สังเวย เสวกวิหารี, อุดมเดชา พลเยี่ยม และ ธนาพร บุญชู	410

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
43. ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเหลือทิ้ง: แกลบ สังเวย เสวกวิหารี, ธนัฏฐา อำนวยวัฒนะกุล และ นิภาพร ปัญญา	416
44. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก็กฮวย วัฒนา วิริวุฒิกร	422
45. ปริมาณฟีนอลิกรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัย จากกะเพราขาว กชกร แสวงกิจ, จันทร์กนก เสือโต, พิพัฒน์ แก้วอุดม, ภิญญาพัชญ์ พุฒจ้อย และ สิรินภา จิระกิตติเจริญ	430
46. การพัฒนารูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชา: กรณีศึกษาศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี สันติ กระแจะจันทร์ และ รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง	435
47. แนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ จิรวัฒน์ เผ่านาค, กฤษดา พิศลยบุตร, เลิศเลขา ศรีรัตนะ และ บุญธรรม หาญพาณิชย์	444
48. สมบัติทางกล การดูดซับน้ำ และสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล, วนิดา รักผาสุข และ ขวัญฤดี ไพศาล	450
49. สมบัติทางกลและความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยนาโนเคลย์ กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล, วรนุช ดีละมัน และ ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย	459
50. ศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ในการใช้เป็นพรีไบโอติกของสาหร่ายไก ในแม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์, สีดา เฉลิมทวัฒน์วงค์, วณิชชา ปัญญา และ กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง	467
51. การสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ปริยาภัทร สาโถน, สรัญญา เนตรธานนท์ และ จิราวัฒน์ ขจรศิลป์	476
52. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง นภัสสร เพชรธำรงกุล, เจนนิษา เฟื่องชูนุช และ ศุมาลี กลิ่นพิมล	489
53. การพัฒนาเจลบำรุงผิวหน้าจากสารสกัดเปลือกมะละกอที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ กัญญ์วรา ยอดรัก, ปุณณ์ลภัส เจริญพิพัฒนกุล และ วรรณิสา แก้วบ้านกรูด	499
54. ผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบารักษ์สิ่งแวดล้อมจากขยะขวดพลาสติกและของเหลือทิ้งทางการเกษตร ดวงฤทัย นิคมรัฐ, ภัทริกา สูงสมบัติ, ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร, จิรัชญา ใจกะสัน, อุทุมพร สุจริตสมาน, นิภาพร ปัญญา และ ภภัสสร สิงหธรรม	509

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
55. **การวิเคราะห์เชิงทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่** ปรัชญารัก เวียงสงค์, ณัฐพร เห็นเจริญเลิศ และ วรัญญา ปุณณวัฒน์	519
56. **การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น** อุดมเดชา พลเยี่ยม, ทรงสิริ วิชิรานนท์ และ ปิ่นธิดา ณ ไธสง	534
57. **การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยในปี 2562** รวิวรรณ อินน้อย และ สิทธิชัย พิมลศรี	544
58. **Cultivating Scientists with a Business Mindset: Teaching Entrepreneurship as a Special Topic** Jirasak Tharajak, Lavanchawee Sujarittanonta and Lin fan	553
59. **Disruptive Technology and Wellness in East and South East Asia: Can We Entrust Proactive Health to Disruptive Technology?** Lin fan and Lavanchawee Sujarittanonta	562
60. **สภาวะที่เหมาะสมในการอบคืนไฟใบมีดตัดอ้อยในรถตัดอ้อย** สมบัติ น้อยมิ่ง, มาโนช ริทินโย และ อภิลักษณ์ คบทองหลาง	569
61. **รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน** ชยุต ข่าขันมะลี	578
62. **การพัฒนาเกม The Way to Home โดยใช้ Construct 3** ปภัสวรรณ มั่นใจ และ เศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์	596
63. **การศึกษาทางสรีรวิทยาของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 ที่แยกได้จากธารน้ำร้อนบ่อคลึง อ.สวนผึ้ง จ.ราบชุรี ประเทศไทย** จิตรลดา รุ้งโรจน์, สุชารัตน์ สนองเกียรติ, ปิยาภรณ์ จิรวัชรเดช และ อรวรรณ บริรักษ์	608
64. **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำย่อยสลายได้จากวัสดุเหลือทิ้งของอุตสาหกรรมการเกษตร** วรนุช ดีละมัน, กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล และ กิติยศ ตั้งสัจจวงศ์	615
65. **การเปรียบเทียบวิธีการสกัดโปรตีนในใบอินทผลัมด้วยเทคนิค SDS-PAGE** ชลลดา สุภาธง, อัจฉรา แกล้วกล้า, เอกวิทย์ ตรีเนตร, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี, วินัย วิริยะอลงกรณ์ และ วัชรินทร์ จันทวรรณ	623

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
66. Effect of ultraviolet-A exposure on the MinD protein oscillation in Escherichia coli Paisan Kanthang	632
67. การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ สุชานันท์ มโนจุรีหกุล, เพชรรัตน์ ใต้แสงทวีธรรม, ชมนาด โพธิ์ทอง, อุไรทิพย์ ขำกระโทก, สงกรานต์ จรรจลานิมิตร และ อนุชมา ธูปแก้ว	639
68. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์ และ บุณยรัศมิ์ สุขเขียว	650
69. การนำแป้งเท้ายายม่อมมาใช้เป็นฟิลเลอร์สำหรับผลิตโฟมพอลิยูรีเทน ดวงฤทัย ศรีแดง และ ปรานอม ขาวเมฆ	658
70. เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม ธนัญญา อินทพันธ์, สุพนิต บัวเผียน และ ศิวพร นาคอุดม	664
71. การพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ วัชรียาภรณ์ สวนเลิศ และ ณัฐที ปิ่นทอง	674
72. เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์ วรรณสิทธิ์ เสรีวงศ์สกุล และ ศิวพร นาคอุดม	685
73. การเพิ่มประสิทธิภาพงานทรัพยากรบุคคลด้วยแดชบอร์ดเทคโนโลยี วีรวรรณ จันทนะทรัพย์ และ สุริโย ก่อวาณิชกุล	692
74. การใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สิทธิพร แสงสวย และ เศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์	702
75. เว็บไซต์จำหน่ายสินค้า กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ ชนาภา ปานวิเชียร, วิชาฤทธิ์ ช่วยสงค์ และ ศิวพร นาคอุดม	712
76. การเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการสกัดโปรตีนที่ใช้กับใบอ่อนลำไยด้วย sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis ร่วมกับ mass spectrometry ฤกษ์สิญาภรณ์ กิ้มเส้ง, เอกวิทย์ ตรีเนตร, อัจฉรา แกล้วกล้า, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี, วินัย วิริยะอลงกรณ์ และ วัชรินทร์ จันทวรรณ	721
77. การผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร กรวรรณ นาวิก, ญาณิศา แก้วพริ้งเดชากุล, บุศยา ภูมี และ ณัฐณิชา ทวีแสง	730

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย) **หน้า**

78. **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย** 736
ณกมณ คำมาลา, สุภารัตน์ เสนารัตน์, กัลยาณี สมราช, มณุเชษฐ์ มะโนธรรม, พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล

79. **พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชน ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย** 744
ธนัชญา วงศ์ชัย, ศศิธร มีปัญญา, หัทยา บุญศรีมี, สุเนตรา สมกำลัง, วัชรพงษ์ เรือนคำ และ จุฑามาศ เมืองมูล

80. **ผลของการสังเคราะห์ซิลิกาจากแหล่งขี้เถ้าเหลือใช้ที่แตกต่างกันเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว** 753
ณัฐกานต์ สุขสมร, ปัญญาพร แสงจันทร์, ธนาพร บุญชู, อานนท์ ไกรป๊อก และ วิไลวรรณ ลีนะกุล

81. **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์จากการปวดของกล้ามเนื้อในอาชีพเกษตรกรชาวนา ตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย** 760
ธันยพร เกตุเกษี, ชยาภรณ์ โยธา, วิเชษฐ์ ก้างยาง, อังคณาภรณ์ พรมยานะ, จุฑามาศ เมืองมูล, มณุเชษฐ์ มะโนธรรม และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล

82. **การศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย** 769
ศิริรัตน์ แสนศักหาญ, นิตยา จักร์มณี, ธนกฤต แสงอุ่ง, อนัญญา เหล่ารินทอง, วัชรพงษ์ เรือนคำ และ สายฝน สุภาศรี

83. **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย** 778
ณิชชา สันสุวรรณ, สุวนันท์ ดอกคำ, ชนัชชา งามตะคุ, มณุเชษฐ์ มะโนธรรม, จุฑามาศ เมืองมูล, วัชรพงษ์ เรือนคำ และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล

84. **ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน** 790
ธราธร อุทศรี และ สุรัฐพล สังข์ตรีเศียร

85. **ความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย** 804
สโรชินี นิลสวิท, รัตนาภรณ์ วุฒิ, นริศรา บุญประเสริฐ, วรัญญา มณีรัตน์, ฐิติมา ทาสุวรรณอินทร์ และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล

86. **การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแหนแดง** 812
สุรางค์รัตน์ พันแสง และ พวงผกา แก้วกรม

87. **ความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย** 821
สริญญา คำมา, วริศรา เมืองมา, พรพรรณ กันทาเดช, พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ, วัชรพงษ์ เรือนคำ และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
88. **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย** นภัสรพี สีหสกุล, นัชวรรณ แก้วเหมย, ปิติภัทร สุริยา, พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ, รวิพรรดิ พูลภาล และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล	832
89. **ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนโควิด-19 ของกลุ่มชาติพันธุ์ ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย** เกลียวพัตรา อโณทัยมณี, ณัฐกมล เวียงลอ, นภัสสร สกุลคณารักษ์, จุฑามาศ เมืองมูล, พัชรินทร์ วินยางค์กูล และ วัชรพงษ์ เรือนคำ	844
90. **ความรู้และทัศนคติต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์ ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย** จิรานันท์ ศรียาหล้า, อัญมณี นาหล้า, กัลยาพร โพธ์เลิศ, อนุสรา บุญจิตร, พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ และ วัชรพงษ์ เรือนคำ	853
91. **การบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ถ่านกัมมันต์เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล** ณิชารีย์ เอกชาตรี, ธรรมศักดิ์ โรจน์วิรุฬห์, อรวรรณ โรจน์วิรุฬห์ และ สัญญา สิริวิทยาปกรณ์	860
92. **ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านกัมมันต์เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เจือด้วยเงินร่วมกับการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล** ยุวดี ลีเลิศ, ธรรมศักดิ์ โรจน์วิรุฬห์, อรวรรณ โรจน์วิรุฬห์ และ สัญญา สิริวิทยาปกรณ์	872
93. **ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด 19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย** ทิพรัตน์ เพ็ชรประดับ, สิรธีร์ จอมศรีลา, ศิริสุดา พุ่มจำปา, วัชรพงษ์ เรือนคำ, อนุสรา บุญจิตร และ สุเนตรา สมกำลัง	884
94. **ระบบจองห้องประชุม** อิทธินัน วะเจดีย์, พงศกร เซ็นสมบูรณ์, จารุวัฒน์ สุวรรณนิช, ยศัสกร ประมวลทรัพย์ และ สงกรานต์ จรรจลานิมิตร	891
95. **ผลของการสังเคราะห์แคลเซียมจากกระดูกสัตว์สำหรับการประดิษฐ์แก้วสี** ณัฐกานต์ สุขสมร, ธนาพร บุญชู, อานนท์ ไกรป๊อก และ วิไลวรรณ ลีนะกุล	898
96. **เว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก** ธิดารัตน์ บุญมาศ, ฟิตรียะ สูแลแม และ ศิวพร นาคอุดม	905
97. **Some Homomorphism Properties of Pseudo d-algebras** Chanwit Prabpayak	914
98. **การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย** ฆนากร ปูชัย, อภิวิชญ์ รอดสุวรรณ, สุนิสา พิพัฒน์เธียรชัย, รวิพรรดิ พูลลาภ, วรัญญา มณีรัตน์ และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล	918

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย) **หน้า**

99. ผลกระทบของเส้นใยมะพร้าวต่อการดูดซึมน้ำและกำลังอัดของมอร์ต้าร์ **932**

มะรอพา มามะ, มูฮัมมัดซารีฟ สนิทวาที, กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์, อรรคเดช อับดุลมาติน และ เพ็ญพิชชา สนิทอินทร์

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมของเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่สำหรับประยุกต์ใช้เป็นที่รองแก้วรักษ์โลก

The Optimization of Environmental-Friendly Terracotta Coaster from Cellulose Acetate of Cigarette Butts

เมธาวี คงธารา[1] วณัฏชา ใบดำ[1] ณิชารีย์ หนูล้อมทรัพย์[1] ณรงค์ธรรม ทองสุขแสงเจริญ[1*]
และ อภิลักษณ์ เอียดเอื้อ[2]

[1]โรงเรียนสตรีนนทบุรี
[2]วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
[*]Email: narongdhamm@satrinon.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ทีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาวิธีการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมของเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่สำหรับประยุกต์ใช้เป็นที่รองแก้วรักษ์โลก โดยศึกษาคุณสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ อัตราการดูดซับน้ำ และอัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสระยะเวลา 6 ชั่วโมง ข้อสรุปในการวิจัยพบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมระหว่างเซลลูโลสอะซิเตท : ดินเหนียวที่ดีที่สุดคือ 1 : 5 % (w/w) ผสมกันให้เป็นเนื้อเดียวกันให้มีน้ำหนักรวม 75 กรัม ภายใต้การให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าอุณหภูมิ 1,080 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอัตราการดูดซับน้ำในช่วง 10 วินาที เท่ากับ 0.881 กรัม/วินาที และอัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ยในช่วง 60 นาที คือ 0.107 กรัม/นาที

คำสำคัญ: ก้นบุหรี่ เซลลูโลสอะซิเตท ที่รองแก้วรักษ์โลก

Abstract

The purpose of this research was to synthesize environmental-friendly terracotta coaster from cellulose acetate of cigarette butts. The synthesized terracotta coaster was examined with rate of water adsorption and evaporation at 40 °c for 6 hours. The conclusion of the study showed that the optimum condition for terracotta synthesis was 1 : 5 % (w/w), which was a homogeneous mixture, at 1,080 °c of electric oven. Furthermore, the physical properties of the optimum condition terracotta were presented that the average of water adsorption was 0.881 g/s in the first 10 seconds and the average of water evaporation at 40 °c was 0.107 g/min

Keywords: Cigarette butts, Cellulose acetate, Environmental-friendly terracotta coaster

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญปัญหาสิ่งแวดล้อม มีขยะเป็นพิษ การเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะ คุณภาพของอากาศที่ไม่เหมาะสม และปัญหาสารเคมีตกค้างในดิน ซึ่งเมื่อพิจารณาต้นต่อของปัญหาพบว่า ปัญหานี้มีปัจจัยจากการกำจัดขยะที่ไม่ถูกต้อง และการไม่คัดแยกขยะ สัดส่วนของขยะในประเทศไทยจากการอ้างอิงจากกรมควบคุมมลพิษ ในปี พ.ศ.2561 พบว่า มีอัตราการเกิดขยะในไทย 27.93 ล้านตัน คิดเป็น 1.15 กิโลกรัม/คน/วัน [1] และได้มีรายงานวิจัยเพื่อศึกษาแหล่งที่มาของขยะในทะเลพบว่า มีปริมาณขยะทั้งหมด 103,442 ชิ้น โดยเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ .ศ.2554 ถึง ตุลาคม พ .ศ.2555 งานวิจัยได้รายงานต่อว่า มีปริมาณขยะขนาดเล็กจำนวน 13,888 ชิ้น หนึ่งในประเภทขยะนั้นคือ “ก้นบุหรี่” [2] สอดคล้องกับการรายงานของมหาวิทยาลัยจอร์เจีย ในปี พ.ศ.2561 ได้รายงานว่า ประเทศไทยติดอันดับที่ 5 ของประเทศที่มีขยะในทะเลมากที่สุด เพราะขยะก้นบุหรี่เป็นขยะที่พบมากที่สุดในบริเวณชายหาด [3]

ก้นบุหรี่ เป็นขยะเป็นพิษที่สามารถพบได้ทั่วไป ไม่มีการคัดแยก ก่อให้เกิดทั้งมลพิษทางอากาศและทางสายตา โดยองค์กรอนามัยโลกระบุว่า 2 ใน 3 ของก้นบุหรี่ มักถูกทิ้งลงบนพื้นอย่างไร้ความรับผิดชอบ เมื่อทำความสะอาดถนนหรือท่อระบายน้ำ ไหลออกไปทางท่อระบายน้ำไปสู่ลำธาร แม่น้ำ และมหาสมุทร [4] และสอดคล้องกับการรายงานของ Truth Initiative [5] ที่เปิดเผยว่า ในแต่ละปีทั่วโลกผลิตบุหรี่ราว 5.5 ล้านล้านมวน ซึ่งกลายเป็นขยะมหาศาลจะไปกระจุกและอุดตันตามท่อระบายน้ำ ขยะประเภทไส้กรองบุหรี่ใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 12 ปี โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ เซลลูโลสอะซิเตท ซึ่งองค์ประกอบนี้สามารถนำไปสู่การแปรรูปเป็นวัสดุดูดซับของเหลวได้ จากงานวิจัยของ Aijaz Ahmed Babar และคณะ ในปี ค.ศ.2018 กล่าวว่า เส้นใยเซลลูโลสอะซิเตทเดิมทีเป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำ แต่จะแสดงคุณลักษณะดูดซับน้ำเมื่อผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสในสารละลายเบสอ่อน แต่ถึงกระนั้นเซลลูโลสอะซิเตทก็ยังไม่อาจขึ้นรูปได้อย่างแข็งแรงและคงทนถาวร [6]

จากรายงานผลการวิจัยของสำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ ในเดือนตุลาคม ปี พ.ศ.2562 กล่าวไว้ว่า ดินเหนียว คือ กลุ่มแร่ทุติยภูมิ (secondary minerals) ที่สังเคราะห์ขึ้นจากแร่ดั้งเดิมที่สลายตัวผุพังแล้วทับถมอยู่ในดิน เป็นกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กที่สุดมองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา อนุภาคมีลักษณะเป็นแผ่นของสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicates) ที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ สัมผัสเมื่อแห้งจะแข็งกระด้างสากมือคล้ายเม็ดทราย เมื่อเปียกจะเหนียวลื่น และเกาะติดนิ้ว ดินเหนียวมีการจัดเรียงตัวกันเป็นก้อนดิน จะเกิดช่องระหว่างอนุภาคที่มีขนาดเล็ก และมีปริมาตรรวมของช่องมาก มีความพรุนสูงจึงอุ้มน้ำได้มาก แต่รากพืชจะดูดน้ำจากช่องว่างเหล่านั้นได้น้อยเนื่องจากมีแรงดึงน้ำสูง ดินเหนียวมีการระบายน้ำและอากาศได้ไม่ดี เนื่องจากดินเหนียวมีเนื้อที่ผิวมากและอนุภาคไม่เป็นกลาง อนุภาคดินเหนียวจึงดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี เช่น น้ำ ธาตุ อาหารพืช ส่งผลให้ดินเหนียวเป็นดินที่อุดมสมบูรณ์ และสามารถขึ้นรูปได้เมื่อแห้ง [7] และจากคุณสมบัติที่กล่าวมาส่งผลให้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของคุณชุติมา งามพิพัฒน์ ในปี พ.ศ.2564 ที่กล่าวว่า ดินเป็นวัตถุดิบหลักในการทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ในการนำดินแต่ละแหล่งไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมีของดิน และกระบวนการขึ้นรูป [8] โดยภูมิปัญญาของชาวมอญ ในจังหวัดนนทบุรี ได้บูรณาการเป็นแหล่งเรียนรู้ประจำจังหวัดนนทบุรี ในปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ขึ้นชื่อด้านการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

จากงานวิจัยที่ได้สังเคราะห์สู่รูปแบบศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมของก้นบุหรี่ โดยมีรูปแบบการวิจัยเป็นการปรับประยุกต์รูปแบบการผสมดินเหนียวและก้นบุหรี่ วิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสม รูปแบบการให้ความร้อน รวมไปถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป โดยตรวจสอบชิ้นงานที่สังเคราะห์ได้จากการทดสอบการละลายน้ำ อัตราการดูดซับน้ำ และอัตราการระเหยของน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง สำหรับประยุกต์ใช้เป็นที่รองแก้วรักษ์โลกที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วก้นบุหรี่จากเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่ร่วมกับดินเหนียว

1.1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของที่รองแก้วก้นบุหรี่ที่ขึ้นรูปได้

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทำวิจัยที่ศึกษาความเป็นไปได้ของการประดิษฐ์ที่รองแก้วก้นบุหรี่ โดยใช้สารตั้งต้น 2 ชนิด คือ เซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่ และดินเหนียว โดยผู้วิจัยได้สร้างขอบเขตงานวิจัยดังนี้

1.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วก้นบุหรี่จากเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่ร่วมกับดินเหนียว โดยศึกษาจากการขึ้นรูปความคงทนของผลิตภัณฑ์

1.2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของที่รองแก้วก้นบุหรี่ได้ โดยพิจารณาจากอัตราการดูดซับน้ำและอัตราการระเหยของน้ำด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 6 ชั่วโมง

1.3 สมมติฐาน

สัดส่วนที่เหมาะสมของเซลลูโลสอะซิเตทที่แปรรูปจากก้นบุหรี่และดินเหนียวจะสามารถขึ้นรูปแล้วเป็นที่รองแก้วน้ำที่สามารถดูดซับของเหลวและมีความแข็งแรงได้

1.4 ตัวแปรที่จะศึกษา

ตัวแปรต้น เส้นใยเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่ และดินเหนียว

ตัวแปรตาม คุณสมบัติทางกายภาพของที่รองแก้วดูดซับน้ำได้

ตัวแปรควบคุม น้ำหนักก่อนการผ่านกระบวนการให้ความร้อนและขนาดของที่รองแก้วก้นบุหรี่

1.5 นิยามเชิงปฏิบัติการ

เซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่ (cellulose acetate) จัดอยู่ในจำพวกใยเซลลูโลสดัดแปลง ซึ่งมีสองชนิด คือ อะซิเตท และไตรอะซิเตท มีลักษณะต่างจากใยสังเคราะห์จากเซลลูโลสเรยอนทั้งในส่วนประกอบของเคมีและกระบวนการผลิต คุณสมบัติที่จะสังเกตเห็น คือ เส้นใยเรยอน มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเส้นใยเซลลูโลส ส่วนเส้นใยอะซิเตทจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเส้นใยสังเคราะห์ทางเคมี

ที่รองแก้วดูดซับน้ำ คือ วัสดุชนิดหนึ่งไว้สำหรับรองแก้วน้ำ หรือวางอาหารที่มีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ และแข็งแรง

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ในการดำเนินการจัดทำโครงงานการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมของก้นบุหรี่สำหรับประยุกต์ใช้เป็นที่รองแก้วรักษ์โลก ทางคณะผู้จัดทำมีวิธีการดำเนินการดังนี้

2.1 การเตรียมก้นบุหรี่ตัวอย่างก่อนการทดลอง

ก้นบุหรี่ทำความสะอาดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ในอัตราส่วน (1 g : 40 ml) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง และทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วนำก้นบุหรี่ที่ผ่านการทำความสะอาดปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นจะได้เซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่ที่พร้อมใช้งาน

2.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่ที่พร้อมใช้งาน

2.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

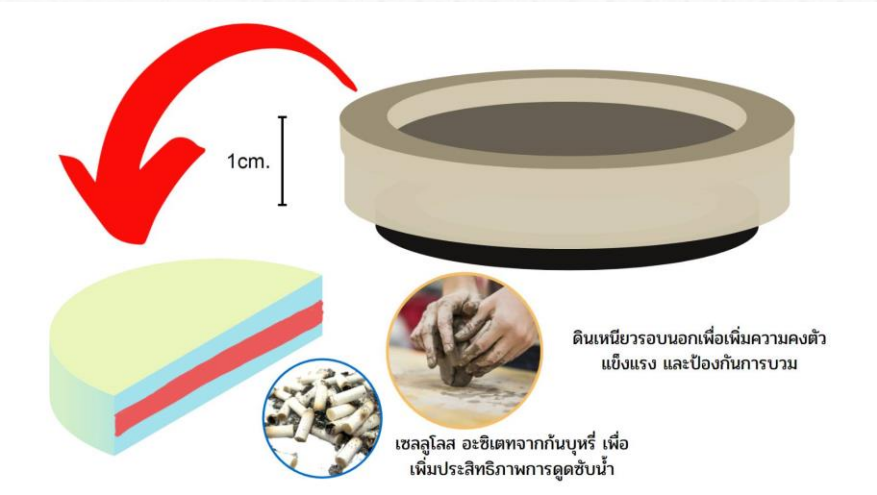
2.2.1.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

เป็นการศึกษาปัจจัยในการขึ้นรูปก้นบุหรี่ที่สภาวะแตกต่างกัน โดยใช้ก้นบุหรี่ที่ละเอียดผสมกับดินเหนียวด้วยอัตราส่วน 1 : 10 ให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นชั่งดินผสมน้ำหนัก 75 กรัม ขึ้นรูปให้มีลักษณะเป็นที่รองแก้ว

และทำการศึกษาการขึ้นรูปด้วยการให้ความร้อน 3 สภาวะ คือ การตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และเผาด้วยอุณหภูมิ 1,080 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตความเป็นไปได้ของการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

2.2.1.2 การทดลองที่ 2 ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

เป็นการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปก้นบุหรี่ โดยใช้ก้นบุหรี่ที่ปั่นละเอียดผสมกับดินเหนียว แบ่งรูปแบบการขึ้นรูป 2 ลักษณะ คือ การผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และการแบ่งชั้นโดยให้ก้นบุหรี่เป็นชั้นที่สอง ดังภาพที่ 1 โดยใช้ก้นบุหรี่และดินเหนียวด้วยอัตราส่วน 1 : 10 และเผาด้วยอุณหภูมิ 1,080 องศาเซลเซียส ให้มีน้ำหนักรวมเท่ากันที่ 75 กรัม เพื่อสังเกตความเป็นไปได้ต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่



ภาพที่ 1 แสดงการแบ่งชั้นโดยให้ก้นบุหรี่เป็นชั้นที่ 2 อยู่ตรงกลางระหว่างดินเหนียว ให้มีน้ำหนักรวม 75 กรัม ก่อนการนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,080 องศาเซลเซียส



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของที่รองแก้วที่แตกต่างกัน ก) แสดงรูปแบบที่แบ่งชั้น ข) แสดงรูปแบบที่ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.2.1.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

เป็นการศึกษาปริมาณระหว่างก้นบุหรี่และดินเหนียวในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นที่รองแก้ว ในการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจะแบ่งเป็น 4 อัตราส่วน คือ 1 : 5 1 : 10 1 : 20 และ 1 : 40 ให้มีน้ำหนักรวม 75 กรัมทุกชิ้น จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1080 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตความเป็นไปได้ต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่ ความสามารถของ

การดูดซับน้ำ (สมการที่1) อัตราการระเหยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเวลา 6 ชั่วโมง (สมการที่2) และลักษณะทางกายภาพของที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

$$ความสามารถของการดูดซับน้ำ\ (\%d.b.) = \left(\frac{น้ำหนักเครื่องปั้นดินเผาเปียก(กรัม) - น้ำหนักเครื่องปั้นดินเผาแห้ง(กรัม)}{น้ำหนักเครื่องปั้นดินเผาแห้ง(กรัม)}\right) x\ 100 \quad (1)$$

$$อัตราการระเหย\ (\%d.b./hr.) = \left(\frac{ความชื้นงานก่อนการระเหย(\%d.b.) - ความชื้นงานหลังอบแห้ง(\%d.b.)}{เวลา(hr.)}\right) \quad (2)$$

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การศึกษาวิธีการที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

เมื่อทดลองโดยการแบ่งสัดส่วนของชิ้นงานสำหรับการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการขึ้นรูปที่รองแก้วเป็น 3 วิธี คือ การตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง การอบด้วยเครื่องอบวิทยาศาสตร์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส การเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1080 องศาเซลเซียส พบว่า ชิ้นงานที่ผ่านการเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้ามีความแข็งแรง คงทน สามารถขึ้นรูปได้และไม่ละลายน้ำ รวมไปถึงมีความสามารถในการดูดซับได้ และระเหยน้ำออกได้ ในขณะที่ชิ้นงานที่อบด้วยเครื่องอบวิทยาศาสตร์ และการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ก็สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้เช่นเดียวกัน แต่ชิ้นงานไม่มีความแข็งแรง คงทน และละลายน้ำได้ เมื่อนำชิ้นงานแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที ด้วยเหตุนี้ วิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือการเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้า ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

วิธีการขึ้นรูปที่รองแก้ว	ความสามารถในการขึ้นรูป	ลักษณะทางกายภาพ	
		ก่อนแช่น้ำ	หลังแช่น้ำ
ตากที่อุณหภูมิห้อง	✓	ขึ้นรูปได้ ไม่มีรอยแตก มีสีน้ำตาล	ละลายน้ำ
อบด้วยเครื่องอบวิทยาศาสตร์ที่อุณหภูมิ 100° C	✓	ขึ้นรูปได้ มีรอยแตก มีสีน้ำตาล	ละลายน้ำ
เผาด้วยเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1080° C	✓	ขึ้นรูปได้ ไม่มีรอยแตก มีสีน้ำตาลแดง	ไม่ละลายน้ำ

จากตารางที่ 1 การทดลองเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่แล้วพบว่า วิธีการที่เหมาะสมที่สุดคือการเผาด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,080 องศาเซลเซียส เป็นผลเนื่องจากการตกผลึกซ้ำ (recrystallization) ของดิน เนื่องจากดินถูกผ่านความร้อนระดับสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดิน จนองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำของดินหายไปจากโครงสร้าง [9] ชิ้นงานที่ผ่านการเผาด้วยเตาไฟฟ้าจึงไม่ละลายน้ำ

3.2 ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

เมื่อทดลองโดยการแบ่งรูปแบบการขึ้นรูป 2 รูปแบบ คือ การผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และการแบ่งชั้นโดยให้ก้นบุหรี่

เป็นชั้นที่ 2 ระหว่างดินเหนียว โดยใช้ก้นบุหรี่และดินเหนียวด้วยอัตราส่วน 1 : 10 ให้มีน้ำหนักรวมเท่ากันที่ 75 กรัม นำไปเผาด้วยอุณหภูมิ 1080 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า รูปแบบที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป คือ รูปแบบของการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แต่ในขณะเดียวกันรูปแบบของการแบ่งชั้นนั้นไม่สามารถขึ้นรูปเพื่อนำไปเผาได้ เพราะเกิดรอยแตกของดินจนไม่สามารถปกคลุมส่วนของก้นบุหรี่ได้ เนื่องจากที่รองแก้วที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการแบ่งชั้นไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน เนื่องจากเมื่อนำชิ้นงานไปเผา พบว่ามีรอยแตกที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ภาพของชิ้นงานแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงถึงรูปแบบการแบ่งชั้นที่ไม่เหมาะสมถึงการนำมาจัดทำเป็นที่รองแก้วเนื่องจากไม่สามารถขึ้นรูปเพื่อนำไปเผา

จากการทดลองเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่พบว่า รูปแบบการขึ้นรูปโดยการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด เป็นผลเนื่องจากรูปแบบดังกล่าว ทำให้เซลลูโลสอะซิเตทในก้นบุหรี่มีการกระจายตัวทั่วชิ้นงาน มีความสามารถในการดูดซับน้ำกระจายอยู่ทั่วชิ้นงาน จึงทำให้สามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่ารูปแบบการแบ่งชั้นที่ก้นบุหรี่รวมอยู่ตรงกลางเพียงพื้นที่เดียว และเป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากชิ้นงานแตกไม่สามารถขึ้นรูปได้ดี

3.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่

3.3.1 ทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ

ผลการศึกษาอัตราการดูดซับน้ำโดยการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจะแบ่งเป็น 4 อัตราส่วน คือ 1 : 5 1 : 10 1 : 20 และ 1 : 40 ให้ทุกชิ้นมีน้ำหนักรวม 75 กรัม และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1080 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างชิ้นงาน 4 อัตราส่วนที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันไปศึกษาการขึ้นรูป และอัตราการดูดซับน้ำในระยะเวลา 1 นาที พบว่า อัตราส่วนที่ 1 : 5 มีความสามารถของดูดซับน้ำที่ดีที่สุดสูงถึง 26.96 % แสดงในตารางที่ 2

3.3.2 ทดสอบอัตราการระเหยของน้ำออกจากเครื่องปั้นดินเผา

เมื่อทดลองโดยการนำชิ้นงานรูปแบบเนื้อเดียวกัน 4 อัตราส่วน คือ 1 : 5 1 : 10 1 : 20 และ 1 : 40 ให้ทุกชิ้นได้ดูดซับของเหลวจนอิ่มตัว จากนั้นจึงนำไปอบโดยเครื่องอบวิทยาศาสตร์เป็นจำนวน 5 รอบ รอบละ 60 นาที จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ไปศึกษาการขึ้นรูปและอัตราการระเหยของน้ำออกจากเครื่องปั้นดินเผาพบว่า อัตราส่วนที่ 1 : 5 มีอัตราการระเหยของน้ำออกจากเครื่องปั้นดินเผาที่ดีที่สุดสูงถึง 5.45 %d.b./hr. แสดงในตารางที่ 3

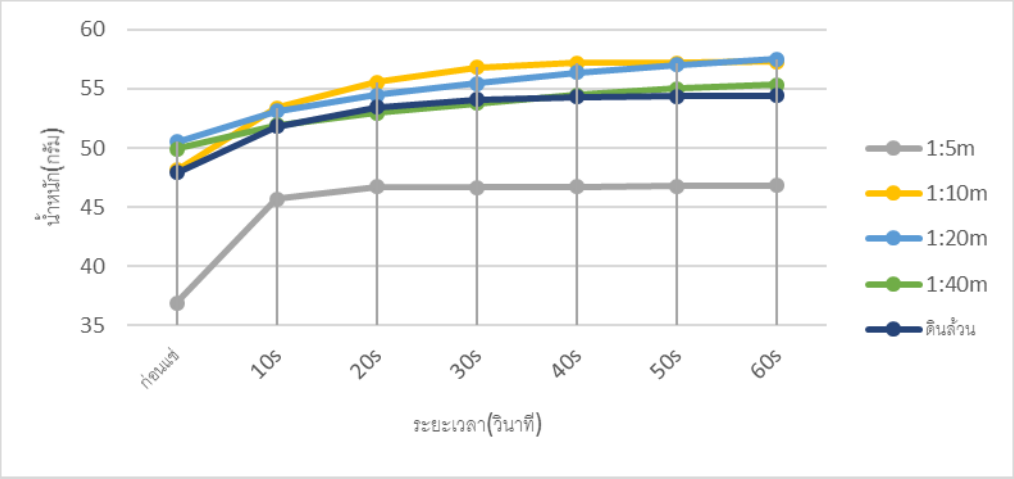
จากการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่แล้วพบว่า อัตราส่วน 1 : 5 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด เป็นผลเนื่องจากปริมาณสารทั้งเซลลูโลสอะซิเตทจากก้นบุหรี่ และปริมาณตัวดิน

มีความเหมาะสมพอดีมากกว่าอัตราส่วนอื่น เพราะหากมีปริมาณดินมากจะทำให้ชิ้นงานเมื่อผ่านการเผาจะมีรูพรุนและไม่สามารถดูดซับน้ำได้ หรือหากมีเซลลูโลสอะซิเตทมากเกินไปก็จะทำให้ชิ้นงานไม่สามารถขึ้นรูปได้

ตารางที่ 2 แสดงผลทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ

อัตราส่วนและรูปแบบ	ความสามารถดูดซับของน้ำ (%d.b.)	อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ย (g/s) ในช่วง 60 s	อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ย (g/s) ในช่วง 10 s
ดินล้วน	13.75 ± 2.38322	0.108	0.391
1:5 แบบผสม	26.96 ± 3.68313	0.166	0.881
1:10 แบบผสม	19.08 ± 3.37369	0.153	0.529
1:20 แบบผสม	13.96 ± 2.47278	0.118	0.265
1:40 แบบผสม	10.90 ± 1.91956	0.091	0.2

ข้อมูลจากตารางข้างต้นเมื่อนำมาคิดค่าความสามารถในการดูดซับน้ำจากสูตรในสมการที่ 1 จะได้กราฟดังนี้

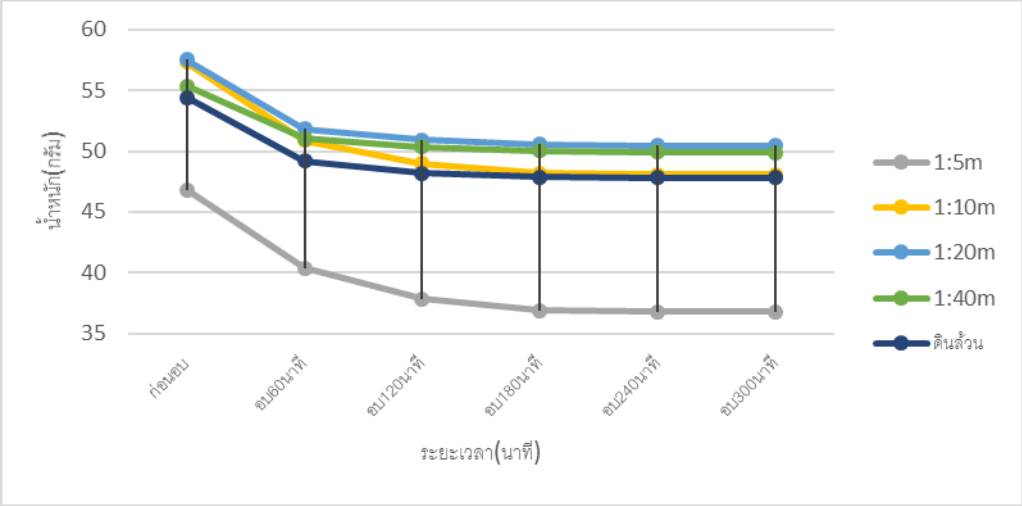


ภาพที่ 4 กราฟแสดงจำนวนของน้ำที่ถูกดูดซับในแต่ละอัตราส่วน

ตารางที่ 3 แสดงผลอัตราการระเหยของน้ำออกจากเครื่องปั้นดินเผา

อัตราส่วนและรูปแบบ	อัตราการระเหยของน้ำ (%d.b.)	อัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ย (g/min)	อัตราการระเหยของน้ำเฉลี่ย (g/min) ในช่วง 60 นาที
ดินล้วน	2.75 ± 2.59	-0.022	-0.087
1:5 แบบผสม	5.45 ± 3.95	-0.033	-0.107
1:10 แบบผสม	3.84 ± 3.62	-0.031	-0.107
1:20 แบบผสม	2.80 ± 2.78	-0.024	-0.096
1:40 แบบผสม	2.19 ± 2.13	-0.018	-0.072

ข้อมูลจากตารางข้างต้นเมื่อนำมาคิดอัตราการระเหยของน้ำจากสูตรในสมการที่ 2 จะได้กราฟ ดังนี้



ภาพที่ 5 กราฟแสดงจำนวนของเหลวหลังผ่านการอบแห้งในแต่ละอัตราส่วน

4. สรุปผล

วิธีการที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่ คือ การเผาด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,080 องศาเซลเซียส รูปแบบที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่ คือ รูปแบบการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปที่รองแก้วจากก้นบุหรี่ คือ อัตราส่วน 1 : 5

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะสำเร็จได้ เกิดจากการอำนวยความสะดวกจากโรงเรียนสตรีนนทบุรี โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (SMTE) และกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีนนทบุรี ตลอดจนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือด้านกระบวนการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ประลอง ดำรงค์ไทย. (15 พฤษภาคม 2563). กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก https://www.pcd.go.th/publication/3657.

[2] กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์, เตือนใจ ปิยัง และ เอนก สาวะอินทร์. 2561. แนวทางการจัดการขยะ ณ แหล่งกำเนิดของสถานที่ท่องเที่ยวทางทะเล กรณีศึกษาบ่อหินฟาร์มสเตย์ อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

[3] กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (15 กุมภาพันธ์ 2561). สืบค้นจาก https://www.dmcr.go.th/detailAll/24631/nws/191.

[4] องค์กรอนามัยโลก. (17 มกราคม 2562). การจัดทำเกณฑ์แนะนำคุณภาพอากาศขององค์การอนามัยโลก. สืบค้นจาก https://www.who.int/docs/default-source/thailand/air-pollution/briefing-on-air-pollution-th-thai.pdf?sfvrsn=408572d4_2.

[5] Truth Initiative. (10 กรกฎาคม 2562). กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก https://thaimsw.pcd.go.th/newsdetail.php?id=142.

[6] Aijaz Ahmed Babar, Dongyang Miao, Nadir Ali, Jing Zhao, Xianfeng Wang, Jianyong Yu, Bin Ding. Breathable and Colorful Cellulose Acetate-Based Nanofibrous Membranes for Directional Moisture Transport. College of Materials Science and Engineering, Donghua University, Shanghai, China. 2016.

[7] กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (1 ตุลาคม 2561). รายงานการประเมินส่วนราชการตามมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพในการปฏิบัติราชการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 รอบ 12 เดือน (1 ตุลาคม 2561 - 30 กันยายน 2562). สืบค้นจาก http://sql.ldd.go.th/DOC/Commitment/12M_Y62.pdf.

[8] ชุติมา งามพิพัฒน์. 2563. การศึกษาและออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชุมชนเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี. คณะศิลปกรรมศาสตร์ สาขาวิชาการออกแบบทัศนศิลป์-การออกแบบผลิตภัณฑ์, มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

[9] Sinsrok, Piyaporn. 1999. Effects of recrystallization and grain growth on the formation of annealing twin in the 304 stainless steel. Master of Science Nuclear technology, Chulalongkorn University.

[10] กิตตินันท์ คงสืบชาติ. 2546. ดินเผาดูดซับจากดินเหนียวและขี้เลื่อยเพื่อดูดซับแคดเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[11] เกศสุดา หอมสุวรรณ. 2550. ปัจจัยที่มีผลต่อค่านิยม ทัศนคติ และการมีส่วนร่วมของวัยรุ่นในการรณรงค์เพื่อการไม่สูบบุหรี่. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการเสพติด, มหาวิทยาลัยมหิดล.

[12] จันวิภา ภุมรินทร์. 2551. ผลของวิธีการอบแห้ง อุณหภูมิ และปริมาณแอมิโลสต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและความคงทนของเมล็ดข้าวสาร. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[13] จำลักษณ์ ศรีนาคเรือง. 2543. การอบแห้งเปลือกไม้ยูคาลิปตัสในฟลูอิไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[14] เจษฎา บุญอาจ. 2545. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงประสิทธิผลที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินเหนียว. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[15] โชติพงษ์ บุญฤทธิ์. 2552. การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นสื่อรณรงค์ในการโน้มน้าวใจให้ทิ้งก้นบุหรี่ให้เป็นที่. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสื่อศิลปะและการออกแบบสื่อ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[16] ณัฐพล กระจ่าง. 2560. การอบแห้งขมิ้นชันด้วยเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับรังสีอินฟราเรด. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[17] นวลพรรณ คณานุรักษ์. 2555. ประเภท และแหล่งที่มาของขยะทะเลตามฤดูกาลบริเวณหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[18] นินนาท อินทฤทธิ์ และ ศิรินุช จินดารักษ์, ผศ.ดร. 2559. โครงการสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับพืชตระกูลขิงที่นำมาใช้ในศาสตร์การแพทย์แผนไทยฯ (รายงานผลการวิจัย). รายงานเสนอกองทุนภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2559. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

[19] พงศกร สุนทรานนท์. 2554. ความแปรปรวนของค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินเหนียวกรุงเทพฯ จากการแปลผลการทดสอบหลายวิธี. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[20] วัชรินทร์ แซ่เอ็ง. 2534. การประหยัดพลังงานและเวลาการอบแห้งมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคระเบิดฟู. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[21] วิเชียร ดวงสีเสน. 2555. การศึกษาการอบแห้งกากมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบตะแกรงหมุน. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยสุรนารี.

[22] วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. 2528. การประหยัดพลังงานในการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน : รายงานการวิจัย. รายงานเสนอจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มิถุนายน 2528.

[23] วิศาล จิตต์กระจายแสง. 2556. การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสแอซีเทตผสมกรดแทนนิกด้วยการปั่นเส้นใยแบบไฟฟ้าสถิต. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[24] วีระ ศักดิ์สุพรรณ. 2549. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของดินเหนียวโดยเทคนิคการเปลี่ยนแปลงอัตราความเครียด. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[25] ศศิดารา ปริญญาธารมาศ. 2554. การอบแห้งแบบพ่นฝอยของอนุภาคคาร์บอนที่มีรูพรุนขนาด เมโซที่เตรียมจาก รีโซซินอลฟอร์มอลดีไฮด์ไตรบล็อกโคพอลิเมอร์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[26] สมศักดิ์ แซ่เล็ก, วันชัย ศิริพิพัฒนา, และ วีระพงษ์ มงคลพิชญรักษ์. 2540. “การศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องบรรจุก้นกรองบุหรี่อัตโนมัติ.” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 7 (6): 49-56

[27] สุวิจักขณ์ สิทธิอวิรุทธ์. 2561. การสำรวจโครงสร้างจุลภาคและพฤติกรรมกำลังของดินเหนียวบวมตัวที่ปรับปรุงด้วยปูนขาวและซีเมนต์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[28] สุรีย์ สตภูมินทร์. 2563. แนวทางการบริหารจัดการขยะพลาสติกทะเลของไทย : การประยุกต์จากระดับนานาชาติสู่ระดับประเทศ. รายงานเสนอสถาบันการต่างประเทศเทวะวงศ์วโรปการ กระทรวงการต่างประเทศ. กันยายน 2563. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

[29] เอกชัย รัตนบรรลือ และคณะ. 2561. โครงการ เครื่องอบแห้งเปลือกแห้วด้วยเทคนิคสนามไฟฟ้าร่วมกับปั๊มความร้อน (รายงานผลการวิจัย). รายงานเสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ หน่วยนวัตกรรมเพื่อสังคมและชุมชน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. มิถุนายน 2561. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

[30] Hussan, Abu Mokhtarul. 2007. Analcime dissolution and silica precipitation in acids: effects of anions. Master of Science Pharmaceutical technology, Chulalongkorn University.

[31] Kala, Kowit. 1996. Preparation of Cellulose Acetate Membrane for Reverse Osmosis. Master of Science Environmental Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

[32] Pittarate, Chonthicha. 2008. Fabrication of Cellulose Acetate and Polyethylene Oxide Blend Fibers Containing Zinc Oxide Nanoparticles by Direct Electrospinning. Master of Engineering Food Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

[33] Rajya Laxmi Rana, Deepshikha. 2016. Lung cancer in relation to smoking including relighting cigarette butts: Kathmandu Valley Nepal an unmatched case control study. Master of Public Health Public Health, Chulalongkorn University.

ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดชาและคอมบูชะ (ปลีกล้วย)

Comparison of chemical composition and antioxidant activity of tea and kombucha extracts (banana blossom)

ทัศนีย์ เที่ยงเกตุ[1] วนัชพร เลื่อนลอย[1] ปณิธาน สุระยศ[1] และ กาญจนา วงศ์กระจ่าง[1*]

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

*Email: kanjana_w@psru.ac.th

บทคัดย่อ

ปลีกล้วยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกล้วยที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลาย และคอมบูชะเป็นชาหมักที่มีส่วนช่วยส่งเสริมการทำงานของตับในการกำจัดสารก่อมะเร็ง และสารพิษต่างๆออกจากร่างกาย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบผลของสารสกัดระหว่างชาและคอมบูชะปลีกล้วย โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างชาและคอมบูชะปลีกล้วยในระยะเวลาการหมักต่างๆกัน ดังนี้ 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน ผลการศึกษาพบว่ามีสารชนิดใหม่เกิดขึ้นจากตรวจสอบด้วยเทคนิค TLC และในการหมัก 22 วัน มีปริมาณฟีนอลิกรวมมากที่สุด คือ 11.720 มิลลิกรัมกรดแกลลิกสมมูลต่อน้ำหนักสารสกัด มีค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ความเข้ม 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร คือ ร้อยละ 29.60, 37.39 และ 73.74 ตามลำดับ และมีค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ที่ความเข้ม 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร คือ ร้อยละ 72.67, 95.24 และ 98.38 ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปสู่การสร้างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและศึกษาเชิงลึกต่อไป

คำสำคัญ : คอมบูชะ, ปลีกล้วย, ต้านอนุมูลอิสระ, องค์ประกอบทางเคมี

Abstract

Bananas are an important component of bananas with a wide range of biologically active properties. Kombucha is a fermented tea that helps promote liver function in removing carcinogens and toxins from the body. The objective of this research was to compare the effects of extracts between tea and banana leaf kombucha by studying the chemical composition and studying the antioxidant activity of tea and banana kombucha sample at different fermentation periods as follows: 7, 10, 13, 16, 19 and 22 days. The results of the study revealed that a new substance emerged from the TLC technique. It was found that in 22 days of fermentation, the total phenolic content was 11.720 mg equivalent to gallic acid per extract weight. The percentage inhibition of free radicals DPPH at 25, 50 and 100 μg/ml were 29.60%, 37.39 and 73.74%, respectively, and the percentage inhibited ABTS at 25, 50 and 100 μg/mL intensity. milliliters were 72.67%, 95.24 and 98.38%, respectively. The results of the experiments can lead to the creation of healthy beverage products and further in-depth study.

Keywords: Kombucha, Banana blossom, Antioxidant, chemical composition

1. บทนำ

สังคมปัจจุบันผู้คนให้ความสนใจดูแลสุขภาพมากขึ้นส่งผลถึงความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพมีแนวโน้มที่ดีขึ้นตามไปด้วย ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพคอมบูชะจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเป็นเครื่องดื่มที่มีสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูง มีจุลินทรีย์ที่เป็นโปรไบโอติกส์ (Probiotics) ช่วยกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย [1] สามารถลดความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด ลดระดับน้ำตาลในเลือด และลดความเสี่ยงโรคมะเร็ง [2]

คอมบูชะ (Kombucha) เป็นชาหมัก สามารถทำเป็นเครื่องดื่มที่ให้ความสดชื่น รสชาติหวานเล็กน้อยอมเปรี้ยว มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญคือ กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) และ DSL (D-saccharic acid-1,4-lactone) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยส่งเสริมให้ตับขับสารพิษและสารก่อมะเร็งได้ดีขึ้น [5] ตับมีหน้าที่คือกำจัดของเสียและสารพิษออกจากร่างกาย ซึ่งสารพิษถูกกำจัดออกนอกร่างกายด้วยกระบวนการที่เรียกว่า กลูคูโรนิเดชัน (glucuronidation) โดยสารพิษจะรวมตัวกับกรดกลูคูโรนิกเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกลูคูโรไนด์ (glucuronide complex) ทำให้สารประกอบที่เกิดขึ้นมีความเป็นพิษน้อยลงหรือหมดความเป็นพิษ [6] ดังนั้นการที่ร่างกายได้รับอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีกรดกลูคูโรนิก และสาร DSL ซึ่งมีในชาหมักคอมบูชะจึงช่วยส่งเสริมการทำงานของตับในการกำจัดสารก่อมะเร็ง และสารพิษต่างๆออกจากร่างกาย นอกจากนี้ในชาหรือสมุนไพรที่ใช้หมักมีสารต้านอนุมูลอิสระ โรคมะเร็งเกิดจากสภาวะที่เรียกว่า oxidative stress คือการสะสมของอนุมูลอิสระมากๆ ทำให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะและเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย ส่งผลให้เกิดความผิดปกติก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็ง [7]

กล้วยมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa paradisiaca L.* ปลีกล้วยเป็นส่วนประกอบของกล้วยที่สำคัญ สามารถนำไปเพิ่มมูลค่าได้หลายอย่าง เช่น ทำไปแกง เพิ่มน้ำนมสำหรับแม่ที่มีลูกอ่อน ปลีกล้วยมีสารสำคัญ เช่น ฟีนอลิก ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยป้องการการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ มะเร็ง เบาหวาน และกระเพาะอาหาร [3]

การศึกษาในครั้งนี้มีการศึกษากระบวนการทำชาหมักโดยเลือกนำปลีกล้วยมาแทนชาดำที่นิยมหมักกัน โดยจะเปรียบเทียบจำนวนวันที่ใช้หมัก โดยกำหนดเวลาการหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน เมื่อหมักแล้วนำน้ำหมักไปสกัดด้วยเทคนิคแบ่งส่วน แล้วนำสารสกัดไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคทินเลเยอร์โครมาโตกราฟี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยเทคนิค DPPH และ ABTS assay เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่การศึกษาเชิงลึกต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 ตัวอย่างและวิธีการหมักคอมบูชะปลีกล้วย

ตัวอย่างปลีกล้วย เก็บจาก ตำบล ดอนทอง อำเภอ เมือง จังหวัด พิษณุโลก อบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างแห้งสนิท (12 ชั่วโมง) บดเป็นผงหยาบ บรรจุซองทำเป็นชา ชั่งตัวอย่างชา 6 กรัม ใส่น้ำ 600 มิลลิลิตร (1:100) ชงชาด้วยเครื่องไมโครเวฟ ปรับที่ 350 วัตต์ 3 นาที (84 องศาเซลเซียส) นำออกจากไมโครเวฟ แล้วแช่ต่อเป็นเวลา 15 นาที กรองเอากากออก จากนั้นนำชาที่ได้ใส่โหลที่เตรียมไว้ เติมน้ำตาลทรายแดง 60 กรัม และเติมน้ำเพิ่ม 100 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นเติม Scoby 30 กรัม ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น และปิดฝาโหลด้วยกระดาษทิชชู่ หมักในที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลาตามที่กำหนด

2.2 วิธีการสกัด

นำชาหมักปลีกล้วยที่ได้จากการหมักเป็น 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน ตามลำดับ โดยเก็บตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร เมื่อครบวันที่กำหนด แช่ไว้ช่องแช่แข็ง เมื่อได้ครบตามวันที่กำหนดนำมาสกัดด้วยเทคนิคแบ่งส่วน เมทานอล : เอทิลอะซิเตต (5:95) โดยการนำชาหมักปลีกล้วยมา 100 มิลลิลิตร มาผสมกับ เมทานอล : เอทิลอะซิเตต (5:95) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ใส่ใน

กรวยสกัด เขย่า ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น เก็บสารสกัดชั้นตัวทำละลายออแกนิก โดยทำการสกัด 3 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศแบบหมุน Rotary Evaporator

2.3 การทดสอบองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแผ่นบาง

นำสารสกัดที่ได้ทั้งหมด จุดลงบนแผ่น silica gel ที่เคลือบบนแผ่นอะลูมิเนียม (แผ่น TLC) และเตรียมตัวทำละลายผสม (mobile phase) ดังนี้ คือไดคลอโรมีเทน : เมทานอล (3.5 : 0.7) ในแทงค์ หลังจากนั้นนำแผ่น TLC ที่มีสารสกัดวางลงในแทงค์ที่บรรจุตัวทำละลายผสม เมื่อสารเคลื่อนที่ถึงที่กำหนด นำแผ่น TLC ออก แล้วนำแผ่น TLC ไปตรวจสอบด้วยการมองด้วยตาเปล่า (visible) ตรวจสอบภายใต้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และ 366 นาโนเมตร และตรวจสอบด้วยรีเอเจนต์ (Anisaldehyde reagent)

2.4 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วย

การทดลองเพื่อหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัด ดัดแปลงจากวิธีของ Srisook, et al. [8] โดยเตรียมสารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเติมสารละลายลงใน 96 well plat เติมสารละลายตัวอย่างปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันนำไปบ่มที่อุณภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที เติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 7 โดยมวลต่อปริมาตร (7% w/v) ปริมาตร 125 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader (SPECTRO star Nano, BMG LabTech) คำนวณหาปริมาณสาร ฟีนอลิกรวม ด้วยกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 25, 50, 75, 100, 125 และ 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2.5 การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วยด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค DPPH assay โดยใช้วิธีดัดแปลงจาก Braca, et al. [9] โดยการเตรียมสารตัวอย่างความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้ 96 well plat เติมสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ตามด้วยสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazy (DPPH) (ความเข้มข้น 0.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และเอทานอล ปริมาตร 80 ไมโครลิตร (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) บ่มในที่มืด อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader (SPECTRO star Nano, BMG LabTech) คำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยเทียบกับตัวควบคุมเชิงลบ และ L- Ascorbic acid (วิตามิน C) เป็นตัวควบคุมเชิงบวก
จากสูตร

$$\% \text{ DPPH radical inhibition} = [(A-B) - (C-D)/ (A-B)] \times 100$$

เมื่อ A-B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีสารทดสอบ
C-D คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีสารทดสอบ

2.6 การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วยด้วยวิธี ABTS radical scavenging activity

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค ABTS assay โดยใช้วิธีดัดแปลงจาก Braca, et al. [9] โดยการเตรียมสารตัวอย่างความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 20 ไมโครลิตร ใส่ลงในสารละลาย 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) ความเข้มข้น 1.26 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 100 ไมโครลิตร (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate reader (SPECTRO star Nano, BMG LabTech) คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระโดยเทียบกับตัวควบคุมเชิงลบ และTrolox เป็นตัวควบคุมเชิงบวก

จากสูตร

$$\% \text{ ABTS radical inhibition} = [(A–B) - (C-D)/ (A-B)] \times 100$$

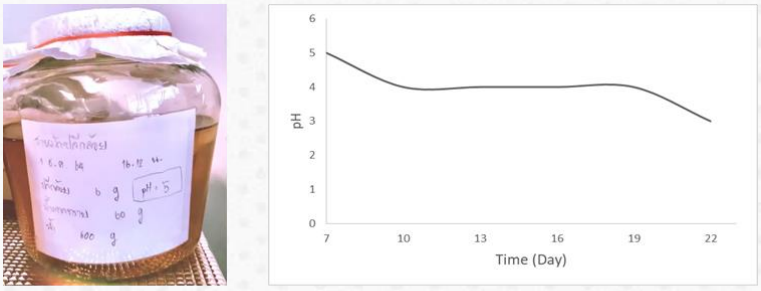
เมื่อ A-B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีสารทดสอบ

C-D คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีสารทดสอบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

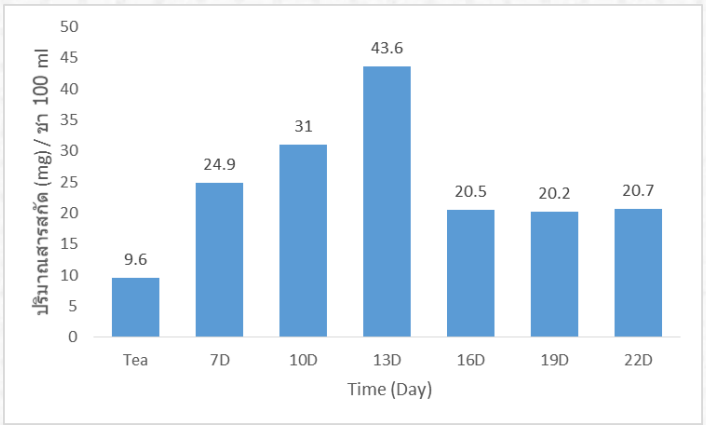
3.1 ผลการหมักคอมบูชะปลีกล้วยและการสกัด

ผลที่ได้จากการหมักของคอมบูชะปลีกล้วยในช่วงระยะเวลาการหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน แสดงค่า pH เท่ากับ 5, 4, 4, 4, 4 และ 3 ตามลำดับ โดยเริ่มต้นหมักมีค่า pH เท่ากับ 5 จากผลการทดลอง 7 วัน ค่า pH เปลี่ยน แสดงว่ากรดเกิดน้อยมากแต่มีแก๊สเกิดขึ้น (CO_2) หมักได้ 10-19 วัน ค่า pH เท่ากับ 4 มีความเป็นกรดมากขึ้น ในช่วงประมาณ 9 วัน ค่า pH ลดลง 1 ค่า จนหมักได้ 22 ค่า pH ลดเหลือ 3 แสดงดังภาพที่ 1



A B

ภาพที่ 1 (A) ตัวอย่างการหมักคอมบูชะปลีกล้วย (B) ค่า pH ของระยะเวลาการหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดของชาไม่ได้หมักและชาคอมบูชะปลีกล้วยหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน

ผลที่ได้ของการสกัดชาปลีกล้วย (ไม่ได้หมัก) และชาหมักคอมบูชะ ด้วยเทคนิคการแบ่งส่วนด้วยตัวทำละลายผสมเมทานอล : เอทิลอะซิเตท (5:95) ได้ปริมาณสารสกัดชาไม่ได้หมัก และชาหมัก หมักเป็นระยะเวลา 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน ดังนี้ 9.6, 24.9, 31.0, 43.6, 20.5, 20.2 และ 20.7 มิลลิกรัม ตามลำดับ แสดงดังกราฟในภาพที่ 2 ผลของสารสกัด

พบว่า ช่วงวันที่หมักชาตั้งแต่วันที่ 7-13 ได้ปริมาณสารสกัดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และช่วงการหมักตั้งแต่ วันที่ 14-22 ปริมาณสารสกัดเริ่มลดลง

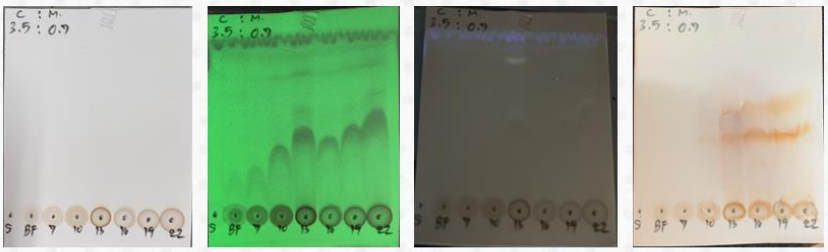
3.2 ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแผ่นบาง

การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด โดยเปรียบเทียบ 8 สารสกัด ดังนี้ น้ำหมักscoby, ชาปลีกล้วยที่ได้หมัก และชาหมักคอมบูชะปลีกล้วยระยะเวลาการหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแผ่นบาง (TLC) โดยแบ่งการตรวจสอบ 3 วิธี ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 3

วิธีที่ 1 ตรวจสารในช่วงวิสิเบิลเป็นช่วงที่ตาสามารถมองเห็น ซึ่งสามารถตรวจระบบคอนจุเกต โดยในโครงสร้างจะมีพันธะคู่ต่อกันมากกว่า 1 พันธะ พบว่ามีสารในสารสกัดชาปลีกล้วยที่ไม่ได้หมักและคอมบูชะปลีกล้วยมีปริมาณไม่ต่างกัน

วิธีที่ 2 ตรวจสารในช่วงแสง UV โดยตรวจสอบ 2 ความยาวคลื่น คือ 254 นาโนเมตร และ 366 นาโนเมตร ซึ่งสามารถตรวจระบบคอนจุเกต โดยในโครงสร้างจะมีพันธะคู่ต่อกันมากกว่า 1 พันธะ หรือมีวงอะโรมาติกแต่จำนวนพันธะคู่น้อยกว่าในช่วงวิสิเบิล พบว่ามีสารในสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วย ช่วงการหมัก 10 วันเริ่มมีสารใหม่เกิดขึ้น ซึ่งแสดงผลในช่วงแสง UV 254 nm คาดว่าน่าเป็นกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มฟีนอลิกได้

และวิธีที่ 3 ตรวจสารกลุ่มเฉพาะโดยเลือกตรวจสอบด้วย Anisaldehyde reagent พบว่าสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วยตั้งแต่ช่วง 10 วันเป็นต้นไปมีสารสีส้มเกิดขึ้นซึ่งในน้ำหมัก scoby และชาที่ไม่ได้หมักไม่มีสารชนิดนี้ โดยสารสีส้มจะเริ่มเกิดมากในวันที่ 13 ขึ้นไป ซึ่งคาดเดาว่าจะเป็นกลุ่มฟลาโวนอยด์เนื่องจากให้ผลสีส้มกับ Anisaldehyde reagent ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยในฟีนอลิก



ภาพที่ 3 ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดน้ำหมักscoby, ชาไม่ได้หมัก และชาหมักคอมบูชะปลีกล้วย หมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน ด้วยเทคนิค TLC A) Detected by visible B) Detected by UV 254 nm C) Detected by UV 366 nm D) Detected by Anisaldehyde reagent

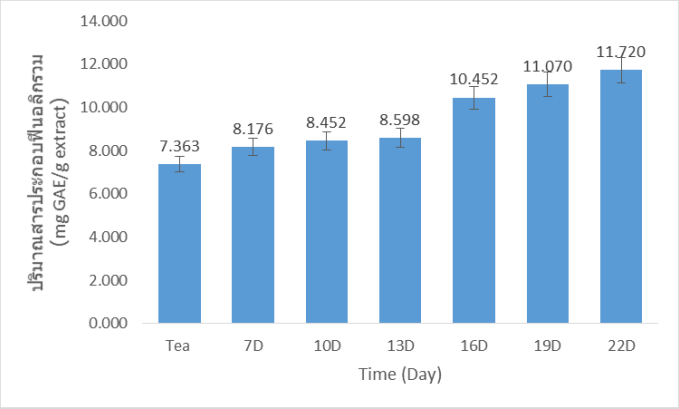
3.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วย

ผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของชาปลีกล้วยที่ไม่ได้หมัก และชาหมักคอมบูชะปลีกล้วยระยะเวลาการหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดชาหมักมากกว่าชาที่ไม่ได้หมัก แสดงว่ามีสารฟีนอลิกเกิดขึ้น และเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้หมัก โดยเฉพาะช่วง 13 ถึง 16 วัน ดังนั้นการหมักถ้าต้องการสารฟีนอลิกมากควรหมัก อย่างน้อย 2 สัปดาห์

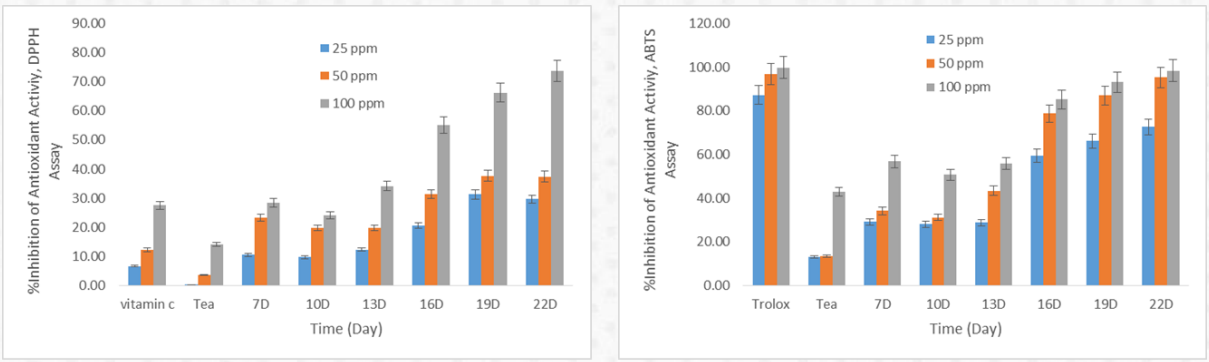
3.4 ผลการตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วย

ผลการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดของชาที่ไม่ได้หมัก และชาหมักคอมบูชะปลีกล้วยระยะเวลาการหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน ด้วยเทคนิค DPPH radical scavenging activity และ ABTS radical scavenging activity ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 5 โดยเปรียบเทียบความเทียบความเข้มข้น 3 ความเข้มข้น ดังนี้ 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อ

มิลลิลิตร พบว่าสารสกัดชาหมักมีการยับยั้งอนุมูลอิสระดีกว่าชาที่ไม่ได้หมัก และสารสกัดชาหมักที่หมักตั้งแต่ 16 วันขึ้นไป แสดงฤทธิ์ที่ดีมากกว่าร้อยละ 50 และพบว่าค่าการทดสอบของเทคนิค DPPH Assay แสดงฤทธิ์ที่ดีกว่าวิตามิน C ประมาณ 2 เท่า ซึ่งเป็นตัวเทียบเชิงบวก สรุปได้ว่าผลการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดคอมบูชะปลีกล้วยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ไปทิศทางเดียวกับข้อมูลที่มีรายงาน [10] จากผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดคอมบูชามีกรดอะซิติกเกิดและมีการสร้างสารเมทาบอไลซ์เกิดขึ้นซึ่งมีคุณสมบัติที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ [11] และพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระถ้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากไปด้วย [4]



ภาพที่ 4 กราฟแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดชาปลีกล้วยที่ไม่ได้หมัก และชาหมักคอมบูชะปลีกล้วยหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน



A B

ภาพที่ 5 กราฟแสดงการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดชาที่ไม่ได้ และชาหมักคอมบูชะปลีกล้วยระยะเวลาการหมัก 7, 10, 13, 16, 19 และ 22 วัน A) เทคนิค DPPH radical scavenging activity B) ABTS radical scavenging activity

4.สรุปผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดชาที่ไม่ได้หมัก และชาหมักคอมบูชะปลีกล้วย ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแผ่นบาง พบว่าชาหมักมีสารชนิดใหม่เกิดขึ้นคาดว่าเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งจัดเป็นกลุ่มย่อยหนึ่งของฟีนอลิก สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัด พบว่าสารสกัดชาหมักคอมบูชะมีปริมาณและฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระมากกว่าชาที่ไม่ได้หมัก และผลแปรผันตามระยะเวลาที่หมัก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณประเภททุนพัฒนางานวิจัยตามแผนบูรณาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ พ .ศ.2564 (สัญญารับทุนเลขที่ RDI-2-64-44)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] นิสา ร่มส้มซ่า, จุฑามาศ พรสันเทียะ, ทิพย์วรินทร์ ริมลำดวน และ กุณฑิกา เวชกลาง. คุณสมบัติทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์คอมบูชาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก. Naresuan Phayao Journal, 14(2021)75-87.

[2] จุฑามาศ พรสันเทียะ, ทิพย์วรินทร์ ริมลำดวน, กุณฑิกา เวชกลาง และ นิสา ร่มส้มซ่า. ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของคอมบูชาในกระบวนการหมัก. คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 2563.

[3] ดวงพร อมรเลิศพิศาล, รัตนาภรณ์ จันทร์ทิพย์ และ อุเทน จำใจ. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากชาปลีกล้วย. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2016.

[4] วิจิตรา แดงปรก และ อุมาพร อุประ. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมต้านออกซิเดชันและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชาอู่หลงมะเกี๋ยง. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2560.

[5] P.J. BLANC, CHARACTERIZATION OF THE TEA FUNGUS METABOLITES. BIOTECHNOLOGY LETTERS. 18(1996)139-142.

[6] DH. Kim, and YH. Jin, Intestinal Bacterial 13-Glucuronidase Activity of Patients with Colon Cancer. Kyung Hee University. 24(2001)564-567.

[7] B.N. Ames, et al., Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA. 90(1993)7915-7922.

[8] K. Srisook, P. Salee, Y. Charoensuk and E. Srisook, In vitro anti-oxidant and anti-tyrosinase activities of the rhizomal extracts from Amomum biflorum Jack. Thai Journal of Botany. 2(2010)143-150.

[9] A. Braca, C. Sortino, M. Politi, I. Morelli, and J. Mendez, Antioxidant activity of Flavonoids from Licania licaniaeflora. Journal of Ethnopharmacology. 79(2002)379-381.

[10] SC. Chu and C. Chen, Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. Food Chemistry. 98(2005)502–507.

[11] A.S. Velićanski, D.D. Cvetković, S.L. Markov, V.T. Tumbas Šaponjac and J.J. Vulić, Antioxidant and Antibacterial Activity of the Beverage Obtained by Fermentation of Sweetened Lemon Balm (Melissa offi cinalis L.) Tea with Symbiotic Consortium of Bacteria and Yeasts. Food Technol. Biotechnol. 52(2014)420–429.

การศึกษาอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ สำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย: แนวทางการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ

A Study and Prioritization of Barriers for Reductions of Nitrogen Oxides (NO_x) and Sulphur Oxides (SO_x) Emissions from Marine Engines on Thai Maritime Transportation Industry: Using Fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory Approach

สหชัย แสงเรือง[1*] และ เดชรัตน์ สัมฤทธิ์[1]

[1]กลุ่มสาขาวิชาโลจิสติกส์และระบบขนส่งทางราง คณะวิศกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

[*]Email: sahachai.me1@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการศึกษาอุปสรรคและความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือของแต่ละอุปสรรค ที่ส่งผลต่อการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ แนวทางการศึกษาเลือกใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi structured interview) และการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง เพื่อยืนยันความความถูกต้องจากที่ได้ทำการทบทวนวรรณกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert) มีจำนวน 17 คน มาจาก 6 องค์กรที่เกี่ยวข้องกับภาคอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเล เพื่อระบุอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญอุปสรรคในบริบทประเทศไทย นำเสนอการประยุกต์ใช้แนวทางการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล “Decision making trial and evaluation laboratory: DEMATEL” และFuzzy Logic เพื่อลดความซับซ้อนโดยแสดงเป็นแผนภาพความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างอุปสรรค ตลอดจนแสดงถึงน้ำหนักที่มีความสำคัญของแต่ละอุปสรรค ผลการวิจัยระบุว่าการขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ และขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO โดยเฉพาะ และความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือ เป็นอุปสรรคที่สำคัญที่สุด การศึกษาครั้งนี้สามารถช่วยผู้ประกอบการขนส่งทางทะเลของไทย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ในการพัฒนายุทธศาสตร์การดำเนินธุรกิจให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: อุปสรรค, การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์, การประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ, มลพิษทางอากาศในทะเล

Abstract

This research aimed to study the barriers and Using Fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory of each barrier, affecting the reduction of nitrogen oxide (NO_x) and sulfur oxide (SO_x)

emissions from marine engines. This study chose semi-structured interview to confirm the validity and added more related issues from the literature review. Purposive sampling was used to select the sample. The accuracy of the literature review was verified by 17 experts from six organizations related to the maritime industry to identify the barriers and prioritization of the barriers in the Thailand's context. This study also presented the application of the comparative assessment approach for cause-and-effect relationships "Decision making trial and evaluation laboratory: DEMATEL" and fuzzy logic to reduce the complexity by demonstrating the diagram of the cause-and-effect relationship between barriers to weights of priority weights of each barrier. The findings highlighted a lack of solutions for proper fuel for ships, organizations responsible for ship and shipyard development to meet IMO requirements, and the technical challenge in fuel system modification of ships is the most significant obstacle. Therefore, this study can assist the maritime entrepreneurs in Thailand and relevant agencies for both public and private sectors to develop strategies for running businesses that are environmentally friendly.

Keywords: Barrier, Multi-criteria decision-making (MCDM), Fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (Fuzzy DEMATEL), Maritime air pollution

1. บทนำ

การขนส่งทางเรือที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ผู้ประกอบการเดินเรือหลายแห่งพยายามปรับตัวเพื่อให้ได้เปรียบด้านการแข่งขัน การปรับตัวเตรียมความพร้อมตามสถานการณ์ปัจจุบันของโลกจะสามารถทำธุระกิจได้อย่างยั่งยืน โดยการปล่อยมลพิษทางอากาศจากภาคการขนส่งทางทะเล สร้างผลกระทบต่อสภาพบรรยากาศเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของสารมลพิษทางอากาศหลายชนิด [1]

ผู้ประกอบการขนส่งทางทะเล ต่อสู้กับอุปสรรคต่างๆในการลดมลพิษทางอากาศ จากการวิจัยพบว่าการขาดแคลนข้อมูลและความไม่แน่นอนของแนวทางปฏิบัติ ทำให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมเดินเรือ ทำการแก้ไขปัญหาเป็นไปในลักษณะต่างคนต่างทำ เอาชนะอุปสรรคหนึ่งแต่ก็ยังต้องเจอกับอุปสรรคใหม่เพิ่มเข้ามา ขาดการรวบรวมอุปสรรคในบริบทประเทศไทยอย่างเป็นระบบ [2]

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรค การลดการปล่อยก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) ซึ่งเป็นมลพิษหลักที่เกิดจากเครื่องยนต์เรือ ทำการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล โดยใช้เทคนิคดีมาเทลคลุมเครือ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคในบริบทประเทศไทย ช่วยให้ผู้ประกอบการขนส่งทางทะเลและผู้มีอำนาจในการกำหนดนโยบาย สามารถตัดสินใจอย่างมีทิศทางในการเอาชนะอุปสรรคการลดมลพิษทางอากาศ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาอุปสรรคที่ส่งผลต่อการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ สำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย

2.2 เพื่อจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคที่ส่งผลต่อการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือสำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมแยกออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ การรวบรวมอุปสรรคที่ส่งผลต่อการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือและการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ “Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory : Fuzzy DEMATEL” ดังนี้

3.1 อุปสรรคที่ส่งผลต่อการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ

ผู้วิจัยได้รวบรวมอุปสรรคในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ จากฐานข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือสูง อาทิเช่น Emerald, Science-Direct และ Web of Science ช่วงปี ค.ศ. 2015-2021 ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อุปสรรคที่ส่งผลต่อการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ

รหัส	อุปสรรค
B1	ขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นด้านพลังงานทดแทน [3]
B2	ขาดกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเลที่ครอบคลุม [4]
B3	กลไกในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) มีต้นทุนสูง [5]
B4	ความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือ [6]
B5	ขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญในขั้นตอนการปฏิบัติงาน การตรวจสอบและรับรองเรือในเรื่องการควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเล [4]
B6	ขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ [7]
B7	ขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO โดยเฉพาะ [8]
B8	ขาดการสนับสนุนสำหรับบริษัทท้องถิ่นในโซ่อุปทาน LNG [4]
B9	ขาดความตระหนัก [4]
B10	บริษัทขนส่งและอู่ต่อเรือแก้ปัญหามลพิษแบบต่างคนต่างทำ [9]
B11	ขาดความร่วมมือและแบ่งปันข้อมูลระหว่างบริษัทที่เกี่ยวข้อง [8]
B12	ขาดศักยภาพการให้บริการของอู่ต่อเรือภายในประเทศ [8]

3.2 การประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ (Fuzzy DEMATEL)

การประยุกต์ใช้การผสมผสานระหว่าง fuzzy set theory และ DEMATEL method [10] เหมาะสมกับการจัดการความคลุมเครือในการตัดสินใจของมนุษย์ ในระบบที่มีความซับซ้อนต่อการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรค การประยุกต์ใช้เทคนิค Fuzzy DEMATEL ส่วนแรกใช้ชุดคลุมเครือ (Fuzzy Set) เพื่อจัดการกับการตัดสินใจที่คลุมเครือของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินระดับผลกระทบระหว่างปัจจัยและแปลงตัวเลขฟัซซี่ (Fuzzy Number) ให้เป็นค่าที่คมชัดสำหรับเมทริกซ์ที่มีอิทธิพลโดยตรงของกลุ่มแล้วดำเนินการตามกระบวนการ DEMATEL แบบดั้งเดิม มีการประยุกต์ใช้เทคนิค Fuzzy DEMATEL เพื่อค้นหาอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาสถานีเติมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนในประเทศจีน [11] ซึ่งผลการวิจัยพบว่าอุปสรรคที่สำคัญเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ (1) ขาดเทคโนโลยีการกักเก็บไฮโดรเจน (2) ขาดเทคโนโลยีการขนส่ง (3) ช่องทางการจัดหาเงินทุนที่จำกัด (4) ต้นทุนเงินทุนเริ่มต้นที่สูง (5) การขาดมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (6) ขาดกลไกการอุดหนุนมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ เทคนิค Fuzzy DEMATEL ถูกนำไปใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์และประเมินความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแพทย์ห้องฉุกเฉินภายในโรงพยาบาลประเทศตุรกี [12] ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยอื่นๆและสำคัญที่สุดคือการออกแบบแผนผังของพื้นที่ทำงาน

4. กรอบแนวคิดของการวิจัย

การศึกษาอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรค การลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือสำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย แนวทางการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ ประกอบด้วย 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาอุปสรรคในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมเพื่อระบุอุปสรรคสำคัญ ทำการพัฒนาแบบสอบถาม ที่ออกแบบโดยการศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการค้นหาอุปสรรค รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นจากเชี่ยวชาญผ่านขั้นตอนการสัมภาษณ์และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผลจากการตอบแบบสอบถาม ทำให้ค้นพบอุปสรรคที่สำคัญในบริบทประเทศไทยและนำไปใช้ในการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ

ระยะที่ 2 การประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ (Fuzzy DEMATEL) ขั้นตอนที่ 1 กำหนดความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของอุปสรรค ประเมินอิทธิพลซึ่งกันและกันระหว่างปัจจัยโดยใช้มาตราส่วนภาษาศาสตร์ที่คลุมเครือ ขั้นตอนที่ 2 แปลงข้อมูลตัวแปรทางภาษาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญเป็นเมทริกซ์สามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือ (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) ขั้นตอนที่ 3 แปลงเมทริกซ์สามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือให้เป็นเมทริกซ์ที่มีความคมชัด เปลี่ยนการประเมินแบบคลุมเครือของกลุ่มให้เป็นค่าที่มีความคมชัดและปรับเป็นเมทริกซ์อิทธิพลโดยตรงของกลุ่ม ขั้นตอนที่ 4 ใช้วิธี DEMATEL แบบดั้งเดิม คือ (1) ปรับเมทริกซ์ความสัมพันธ์โดยตรง $\tilde{D}$ ให้เป็นมาตรฐาน (2) คำนวณความสัมพันธ์ทั้งหมดของเมทริกซ์ $\tilde{T}$ (3) คำนวณผลรวมความสัมพันธ์ของเมทริกซ์ $\tilde{T}$ ได้จาก ผลรวมของแถวและผลรวมของคอลัมน์ ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่าขีดจำกัด (Threshold) ของเกณฑ์ ขั้นตอนที่ 6 คำนวณน้ำหนักของแต่ละอุปสรรค สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรค จนกระทั่งได้ลำดับความสำคัญของอุปสรรคในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดวิธีดำเนินการวิจัยในการศึกษาอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ ออกเป็น 2 ระยะ อธิบายรายละเอียดดังนี้

5.1 ระยะที่ 1 การระบุอุปสรรคในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ

ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในฐานข้อมูล ScienceDirect, Emerald, Web of science รวบรวมอุปสรรคการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 เพื่อให้การระบุอุปสรรคมีความถูกต้อง ตรงกับบริบทประเทศไทย แนวทางการศึกษาจึงเลือกใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi structured interview) ร่วมกับการใช้แบบสอบถาม แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนส่วนกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล (MU-CIRB) การเก็บข้อมูลแบบผสมผสานนี้ เพื่อตรวจสอบความความถูกต้องและเพิ่มเติมความคิดเห็นประเด็นต่างๆที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ มีประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆ เรียกว่า ผู้เชี่ยวชาญ (Expert) มีจำนวน 17 คนมาจาก 6 องค์กรได้แก่ ผู้ประกอบการเดินเรือไทย (Thai ship operators) ผู้บริหารสมาคมเจ้าของเรือไทย (Thai Shipowners) ผู้ประกอบการอู่ต่อเรือและซ่อมเรือไทย (Thai Shipbuilding and Repairing) กรมเจ้าท่า (Marine Department) การท่าเรือแห่งประเทศไทย (Port Authority of Thailand) และ กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department) ซึ่งเป็นองค์กรที่มีส่วนได้ส่วนเสียในภาคอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน มีบทบาทสำคัญในการกำหนดนโยบายทางทะเลและกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย รายละเอียดขอผู้เชี่ยวชาญแสดงไว้ในตารางที่ 2 ดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้อุปสรรคที่สำคัญตรงตามบริบทประเทศไทย แล้วส่งกลับไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

5.2 ระยะที่ 2 การประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ (Fuzzy DEMATEL) [13]

5.2.1 การกำหนดความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล

กำหนดความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของอุปสรรค เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของอุปสรรคทีละคู่ โดยกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคเป็น 5 ระดับดังนี้

NO หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์
VL หมายถึง มีความสัมพันธ์ต่ำมาก
L หมายถึง มีความสัมพันธ์ต่ำ
H หมายถึง มีความสัมพันธ์สูง
VH หมายถึง มีความสัมพันธ์สูงมากที่สุด

ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนทำการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล ผ่านการตอบแบบสอบถาม โดยใช้มาตราส่วนทางภาษาที่คลุมเครือ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ข้อมูลรายละเอียดของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญ	ตำแหน่ง
ผู้บริหารสมาคมเจ้าของเรือไทย	กรรมการสมาคม
ผู้ประกอบการเดินเรือไทย	ผู้ช่วยผู้จัดการทั่วไปด้านเทคนิค
ผู้บริหารสำนักความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ กรมเจ้าท่า	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
ผู้ประกอบการอู่ต่อเรือและซ่อมเรือไทย	รองผู้จัดการฝ่ายบริหาร
ผู้บริหารการท่าเรือแห่งประเทศไทย	ผู้อำนวยการกองวิจัยและพัฒนาองค์กร
ผู้บริหารกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ	หัวหน้าห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ

ตารางที่ 3 แสดงมาตราส่วนทางภาษาที่คลุมเครือ เพื่อแปลงตัวแปรทางภาษาศาสตร์สามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือ ตามบทความวิจัยของ Muhammad Farooque et al. (2020)

ตัวแปรทางภาษาศาสตร์	ค่าทางภาษาศาสตร์	ระดับคะแนน
ไม่มีความสัมพันธ์ (NO)	(0.00, 0.00, 0.25)	0
มีความสัมพันธ์ต่ำมาก (VL)	(0.00, 0.25, 0.50)	1
มีความสัมพันธ์ต่ำ (L)	(0.25, 0.50, 0.75)	2
มีความสัมพันธ์สูง (H)	(0.50, 0.75, 1.00)	3
มีความสัมพันธ์สูงมากที่สุด (VH)	(0.75, 1.00, 1.00)	4

5.2.2 แปลงข้อมูลตัวแปรทางภาษาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญ

เป็นเมทริกซ์สามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือ โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3 นำข้อมูลที่ได้มาแปลงเป็นสามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือ (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})

5.2.3 แปลงเมทริกซ์สามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือให้เป็นเมทริกซ์ที่มีความคมชัด

5.2.3.1 สร้างเมทริกซ์ความสัมพันธ์โดยตรง Z

กำหนดให้ $\tilde{Z}_{ij}^{h} = (l_{ij}^{h}, m_{ij}^{h}, u_{ij}^{h})$ ได้รับการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของอุปสรรคที่ละคู่โดยผู้เชี่ยวชาญ h (h = 1,2,...,H)

5.2.3.2 คำนวณเมทริกซ์ $\tilde{Z}$ แบบปกติ (Normalize the matrix $\tilde{Z}$) โดยใช้สมการดังนี้

$$xl_{ij}^{h} = \left(l_{ij}^{h} - min l_{ij}^{h}\right)/\Delta_{min}^{max} \quad (1)$$

$$xm_{ij}^{h} = \left(m_{ij}^{h} - min l_{ij}^{h}\right)/\Delta_{min}^{max} \quad (2)$$

$$xu_{ij}^{h} = \left(u_{ij}^{h} - min l_{ij}^{h}\right)/\Delta_{min}^{max} \quad (3)$$

โดยที่ $\Delta_{min}^{max} = max u_{ij}^{h} - min l_{ij}^{h}$

5.2.3.3 คำนวณค่าปกติซ้าย (xls) และ ขวา (xrs) โดยใช้สมการดังนี้

$$xls_{ij}^{h} = xm_{ij}^{h} / \left(1 + xm_{ij}^{h} - xl_{ij}^{h}\right) \quad (4)$$

$$xrs_{ij}^{h} = xu_{ij}^{h} / \left(1 + xu_{ij}^{h} - xm_{ij}^{h}\right) \quad (5)$$

5.2.3.4 คำนวณค่าความคมชัด โดยใช้สมการดังนี้

$$x_{ij}^{h} = \left[xls_{ij}^{h}\left(1 - xls_{ij}^{h}\right) + xrs_{ij}^{h} xrs_{ij}^{h}\right] / \left(1 - xls_{ij}^{h} + xrs_{ij}^{h}\right) \quad (6)$$

5.2.3.5 ปรับค่าความคมชัดให้เป็นปกติ โดยใช้สมการดังนี้

$$q_{ij}^{h} = min l_{ij}^{h} + x_{ij}^{h}\Delta_{min}^{max} \quad (7)$$

5.2.3.6 รวมค่าความคมชัดจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด โดยใช้สมการดังนี้

$$\tilde{Q} = \frac{1}{H}\left(q_{ij}^{h1} + q_{ij}^{h2} + \ldots + q_{ij}^{H}\right) \quad (8)$$

5.2.4 คำนวณโดยประยุกต์ใช้วิธี DEMATEL Method [9]

5.2.4.1 ปรับเมทริกซ์ความสัมพันธ์โดยตรง $\tilde{D}$ ให้เป็นมาตรฐาน โดยใช้สมการ

$$\gamma = max\left(\max_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n} q_{ij},\ \max_{1\le j\le n}\sum_{i=1}^{n} q_{ij}\right) \quad (9)$$

โดยที่ $\max_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n} q_{ij}$ หมายถึง ผลรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงโดยรวมสูงสุด $\max_{1\le j\le n}\sum_{i=1}^{n} q_{ij}$ หมายถึง ผลรวมปัจจัยที่รับอิทธิพลโดยตรงโดยรวมสูงสุด จากนั้นคำนวณหาเมทริกซ์ความสัมพันธ์โดยตรง $\tilde{D}$ โดยใช้สมการ

$$\tilde{D} = \tilde{Q}/\gamma \quad (10)$$

5.2.4.2 คำนวณความสัมพันธ์ทั้งหมดของเมทริกซ์ $\tilde{T}$ โดยใช้สมการ

$$\tilde{T} = \tilde{D}\left(\tilde{I} - \tilde{D}\right)^{-1} \quad (11)$$

โดยที่ $\tilde{I}$ หมายถึง เมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix)

5.2.4.3 แผนภาพความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล

คำนวณได้จาก ผลรวมของแถวและผลรวมของคอลัมน์ โดยคำนวณผลรวมความสัมพันธ์ของเมทริกซ์ $\tilde{T}$ ได้จากสมการ

$$r_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij}, \begin{pmatrix} r_{i1}, \\ r_{i2}, \\ \vdots, \\ r_{in} \end{pmatrix} \quad (12)$$

$$c_j = \sum_{i=1}^{n} t_{ij}, (c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jn}) \quad (13)$$

กำหนดให้ $\tilde{T} = t_{ij}$ โดยที่ i, j = 1, 2, ..., n

โดยที่ r_i และ c_j หมายถึง ผลรวมของแถวและผลรวมของคอลัมน์ในเมทริกซ์ความสัมพันธ์ทั้งหมด $\tilde{T}$ ตามลำดับ จากนั้นนำค่า r_i และ c_j มาใช้ในการหาค่า $(r_i + c_j)$ และ $(r_i - c_j)$ กำหนดให้เวกเตอร์แกนนอนคือ $(r_i + c_j)$ แสดงถึงลำดับความสำคัญของอุปสรรคตามค่าที่คำนวณได้ เวกเตอร์แกนตั้งคือ $(r_i - c_j)$ แสดงให้ทราบว่าแต่ละอุปสรรคจะอยู่ในกลุ่มสาเหตุหรือกลุ่มผลกระทบ โดยการเปรียบเทียบค่าเมื่อ $(r_i - c_j)$ มีค่าเป็นบวก จะจัดเป็นกลุ่มสาเหตุ ถ้า $(r_i - c_j)$ มีค่าเป็นลบ จะจัดเป็นกลุ่มผลกระทบ

5.2.5 คำนวณหาค่าขีดจำกัด (Threshold) ของเกณฑ์ จากสมการ

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} v_{ij}}{n \times m} \quad (14)$$

นำค่าขีดจำกัดที่คำนวณได้มาใช้เป็นตัวเลขเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคในแถวกับอุปสรรคในคอลัมน์ทีละคู่ในเมทริกซ์ความสัมพันธ์ทั้งหมด ให้พิจารณาเป็นคู่ๆที่ละแถวหากมีค่ามากกว่า δ แสดงว่าอุปสรรคนั้นมีความสัมพันธ์หรือส่งผลกระทบต่ออุปสรรคในคอลัมน์ หากมีค่าน้อยกว่า δ แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญ

6. ผลการวิจัย

6.1 ระยะที่ 1 การระบุอุปสรรคในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ

ผลจากการตอบแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดเห็นด้วยว่า กลไกในการลด (NO_x) และ (SO_x) มีต้นทุนสูงและการขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญในขั้นตอนการปฏิบัติงาน การตรวจสอบและรับรองเรือในเรื่องการควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเล การขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นด้านพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน ขาดกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเลที่ครอบคลุม ความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือ ขาดการสนับสนุนสำหรับบริษัทท้องถิ่นในโซ่อุปทาน LNG บริษัทขนส่งและอู่ต่อเรือแก้ปัญหามลพิษแบบต่างคนต่างทำ ขาดความร่วมมือและแบ่งปันข้อมูลระหว่างบริษัทที่เกี่ยวข้องเป็นอุปสรรคที่สำคัญ นอกจากนี้มีเพียงประมาณ 16% ของผู้ตอบแบบสอบถามไม่เห็นด้วยว่าการขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ ขาดความตระหนัก ขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO ขาดศักยภาพการให้บริการของอู่ต่อเรือเป็นอุปสรรค ข้อมูลอุปสรรคที่ผ่านการตอบแบบสอบถาม ตรงตามบริบทประเทศไทยได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

6.2 ระยะที่ 2 การประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ (Fuzzy DEMATEL)

หลังจากได้อุปสรรคตรงตามบริบทประเทศไทยแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการปรับใช้แนวทาง Fuzzy DEMATEL เพื่อวิเคราะห์หาลำดับความสัมคัญและความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรค *ขั้นแรก* ทำการสร้างแบบสอบถามในการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ โดยให้ประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคทีละคู่ ตามมาตราส่วนทางภาษาที่คลุมเครือ ดังตารางที่ 3 จากนั้นแปลงข้อมูลตัวแปรทางภาษาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญ เป็นเมทริกซ์สามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือ (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) *ขั้นที่สอง* แปลงเมทริกซ์สามเหลี่ยมตัวเลขที่คลุมเครือ ให้เป็นเมทริกซ์ที่มีความคมชัด จากสมการ (1) - (8) ผลการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ 4 *ขั้นที่สาม* คำนวณโดยประยุกต์ใช้วิธี DEMATEL Method จากสมการ (9) - (13) ผลการคำนวณค่าความสัมพันธ์ทั้งหมดและสรุปค่าในการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของอุปสรรค และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคออกเป็นกลุ่มของสาเหตุ และกลุ่มของผลกระทบ แสดงไว้ในตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6 ตามลำดับ *ขั้นที่สี่* คำนวณหาค่า

ขีดจำกัด (Threshold) ของเกณฑ์ จากสมการ (14) ค่าขีดจำกัดของเกณฑ์ที่คำนวณได้คือ 0.412 จากนั้นนำค่าขีดจำกัดของเกณฑ์มาเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคในแถวกับอุปสรรคในคอลัมน์ทีละคู่ในเมทริกซ์ความสัมพันธ์ทั้งหมด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 หากมีค่ามากกว่า ค่าขีดจำกัดของเกณฑ์แสดงว่าอุปสรรคนั้นมีความสัมพันธ์หรือส่งผลกระทบต่ออุปสรรคในคอลัมน์ หากมีค่าน้อยกว่าแสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญ ผลของเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคในแถวกับอุปสรรคในคอลัมน์ แสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 4 รวมค่าคมชัดทุกผู้เชี่ยวชาญ

all experts	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
B1	0.000	0.694	0.692	0.539	0.617	0.850	0.694	0.811	0.576	0.342	0.381	0.339
B2	0.578	0.000	0.497	0.656	0.733	0.811	0.811	0.656	0.733	0.538	0.538	0.456
B3	0.617	0.617	0.000	0.889	0.539	0.617	0.694	0.461	0.422	0.538	0.422	0.650
B4	0.578	0.617	0.731	0.000	0.733	0.811	0.694	0.656	0.499	0.538	0.577	0.689
B5	0.500	0.733	0.346	0.733	0.000	0.733	0.694	0.422	0.501	0.384	0.384	0.533
B6	0.733	0.733	0.501	0.656	0.733	0.000	0.850	0.656	0.733	0.616	0.538	0.533
B7	0.461	0.656	0.692	0.656	0.694	0.733	0.000	0.500	0.616	0.577	0.616	0.650
B8	0.733	0.539	0.575	0.656	0.383	0.694	0.500	0.000	0.538	0.422	0.422	0.339
B9	0.461	0.617	0.419	0.461	0.578	0.694	0.617	0.578	0.000	0.499	0.499	0.494
B10	0.461	0.578	0.497	0.656	0.500	0.656	0.656	0.500	0.499	0.000	0.733	0.572
B11	0.500	0.656	0.458	0.617	0.500	0.656	0.656	0.500	0.499	0.733	0.000	0.533
B12	0.461	0.539	0.692	0.694	0.617	0.578	0.656	0.383	0.422	0.616	0.616	0.000

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณค่าความสัมพันธ์ทั้งหมด

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	**รวม (ri)**
B1	0.332	0.457	0.411	0.449	0.433	0.516	0.484	0.428	0.399	0.356	0.356	0.356	**4.977**
B2	0.420	0.399	0.411	0.486	0.469	0.538	0.523	0.431	0.438	0.399	0.395	0.391	**5.300**
B3	0.401	0.445	0.330	0.486	0.423	0.488	0.482	0.386	0.379	0.377	0.361	0.391	**4.948**
B4	0.426	0.478	0.443	0.417	0.475	0.545	0.517	0.436	0.416	0.404	0.404	0.422	**5.384**
B5	0.365	0.432	0.348	0.441	0.334	0.472	0.454	0.359	0.366	0.338	0.334	0.355	**4.600**
B6	0.449	0.499	0.424	0.501	0.483	0.460	0.542	0.444	0.450	0.419	0.406	0.411	**5.486**
B7	0.400	0.468	0.425	0.479	0.457	0.520	0.420	0.406	0.416	0.397	0.397	0.406	**5.192**
B8	0.383	0.401	0.365	0.422	0.370	0.456	0.421	0.300	0.361	0.333	0.329	0.324	**4.465**
B9	0.356	0.414	0.351	0.405	0.396	0.461	0.439	0.371	0.301	0.346	0.343	0.346	**4.528**
B10	0.375	0.431	0.379	0.449	0.408	0.480	0.467	0.381	0.379	0.305	0.387	0.374	**4.815**
B11	0.379	0.440	0.375	0.445	0.409	0.481	0.467	0.381	0.379	0.391	0.302	0.369	**4.817**
B12	0.373	0.425	0.399	0.453	0.420	0.470	0.465	0.366	0.368	0.376	0.373	0.305	**4.793**
รวม (cj)	**4.660**	**5.290**	**4.660**	**5.434**	**5.078**	**5.885**	**5.681**	**4.689**	**4.651**	**4.441**	**4.386**	**4.450**	

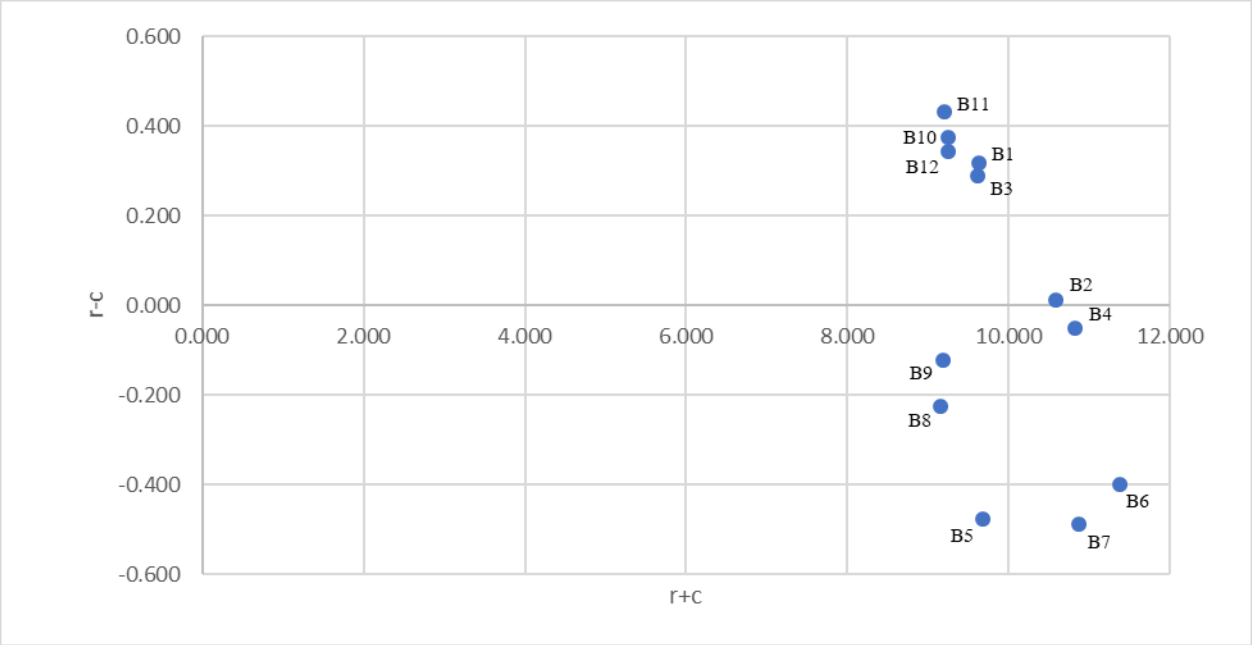
ตารางที่ 6 สรุปค่าในการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของอุปสรรค และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรคออกเป็นกลุ่มของสาเหตุ และกลุ่มของผลกระทบ

Code	r	c	r+c	r-c	Group	Rank
B1	4.977	4.660	9.637	0.317	Cause	6
B2	5.300	5.290	10.590	0.010	Cause	4
B3	4.948	4.660	9.608	0.288	Cause	7
B4	5.384	5.434	10.817	-0.050	Effect	3
B5	4.600	5.078	9.679	-0.478	Effect	5
B6	5.486	5.885	11.371	-0.399	Effect	1
B7	5.192	5.681	10.874	-0.489	Effect	2
B8	4.465	4.689	9.153	-0.224	Effect	12
B9	4.528	4.651	9.179	-0.123	Effect	11
B10	4.815	4.441	9.256	0.375	Cause	8
B11	4.817	4.386	9.204	0.431	Cause	10
B12	4.793	4.450	9.244	0.343	Cause	9

ตารางที่ 7 สรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของอุปสรรคทั้งหมด

1. อุปสรรคเชิงสาเหตุ (Obstacles of effect)	**2. ผลกระทบที่มีต่ออุปสรรคอื่นๆ 3. (Relations affecting other obstacles)**
4. ขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นด้านพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน (B1)	5. B1 ---> B2, B4, B5, B6, B7, B8
6. ขาดกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเลที่ครอบคลุม (B2)	7. B2 ---> B1, B4, B5, B6, B7, B8, B9
8. กลไกในการลด (NO_x) และ (SO_x) มีต้นทุนสูง (B3)	9. B3 ---> B2, B4, B5, B6, B7
10. ความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือ (B4)	11. B4 ---> B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8, B9, B12
12. ขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญในขั้นตอนการปฏิบัติงานการตรวจสอบและรับรองเรือในเรื่องการควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเล (B5)	13. B5 ---> B2, B4, B6, B7
14. ขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ (B6)	15. B6 ---> B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B9, B10
16. ขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO โดยเฉพาะ (B7)	17. B7 ---> B2, B3, B4, B5, B6, B9
18. ขาดการสนับสนุนสำหรับบริษัทท้องถิ่นในโซ่อุปทาน LNG (B8)	19. B8 ---> B4, B6, B7
20. ขาดความตระหนัก (B9)	21. B9 ---> B2, B6, B7

22. บริษัทขนส่งและอู่ต่อเรือแก้ปัญหามลพิษแบบต่างคนต่างทำ (B10)
23. B10 ---> B2, B4, B7
24. ขาดความร่วมมือและแบ่งปันข้อมูลระหว่างบริษัทที่เกี่ยวข้อง (B11)
25. B11 ---> B2, B4, B6, B7
26. ขาดศักยภาพการให้บริการของอู่ต่อเรือภายในประเทศ (B12)
27. B12 ---> B2, B4, B5, B6, B7



รูปที่ 1 แผนภาพสาเหตุและผลของอุปสรรคในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ

7. สรุปผลการวิจัย

การดำเนินธุรกิจให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการปล่อยมลพิษจากเรือ ส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ อีกทั้งยังเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและความได้เปรียบในการแข่งขัน การปล่อยมลพิษทางอากาศจากเครื่องยนต์เรือเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญ การดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการลดมลพิษทางอากาศ จำเป็นต้องรู้ว่ามีปัญหาหรืออุปสรรคใดบ้างในบริบทประเทศไทย เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการค้นหาแนวทางการแก้ไขที่ครอบคลุมรอบด้านต่อไป การศึกษานี้ระบุอุปสรรคและจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ สำหรับอุตสาหกรรมการขนส่งทางทะเลของไทย อุปสรรคที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ตรงตามบริบทประเทศไทยจากผู้เชี่ยวชาญ ถูกจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรคด้วยวิธี Fuzzy DEMATEL ผลของการจัดลำดับความสำคัญแสดงให้เห็นว่า การขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ และขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO โดยเฉพาะและความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือ ได้รับการจัดลำดับให้เป็นอุปสรรคที่สำคัญที่สุดสามลำดับแรกต่อการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ ข้อค้นพบของงานวิจัยนี้ สามารถช่วยผู้ประกอบการขนส่งทางทะเลของไทย และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ในการพัฒนายุทธศาสตร์การดำเนินธุรกิจให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

8. อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการจัดลำดับความสำคัญและความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลกระทบของอุปสรรค ที่ส่งผลต่อการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ โดยใช้แนวทางการประเมินเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่คลุมเครือ (Fuzzy DEMATEL) สามารถสรุปความสำคัญของอุปสรรค 12 อุปสรรค ได้ดังนี้ อันดับที่ 1 คือ ขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ อันดับที่ 2 คือ ขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO โดยเฉพาะ อันดับที่ 3 คือ ความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือ อันดับที่ 4 คือ ขาดกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเลที่ครอบคลุม อันดับที่ 5 คือ ขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญในขั้นตอนการปฏิบัติงาน การตรวจสอบและรับรองเรือในเรื่องการควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเล อันดับที่ 6 คือ ขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นด้านพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน อันดับที่ 7 คือ กลไกในการลด (NO_x) และ (SO_x) มีต้นทุนสูง อันดับที่ 8 คือ บริษัทขนส่งและอู่ต่อเรือแก้ปัญหามลพิษแบบต่างคนต่างทำ อันดับที่ 9 คือ ขาดศักยภาพการให้บริการของอู่ต่อเรือภายในประเทศ อันดับที่ 10 คือ ขาดความร่วมมือและแบ่งปันข้อมูลระหว่างบริษัทที่เกี่ยวข้อง อันดับที่ 11 คือ ขาดความตระหนัก และอันดับที่ 12 คือ ขาดการสนับสนุนสำหรับบริษัทท้องถิ่นในโซ่อุปทาน นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งอุปสรรคออกเป็นกลุ่มตามความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลกระทบ ได้ดังนี้ 1) กลุ่มของอุปสรรคเชิงสาเหตุ ประกอบด้วย การขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นด้านพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน ขาดกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเลที่ครอบคลุม กลไกในการลด (NO_x) และ (SO_x) มีต้นทุนสูง บริษัทขนส่งและอู่ต่อเรือแก้ปัญหามลพิษแบบต่างคนต่างทำ ขาดความร่วมมือและแบ่งปันข้อมูลระหว่างบริษัทที่เกี่ยวข้อง และขาดศักยภาพการให้บริการของอู่ต่อเรือภายในประเทศ และ 2) กลุ่มของอุปสรรคได้รับผลกระทบ ประกอบด้วย ความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือ ขาดบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญในขั้นตอนการปฏิบัติงาน การตรวจสอบและรับรองเรือในเรื่องการควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเล ขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ ขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO โดยเฉพาะ ขาดการสนับสนุนสำหรับบริษัทท้องถิ่นในโซ่อุปทาน LNG และขาดความตระหนัก

ผลจากการจัดลำดับความสำคัญของอุปสรรค ที่ส่งผลต่อการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) กล่าวได้ว่า การขาดแนวทางการแก้ปัญหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับเรือ และขาดองค์กรที่รับผิดชอบการพัฒนาเรือและอู่ต่อเรือเพื่อตอบสนองข้อกำหนด IMO โดยเฉพาะ และความท้าทายด้านเทคนิคในการปรับเปลี่ยนระบบเชื้อเพลิงเรือเป็นสามลำดับแรกที่มีความสำคัญมากที่สุด จากการนำค่าขีดจำกัดของเกณฑ์มาเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุปสรรค อุปสรรคทั้งสามยังมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่ออุปสรรคอีกหลายอุปสรรคอีกด้วย ตั้งข้อสังเกตว่าอุปสรรคทั้งสามถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของอุปสรรคได้รับผลกระทบ อาจมีนัยสำคัญว่าอุปสรรคทั้งสามเป็นปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นสืบเนื่องมาจากการขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นด้านพลังงานเชื้อเพลิง ขาดกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเลที่ครอบคลุม กลไกในการลดก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) มีต้นทุนสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [4] ที่ระบุว่า การขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นด้านพลังงานเชื้อเพลิง ขาดกฎหมายควบคุมมลพิษทางอากาศในทะเลที่ครอบคลุม กลไกในการลด (NO_x) และ (SO_x) มีต้นทุนสูง เป็นอุปสรรคที่สำคัญในการลดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) จากเครื่องยนต์เรือ

9. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้มีข้อสังเกตที่ควรได้รับการแก้ไข คือขอบเขตของการศึกษาที่ดำเนินการเฉพาะในบริบทประเทศไทย และการใช้เทคนิค Fuzzy DEMATEL อาจยังไม่เพียงพอสำหรับการตัดสินใจแก้ไขอุปสรรค ดังนั้นการศึกษาวิจัยในอนาคตควรทำการศึกษาในบริบทประเทศต่างๆเพื่อนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกันและอาจใช้วิธี MCDM อื่นร่วมกันในการวิเคราะห์หาผลลัพธ์สำหรับการการพัฒนาแผนการลดการปล่อยก๊าซ (NO_x) และ (SO_x) สำหรับอุตสาหกรรมขนส่งทางทะเลทั่วโลกต่อไป

10. เอกสารอ้างอิง

[1] European Environment Agency (EEA). (27 June 2022). EMAS Environmental statement 2018 Verified final 15.5.2019 [On-line]. Available: www.eea.europa.eu.

[2] Lee T, Nam H. A Study on Green Shipping in Major Countries: In the View of Shipyards, Shipping Companies, Ports, and Policies. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. 2017;33(4):253-262.

[3] Svanberg M, Ellis J, Lundgren J, Landälv I. Renewable methanol as a fuel for the shipping industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018;94:1217-1228.

[4] Animah I, Addy-Lamptey A, Korsah F, Sackey J. Compliance with MARPOL Annex VI regulation 14 by ships in the Gulf of Guinea sub-region: Issues, challenges and opportunities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2018;62:441-455.

[5] Ross H, Schinas O. Empirical evidence of the interplay of energy performance and the value of ships. *Ocean Engineering*. 2019;190:106403.

[6] Lindstad E, Bø T. Potential power setups, fuels and hull designs capable of satisfying future EEDI requirements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2018;63:276-290.

[7] Chu Van T, Ramirez J, Rainey T, Ristovski Z, Brown R. Global impacts of recent IMO regulations on marine fuel oil refining processes and ship emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2019;70:123-134.

[8] Zhu, M., Li, K., Shi, W., & Lam, J. S. L. Incentive policy for reduction of emission from ships: A case study of China. *Marine Policy*. 2017;86:253-258.

[9] Khompatraporn C, Somboonwiwat T. Causal factor relations of supply chain competitiveness via fuzzy DEMATEL method for Thai automotive industry. *Production Planning & Control.* 2017;28(6-8):538-551.

[10] Ocampo L, Yamagishi K. Modeling the lockdown relaxation protocols of the Philippine government in response to the COVID-19 pandemic: An intuitionistic fuzzy DEMATEL analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2020;72:100911.

[11] Xu C, Wu Y, Dai S. What are the critical barriers to the development of hydrogen refueling stations in China? A modified fuzzy DEMATEL approach. *Energy Policy*. 2020;142:111495.

[12] Bilgin Senel. Fuzzy Dematel analysis on the examination of physical characteristics emergency room affecting the efficiency of doctors. *MATHEMATICS IN ENGINEERING, SCIENCE AND AEROSPACE*. Vol. 11, No. 1, 2020;77-90.

[13] Farooque M, Jain V, Zhang A, Li Z. Fuzzy DEMATEL analysis of barriers to Blockchain-based life cycle assessment in China. *Computers & Industrial Engineering*. 2020;147:106684.

แนวทางการใช้เทคนิคผลต่างภาพเพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าวด้วยข้อมูลดาวเทียมแบบอนุกรมเวลา

Approach to Using Image Difference to Detection a Paddy Field using Satellite time-series

ภูมิพัฒน์ อุ่นบ้าน[1] และ นิติ เอี่ยมชื่น[1*]

[1]สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
*Email: niti018@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้แสดงถึงแนวทางการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าวโดยการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มกูเกิล เอิร์ธ เอนจิน เพื่อพิจารณาสภาวะชีพลักษณ์พืชพรรณของพื้นที่นาข้าวในอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยาตลอดปี พ.ศ.2564 ด้วยดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) ร่วมกับการใช้เทคนิคผลต่างภาพ ผลการศึกษาพบว่าในเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยดัชนี SAVI ที่สุดเท่ากับ 0.781 และต่ำที่สุดในเดือนมิถุนายนเท่ากับ 0.250 แล้วคำนวณดัชนี SAVI โดยใช้เทคนิคพิจารณาจุดภาพที่มีค่าสูงสุด (MVC) และวิเคราะห์ผลต่างภาพ ผลการประเมินความน่าเชื่อถือข้อมูลด้วยการสำรวจภาคสนามพบว่าพบว่าการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิค Quartile มีค่าความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับร้อยละ 80.74 และ 58.97 ตามลำดับ และด้านเทคนิค Natural Breaks (Jenks) มีค่าความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์ แคปปาเท่ากับร้อยละ 80.86 และ 60.99 ตามลำดับ สามารถศึกษาเพื่อใช้ติดตามวัฏจักรการเจริญเติบโตของพืชปฏิทินการเพาะปลูกรวมถึงปริมาณการคายระเหยน้ำในนาข้าว

คำสำคัญ: ชีพลักษณ์, เทคนิคผลต่างภาพ, กูเกิล เอิร์ธ เอนจิน

Abstract

This study demonstrates an approach that was processing Sentinel-2 satellite images for detecting paddy fields based on Google Earth Engine. To consider the phenology of paddy fields in Dokkumtai district, Phayao province in the year 2021 from Soil-adjusted vegetation index (SAVI) conjunction with Image Difference Technique. The findings the maximum SAVI in September of equal to 0.781 and the minimum in June of equal to 0.250. Then calculate SAVI based on Maximum-Value Composite (MVC) and image difference analysis. The results from accuracy assessment provided by ground surveys showed an Overall Accuracy and Kappa Coefficient obtained from Quartile of equal 80.74 and 58.97 respective and Natural Breaks (Jenks) of equal 80.86 and 60.99 respective. For the next research and apply Life cycle growing stages monitoring and cropping calendar including Evapotranspiration in a paddy field.

Keywords: Phenology, Image Difference Technique, Google Earth Engine

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดในอาเซียน หลายประเทศมีศักยภาพในการผลิตและส่งออกอันดับต้น ๆ ของโลก [1] และเป็นอาหารหลักที่ประชากรไทยนิยมบริโภค อีกทั้งยุทธศาสตร์ข้าวไทย ปี พ.ศ.2563-2567 มุ่งพัฒนาและผลักดันข้าวหอมมะลิ และข้าวหอมไทยเข้าสู่ตลาดพรีเมี่ยมภายใต้วิสัยทัศน์ “ไทยเป็นผู้นำตลาดนำการผลิต การตลาดข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวคุณภาพของโลก” [2] และจังหวัดพะเยาเป็นอีกหนึ่งแหล่งเพาะปลูกข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพจนได้รับรางวัล “ข้าวหอมมะลิพะเยา” และขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ [3] โดยเฉพาะในอำเภอดอกคำใต้เป็นอำเภอที่มีการเพาะปลูกข้าวมากที่สุดในจังหวัดพะเยา มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวมากถึง 155,597 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2563) หน่วยงานภาครัฐรวมถึงนักวิจัยในพื้นที่จึงให้ความสำคัญกับ “ข้าว” และพัฒนาให้ข้อมูลที่มีความถูกต้องเหมาะสมสามารถนำไปบริหารจัดการในระดับต่าง ๆ ต่อไป ดังนั้นข้าวจึงเป็นผลิตภัณฑ์เศรษฐกิจฐานรากของจังหวัดพะเยา จากประเด็นดังกล่าวทำให้เล็งเห็นถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing) และศักยภาพของข้อมูลดาวเทียมในการวิเคราะห์เพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าวโดยอาศัยพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงจากผลต่างภาพ (Image Difference) ผ่านการติดตามกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ (Phenology) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สามารถอธิบายได้ถึงการเปลี่ยนแปลงของพืช ร่วมกับการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มกูเกิล เอิร์ธ เอนจิน (Google Earth Engine: GEE) ที่เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้ภาษาจาวาสคริปต์ และเป็นการประมวลผลบนคลาวด์ใช้งานผ่านเบราว์เซอร์ทำให้ประหยัดทรัพยากรการจัดเก็บข้อมูลบนอุปกรณ์ส่วนตัวของผู้ใช้งาน [4] ประกอบกับการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับพื้นที่นาข้าวนิยมศึกษาในเขตให้บริการชลประทานที่มีการควบคุมน้ำให้เพียงพอตลอดฤดูกาลเพาะปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณตอนกลางของประเทศและพื้นที่ราบ แตกต่างจากอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา พื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่อยู่นอกเขตให้บริการชลประทาน จึงเป็นอีกหนึ่งความท้ายทายของการศึกษาครั้งนี้ที่มีความมุ่งหวังเสนอแนวทางในการตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าวและต่อยอดสู่การพัฒนาระบบบริหารจัดการเกษตรที่แม่นยำต่อไปในอนาคต

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

พื้นที่เพาะปลูกข้าวมักมีรูปแบบและช่วงเวลาระหว่างเริ่มต้นฤดูกาลเพาะปลูกจนถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละปีซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล และค่าการสะท้อนเชิงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียมเนื่องจากมีการบันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิมตามรอบของวงโคจร และสามารถติดตามพื้นที่ในระดับอำเภอ จังหวัด หรือภูมิภาคได้ด้วยการบันทึกข้อมูลเพียงครั้งเดียว จึงเป็นสาเหตุที่เลือกใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมแบบอนุกรมเวลา วิเคราะห์ และศึกษาสภาวะชีพลักษณ์พืชพรรณที่มักมีความสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืช วิเคราะห์ระดับของการเปลี่ยนแปลงจากช่วงเวลาที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์จากการจำแนก มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การประมวลผลเพื่อสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณด้วยข้อมูลดาวเทียมแบบอนุกรมเวลา

กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการพิจารณารอบการเพาะปลูกและการเจริญเติบโตของข้าวโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) ร่วมกับการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อติดตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณปกคลุมดิน

2.1.1 การสืบค้นและเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ประเทศไทยมีลักษณะแปลงเพาะปลูกขนาดเล็กและแบ่งพื้นที่ใช้สอยหลากหลายรูปแบบอาจทำให้เกิดการปะปนกันของข้อมูล (Non-Homogeneous) ความละเอียดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมควรมีความละเอียดระหว่างระหว่าง 10 – 30 เมตร จึงจะให้ความเหมาะสมกับการวิเคราะห์และความเป็นเนื้อเดียวของข้อมูล [5] การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบอนุกรมเวลาที่ได้จากดาวเทียม Sentinel-2A และ 2B [6] มีความละเอียดเชิงจุดภาพ (Spatial Resolution)

ขนาด 10 เมตรและมีรอบการวนซ้ำ (Revisit) ทุก 5 วัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่เปิดให้บริการแบบไม่มีค่าใช้จ่าย สามารถสืบค้นผ่านแพลตฟอร์ม GEE ชุดข้อมูลที่ให้บริการมีสองชนิดประกอบไปด้วย Top-of-Atmosphere Reflectance (TOA) และ Surface Reflectance (SR) แต่เนื่องจากข้อจำกัดของชุดข้อมูล TOA ที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของละอองลอยในอากาศ การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ชุดข้อมูล SR (COPERNICUS/S2_SR) ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม 2564

2.1.2 การประมวลผลดัชนีพืชพรรณ

ดัชนีพืชพรรณแสดงถึงค่าที่บ่งบอกสัดส่วนและปริมาณของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว ดัชนีพืชพรรณที่นิยมใช้กันมาก คือดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Differential Vegetation Index: NDVI) ใช้เพื่อติดตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพืช อีกดัชนีพืชพรรณที่มีการพัฒนาต่อยอดมาจาก NDVI คือดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (Soil-adjusted vegetation index: SAVI) เนื่องจากข้าวเป็นพืชปกคลุมดินสามารถมองเห็นความสว่างของดินได้ชัดเจนในระยะแรกของการเพาะปลูก และจะลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโต (เรือนยอดและความหนาแน่นที่เพิ่มมากขึ้น) เพื่อลดอิทธิพลจากความสว่างของดินที่สะท้อนเข้ามาในจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียมการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ SAVI ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่นาข้าว ผลลัพธ์ที่ได้จากดัชนี SAVI มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ค่าที่เข้าใกล้ 1 อธิบายถึงบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมดินหนาแน่น และค่าที่เข้าใกล้ -1 อธิบายถึงบริเวณพืชพรรณปกคลุมดินเบาบาง (ความเขียวมากค่า SAVI จะสูง) สามารถเขียนในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$SAVI = \frac{(1+L)(NIR-RED)}{(NIR+RED+L)} \quad (1)$$

โดยที่ NIR หมายถึง ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near-infrared), RED หมายถึง ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง และ L หมายถึง ค่าคงที่ของการปริมาณการปกคลุมของพืช

2.1.3 การสร้างจุดสุ่มเพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างของพื้นที่นาข้าว

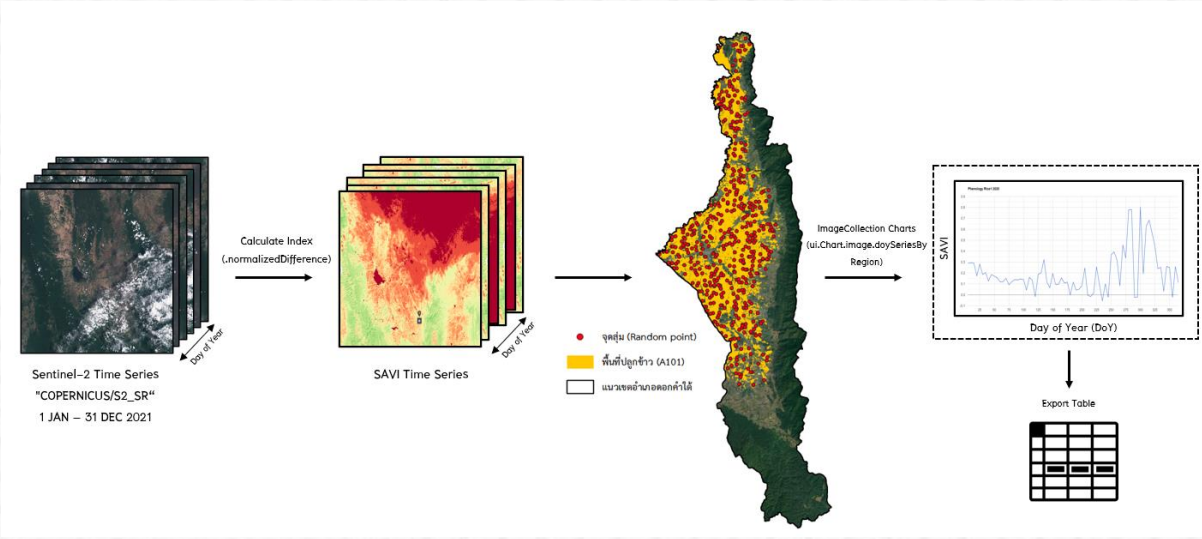
ใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยการสร้างจุดสุ่ม (Random Points) ในพื้นที่ศึกษาโดยใช้มาตรฐานทั่วไปจำนวน 500 จุด คล้ายคลึงกับการศึกษาของ [7-8] โดยกำหนดข้อมูลนำเข้าเป็นพื้นที่นาข้าวจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2563 และสกัดค่า (Extract Value) จากจุดภาพของดัชนี SAVI ดังแสดงในขั้นตอนประมวลผลก่อนหน้านี้ เพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ

2.1.4 การสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ

ใช้วิธีคำนวณทางสถิติด้วยการพิจารณาค่าเฉลี่ย (Mean) ของจุดสุ่มทั้งหมดเพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่าดัชนีพืชพรรณ ณ ช่วงเวลาใด ๆ (รอบการวนซ้ำของดาวเทียม Sentinel-2 จะบันทึกภาพที่เดิมทุก 5 วัน เนื่องจากมีดาวเทียมสองดวงที่ร่วมกันบันทึกข้อมูล) แล้วนำแสดงแบบกราฟเส้นบนแกนเวลาเพื่อแสดงถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาตลอดทั้งปี ดังภาพที่ 1

2.2 การประมวลผลเพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าว

ปริมาณของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวจะแสดงผ่านกราฟเส้นหรือกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณซึ่งจะช่วยอธิบายองค์ประกอบให้เข้าใจมากยิ่งขึ้นถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี SAVI เพื่อพิจารณาช่วงที่มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด และต่ำที่สุดของนาข้าวในพื้นที่ศึกษา และใช้เป็นข้อมูลกำหนดช่วงเวลาในการประมวลผลข้อมูลแบบภาพผสม (Composite) นำไปสู่การประมวลผลเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณด้วยเทคนิคผลต่างภาพ



ภาพที่ 1 การประมวลผลเพื่อสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณด้วยข้อมูลดาวเทียมแบบอนุกรมเวลา

2.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะชีพลักษณ์พืชพรรณ

คำนวณค่าเฉลี่ยของดัชนี SAVI และนำแสดงผลผ่านแผนภูมิแท่งโดยแบ่งเป็นช่วงเดือนตลอดทั้งปีจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่นาข้าวตลอดฤดูกาลเพาะปลูก จากนั้นพิจารณาให้เดือนที่มีค่า SAVI เฉลี่ยสูงที่สุดกำหนดให้เป็นตัวแทนของช่วงที่มีการเพาะปลูกข้าวและเดือนที่มีค่า SAVI เฉลี่ยต่ำที่สุดกำหนดให้เป็นตัวแทนของช่วงที่ไม่มีการเพาะปลูกข้าว ในการศึกษาครั้งนี้จะเรียกว่า “Cultivation” และ “Non-Cultivation” ตามลำดับ

2.2.2 การประมวลผลข้อมูลแบบภาพผสม

จากผลลัพธ์ในกระบวนการก่อนหน้าสามารถระบุวันในการสืบค้นภาพถ่ายดาวเทียมแบบภาพเดี่ยว (Single Image) แต่เนื่องจากการเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในลักษณะนี้มีข้อจำกัดบางประการที่มักพบอุปสรรคด้านสภาพอากาศและไม่สามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบจากเมฆปกคลุมเหนือพื้นที่ศึกษาได้ การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีประมวลข้อมูลแบบภาพผสมโดยใช้เทคนิค Maximum-Value Composite (MVC) [9] เป็นการพิจารณาเฉพาะจุดภาพที่มีค่าสูงที่สุดจากภาพดัชนี SAVI ทุกภาพในช่วงเวลาที่กำหนด (คำนึงจากผลลัพธ์ของกระบวนการก่อนหน้า) ประมวลผลแล้วสร้างใหม่เป็นข้อมูลภาพผสม (Cultivation และ Non-Cultivation)

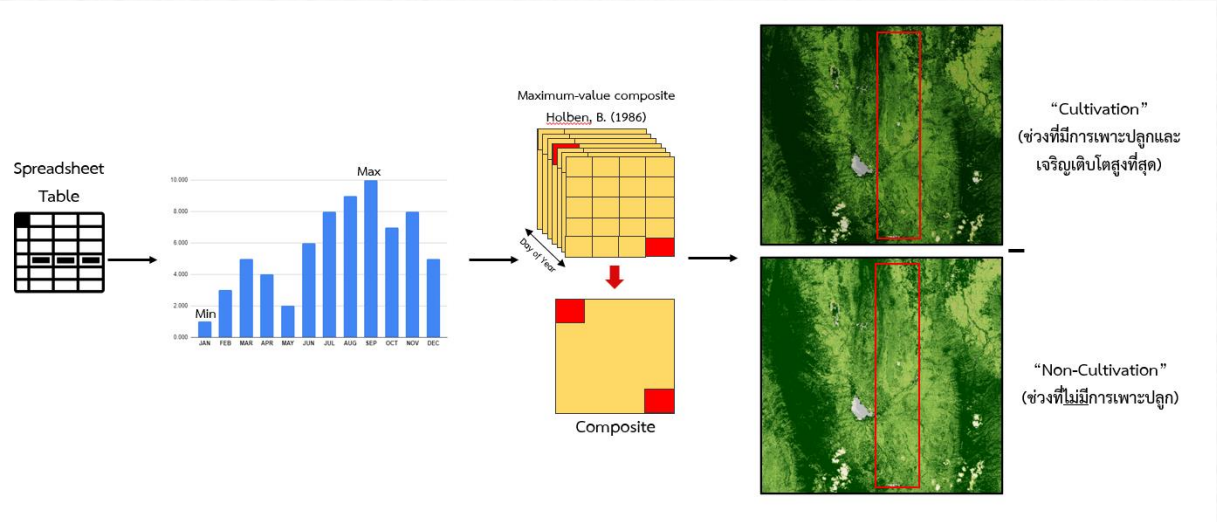
2.2.3 การประมวลผลเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพืชพรรณด้วยเทคนิคผลต่างภาพ

การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบอนุกรมเวลาร่วมกับการประมวลผลข้อมูลแบบภาพผสมของดัชนี SAVI สามารถประยุกต์ใช้เพื่อตรวจหาการเปลี่ยนแปลงความเป็นพืชในพื้นที่ศึกษาระหว่างสองช่วงเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่นาข้าว นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพของต้นข้าวนั้นเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่จะมีความเป็นสีเขียวมากที่สุด (Peak Maximum Greenness Stage) และเรือนยอดปกคลุมดินหนาแน่นส่งผลให้มีการดูดซับพลังงานในช่วงคลื่นสีแดงสูง (ช่วงคลื่นตามองเห็น) ตรงกันข้ามกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่จะมีการสะท้อนสูง หากเปรียบเทียบกับช่วงที่ไม่มีการเพาะปลูกจะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เทคนิคผลต่างภาพ (Image Difference Technique) [10] มาประยุกต์ใช้โดยมีพื้นฐานมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีพืชพรรณของภาพต่างวันสามารถเขียนในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$CSAVI = SAVI_{Cultivation} - SAVI_{Non-Cultivation} \quad (2)$$

โดยที่ CSAVI หมายถึงผลต่างภาพของการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนี SAVI , $SAVI_{Cultivation}$ หมายถึงภาพดัชนี SAVI ที่ผ่านการประมวลผลข้อมูลแบบภาพผสมตัวแทนของช่วงที่มีการเพาะปลูก และ $SAVI_{Non\text{-}Cultivation}$ หมายถึงภาพดัชนี SAVI ที่ผ่านการประมวลผลข้อมูลแบบภาพผสมตัวแทนของช่วงที่ไม่มีการเพาะปลูก

จากนั้นวิเคราะห์ระดับของการเปลี่ยนแปลงด้วยการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ (Reclassify) โดยเลือกเทคนิคการจัดกลุ่มที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่ Quartile และ Natural Breaks (Jenks) โดยกำหนดให้มีช่วงชั้นของข้อมูลเท่ากับ 3 คล้ายคลึงกับการศึกษาของ [11-12] เช่นเดียวกันทั้งสองเทคนิค



ภาพที่ 2 การประมวลผลเพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าว

2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์

ผลลัพธ์จากกระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ระยะไกลมักใช้ตารางความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) ในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจริงในพื้นที่ (ข้อมูลภาคสนาม) [13]

2.3.1 การคำนวณจุดตรวจสอบ (Test Point)

จุดตรวจสอบที่มีความเหมาะสมสำหรับการสำรวจภาคสนามโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial Probability Theory) ของ Fitzpatrick-Lins (1981) [14] และใช้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องโดยรวมที่ร้อยละ 80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถเขียนในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$N = \frac{Z^2(P)(Q)}{E^2} \tag{3}$$

โดยที่ N หมายถึงจำนวนจุดตรวจสอบ, P หมายถึงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องโดยรวม, Q หมายถึง 100 – P, E หมายถึงความผิดพลาดที่ยอมรับได้ และ Z หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (Z = 1.96 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) เป็นการแยกกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรออกเป็นกลุ่มย่อย โดยในแต่ละกลุ่มประชากรจะมีลักษณะเหมือนกัน (ประเภทเดียวกัน) แล้วจึงสุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนตามสัดสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่างแต่ละประเภทเพื่อให้ข้อมูลมีความครอบคลุมและครบถ้วน

2.3.2 การประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยตารางความคลาดเคลื่อน (Error Matrix)

เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกันของข้อมูลที่ผ่านการจำแนกกับข้อมูลความเป็นจริงที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (Reference) เป็นการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนสามารถใช้อธิบายค่าความแม่นยำของข้อมูลได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางความคลาดเคลื่อน (Error Matrix)

Classified Data	Reference Data		
	พื้นที่ไม่ใช่นาข้าว	พื้นที่นาข้าว	Row Total
พื้นที่ไม่ใช่นาข้าว	N_{11}	N_{12}	N_{1+}
พื้นที่นาข้าว	N_{21}	N_{22}	N_{2+}
Colum Total	N_{+1}	N_{+2}	N

หมายเหตุ : ดัดแปลงจาก วิภพ แพงวังทอง และ วันณัชชา เทพวงศ์ (2564) [15]

การวิเคราะห์ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ระหว่างผลรวมของจำนวนจุดสุ่มที่จำแนกได้ (แนวทแยงของตาราง) และจำนวนจุดสุ่มทั้งหมดคำนวณเป็นร้อยละและแสดงเป็นค่าความถูกต้องเดียวสามารถเขียนในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^{K} n_{ii}}{N} \quad (4)$$

โดยที่ OA หมายถึงค่าความถูกต้องโดยรวม, K หมายถึงจำนวนแถว (Row), nii หมายถึงจำนวนจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท และ N หมายถึงจำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมด

ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เป็นการทดสอบระดับความสอดคล้องกันของข้อมูลและถูกคำนวณควบคู่กับค่าความถูกต้องโดยรวมหากค่าทั้งสอง (OA และ Kappa) มีค่าที่ใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มในทิศทางสูงหมายถึงผลการจำแนกข้อมูลครั้งนั้นมีความเชื่อมั่นสูง [16] สามารถเขียนในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Kappa} = \frac{N\sum_{i=1}^{K} n_{ii} - \sum_{i=1}^{K}(n_{i+}n_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{K}(n_{i+}n_{+i})} \quad (5)$$

โดยที่ Kappa หมายถึงสัมประสิทธิ์แคปปาของความสอดคล้อง, K หมายถึงจำนวนแถว, n_{ii} ผลรวมของแนวทแยงของ เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนแถวที่ i และคอลัมน์ที่ i, n_{+i} หมายถึงผลรวมในคอลัมน์ที่ i ของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน, n_{i+} หมายถึงผลรวมในแถวที่ i ของเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน และ N หมายถึงจำนวนความคลาดเคลื่อน

ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy: PA) บ่งบอกถึงความสอดคล้องกันของข้อมูลที่สิ่งปกคลุมดินจะถูกจำแนกได้อย่างถูกต้อง ซึ่งคำนวณได้จากตัวเลขของจุดภาพจากการจำแนกของแต่ละกลุ่มแล้วนำมาทำสัดส่วนกับผลรวมของจุดภาพในคอลัมน์นั้น ๆ สามารถเขียนในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$\text{PA} = \frac{n_{kk}}{n_{+i}} \quad (6)$$

โดยที่ PA หมายถึงความถูกต้องของผู้ผลิต, n_{kk} หมายถึงตัวเลขของจุดภาพจากการจำแนก และ n_{+i} หมายถึงผลรวมของจุดภาพในคอลัมน์

ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy: UA) บ่งบอกถึงความสอดคล้องกันของข้อมูลที่สิ่งปกคลุมดินจะถูกจำแนกได้อย่างถูกต้อง ซึ่งคำนวณได้จากตัวเลขของจุดภาพจากการจำแนกของแต่ละกลุ่มแล้วนำมาทำสัดส่วนกับผลรวมของจุดภาพในแถวนั้น ๆ สามารถเขียนในรูปสมการดังต่อไปนี้

$$UA = \frac{n_{kk}}{n_{i+}} \tag{7}$$

โดยที่ UA หมายถึงความถูกต้องของผู้ใช้, n_{kk} หมายถึงตัวเลขของจุดภาพจากการจำแนก และ n_{i+} หมายถึงผลรวมของจุดภาพในแถว



ภาพที่ 3 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

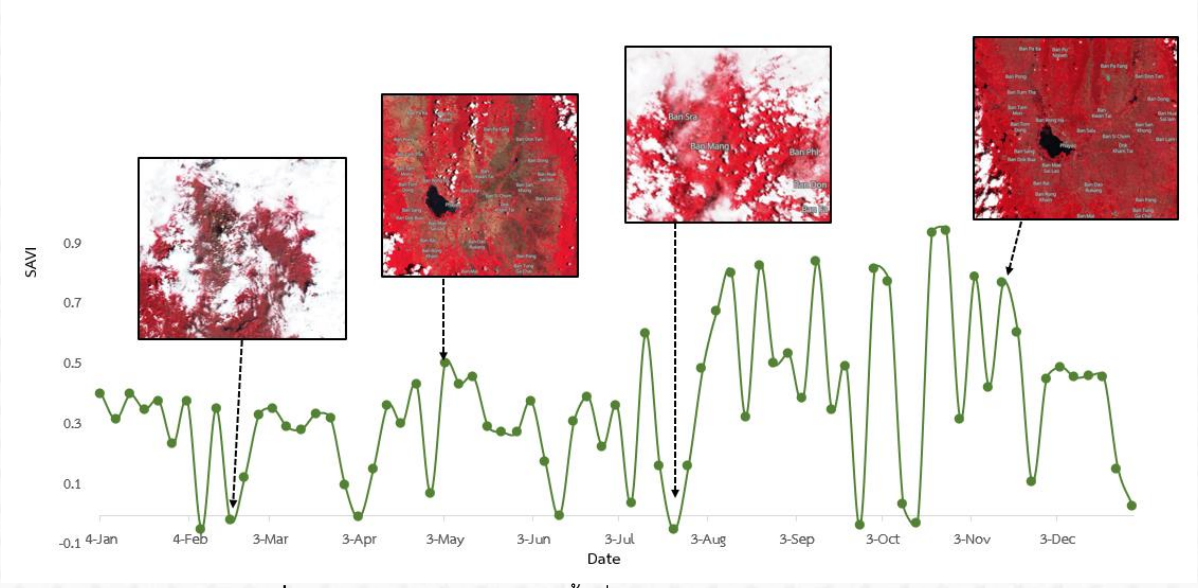
3.1.กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณของพื้นที่นาข้าว

อ้างถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นด้วยการสืบค้นและเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ผ่านการใช้งาน GEE โดยกำหนดช่วงเวลาสืบค้นตลอดทั้งปี พ.ศ.2564 (1 มกราคม – 31 ธันวาคม) แล้วประมวลผลดัชนี SAVI และสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 500 จุดในพื้นที่นาข้าวของอำเภอดอกคำใต้นำแสดงแบบกราฟเส้นบนแกนเวลาเพื่อแสดงถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่นาข้าวตลอดทั้งปี หากพิจารณาจากกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณพบว่าข้อมูลมีความไม่คงที่ ซึ่งเป็นค่ารบกวนมาจากอุปสรรคด้านสภาพอากาศและกลุ่มเมฆปกคลุมเหนือพื้นที่ศึกษา (Cloud Noise) ทำให้ค่าดัชนี SAVI ที่ได้รับนั้นมีค่าต่ำมากไปจนถึงติดลบ (มองไม่เห็นพืชพรรณ) ดังภาพที่ 4

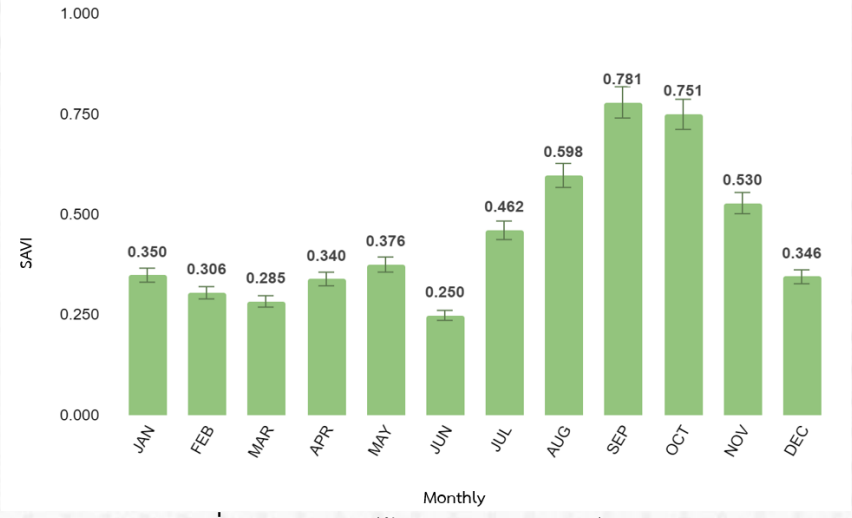
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะชีพลักษณ์และการตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าว

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายเดือนของดัชนี SAVI พื้นที่นาข้าวร่วมกับการสำรวจภาคสนาม พบว่าระหว่างเดือน มกราคม - มีนาคม ค่าดัชนี SAVI มีแนวโน้มลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง ผลมาจากฤดูกาลเก็บเกี่ยวของปีก่อนหน้าทำให้มองเห็นพื้นดินชัดเจน มีค่าดัชนี SAVI อยู่ระหว่าง 0.285 – 0.350 และเพิ่มสูงขึ้นช่วงเดือน เมษายน – พฤษภาคม จากการสำรวจภาคสนามพบว่าระยะนี้มีการปลูกต้นปอเทืองจำนวนมากให้เป็นพืชบำรุงดิน เนื่องจากเป็นพืชตระกูลถั่วมีธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนสูง ลักษณะลำต้นสูงประมาณ 1 – 1.5 เมตร และมีความเป็นสีเขียวมากที่สุดเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีค่าดัชนี SAVI อยู่ระหว่าง 0.340 – 0.376 ต้นปอเทืองมีอายุประมาณ 50-60 วัน แล้วจึงไถกลบเพื่อใช้เป็นพืชปุ๋ยสด ประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นระยะเตรียมดินสำหรับการเพาะปลูกข้าวนาปี ส่งผลให้ค่าดัชนี SAVI ในเดือน มิถุนายน ลดลงเล็กน้อยมีค่าเฉลี่ยของดัชนี SAVI เท่ากับ 0.250 จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับตั้งแต่เดือนกรกฎาคม จนต้นข้าวมีการเจริญเติบโตเต็มที่ในเดือนกันยายน (อายุข้าวประมาณ 90 วัน) และมีความเป็นสีเขียวมากที่สุดมีค่าดัชนี SAVI เท่ากับ 0.781 จากนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลงอย่าง

ต่อเนื่องเกิดจากต้นข้าวเริ่มออกรวงและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง (ความเขียวลดลง) จนถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนธันวาคม มีค่าดัชนี SAVI อยู่ระหว่าง 0.346 – 0.751 และมีความเป็นไปได้ว่าอาจต่อเนื่องไปจนถึงเดือนมกราคมของปีถัดไป



ภาพที่ 4 กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณพื้นที่นาข้าวอำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะชีพลักษณ์พืชพรรณ

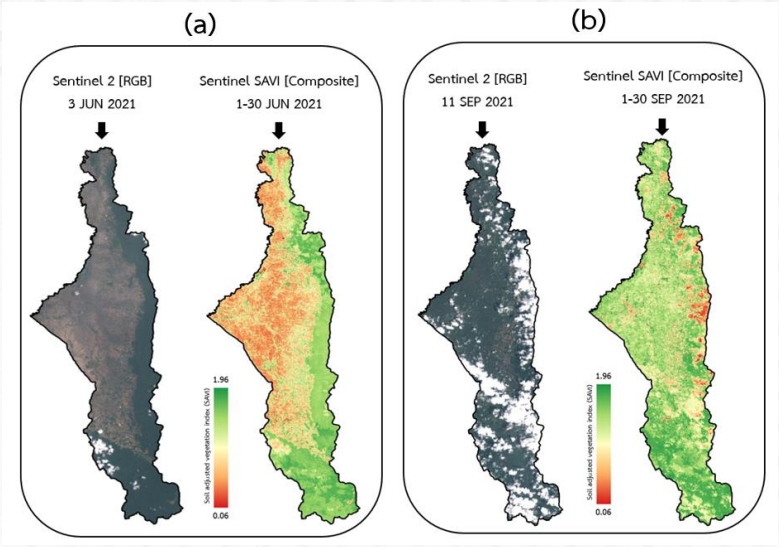
3.2.1 การประมวลผลเพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะชีพลักษณ์พืชพรรณสังเกตว่าช่วงเดือนที่มีค่าดัชนี SAVI สูงมากที่สุด คือเดือนกันยายนมีค่าเท่ากับ 0.781 หรือหมายถึงเป็นช่วงเดือนที่มีการเจริญเติบโตของต้นข้าวสูงที่สุดจึงเป็นตัวแทนที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่นาข้าวที่มีการเพาะปลูกจริง จึงกำหนดให้เรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระหว่างวันที่ 1-30 กันยายน 2564 ให้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลภาพผสมสำหรับช่วงที่มีการเพาะปลูก (Cultivation) และช่วงเดือนที่มีค่าดัชนี SAVI ต่ำมากที่สุดคือเดือนมิถุนายนมีค่าเท่ากับ 0.250 จึงถูกกำหนดให้เป็นตัวแทนของชุดข้อมูลภาพผสมสำหรับช่วงที่ไม่มีการเพาะปลูก (Non-Cultivation) โดยกำหนดเรียกใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมระหว่างวันที่ 1-30 มิถุนายน 2564 จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองชุดคำนวณ

ดัชนี SAVI โดยใช้เทคนิค MVC (พิจารณาจุดภาพที่ตรงกันทั้งหมดแล้วเลือกใช้จุดภาพที่มีค่าสูงสุด) สร้างเป็นข้อมูลแบบภาพผสมขึ้น ดังภาพที่ 7 (a) และ (b) โดยใช้แพลตฟอร์ม GEE เป็นเครื่องมือในการประมวลผล

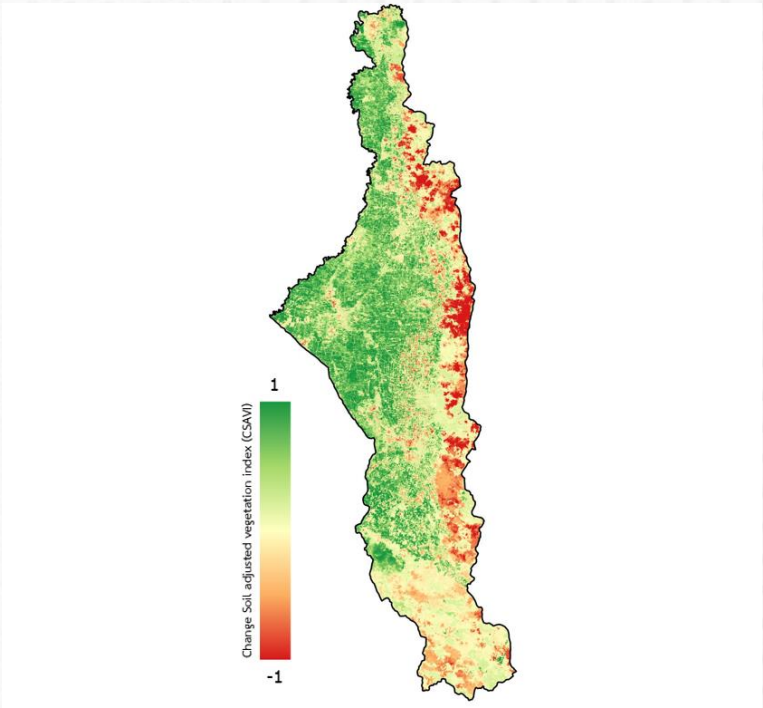


ภาพที่ 6 ภาพเปรียบเทียบนาข้าวช่วงเพาะปลูก



ภาพที่ 7 ผลลัพธ์จากการผสมภาพ

ผลลัพธ์จากการทำสมการผลต่างภาพจะแสดงถึงค่าความเปลี่ยนแปลงพืชพรรณปกคลุมดิน (CSAVI) มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดยอธิบายได้ว่าจุดภาพใดที่มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่สูงไปในทิศทางบวก (พื้นที่เพาะปลูกข้าว) จุดภาพใดที่มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ต่ำหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง (พื้นที่ป่าและพื้นที่ชุมชน) และจุดภาพใดที่มีค่าเข้าใกล้ -1 หมายถึงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงสูงไปในทิศทางลบ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าบริเวณนั้นมีการเพาะปลูกข้าวนอกฤดูกาล (ข้าวนาปรัง) จึงทำให้มีค่าการสะท้อนจากพืชพรรณแตกต่างจากพื้นที่ปลูกข้าวนาปีที่ผ่านฤดูกาลเก็บเกี่ยวแล้วจนเห็นความเป็นดิน (Bare Soil)



ภาพที่ 8 ผลลัพธ์การทำสมการผลต่างภาพ

การวิเคราะห์ระดับของการเปลี่ยนแปลงโดยการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ (Reclassify) ตรวจสอบร่วมกับจุดสุ่มจำนวน 500 จุด พบว่าการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิค Quartile มีจำนวนจุดสุ่มในระดับที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 28, 104 และ 368 ตามลำดับ ในส่วนของการจัดกลุ่มด้วยเทคนิค Natural Breaks (Jenks) พบว่ามีจำนวนจุดสุ่มในระดับที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 10, 88 และ 402 ตามลำดับ สังเกตได้ว่าพื้นที่เพาะปลูกข้าวส่วนใหญ่ (จาก 500 จุด) ตกอยู่ในช่วงชั้นข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงระดับที่ 3 อธิบายได้ว่าพื้นที่เพาะปลูกข้าวส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่สูงไปในทิศทางบวก

ตารางที่ 2 จำนวนจุดสุ่มแต่ละระดับการเปลี่ยนแปลงจากการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ด้วยเทคนิค Quartile และ Natural Breaks (Jenks)

ระดับการเปลี่ยนแปลง	Natural Breaks (Jenks)		Quartile	
	จำนวนจุด	ร้อยละ	จำนวนจุด	ร้อยละ
ระดับที่ 1	10	2	28	6
ระดับที่ 2	88	18	104	21
ระดับที่ 3	402	80	368	74
รวม	**500**	**100**	**500**	**100**

3.3 การตรวจสอบความถูกต้อง

สำรวจประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคสนามในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ.2564 โดยการคำนวณจุดตรวจสอบ (Test Point) ที่เหมาะสมสำหรับสำรวจภาคสนามเท่ากับ 256 จุด ตามทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบทวินาม และการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น ผลลัพธ์มีการกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ศึกษารายละเอียดดังตารางที่ 3 และภาพที่ 9 การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่การประยุกต์ใช้เทคนิคผลต่างภาพเพื่อตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าว ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะพื้นที่นาข้าวและไม่ใช่นาข้าวเท่านั้น

ตารางที่ 3 จำนวนจุดตรวจสอบที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจภาคสนามตามทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบทวินาม

ลำดับ	ประเภท	Type	จำนวนจุด	ร้อยละ
1	นาข้าว	Paddy Field	100	39
2	ป่า	Forest	57	22
3	ข้าวโพด	Maize	29	11
4	มันสำปะหลัง	Cassava	10	4
5	ยางพารา	Para rubber	10	4
6	สัก	Teak	10	4
7	ลำไย	Longan	10	4
8	แหล่งน้ำ	Water	10	4
9	เมือง	Urban	10	4
10	เบ็ดเตล็ด	Miscellaneous	10	4
	รวม		**256**	**100**



ภาพที่ 9 การสำรวจประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคสนาม

ผลจากการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยตาราง Error Matrix พบว่าการใช้เทคนิคจัดกลุ่มข้อมูลแบบ Quartile มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 80.47 และสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับร้อยละ 58.97 ในด้านเทคนิคจัดกลุ่มข้อมูลแบบ Natural Breaks (Jenks) มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 80.86 และสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับร้อยละ 60.99

ตารางที่ 4 ตารางความคลาดเคลื่อนด้วยการใช้เทคนิคจัดกลุ่มข้อมูลแบบ Quartile

	พื้นที่ไม่ใช่นาข้าว	พื้นที่นาข้าว	Row total	PA	UA
พื้นที่ไม่ใช่นาข้าว	131	25	156	0.84	0.84
พื้นที่นาข้าว	25	75	100	0.75	0.75
Column total	156	100	256		
Overall			**80.47**		
Kappa			**58.97**		

หมายเหตุ : Producer Accuracy (PA) และ User Accuracy (UA)

ตารางที่ 5 ตารางความคลาดเคลื่อนด้วยการใช้เทคนิคจัดกลุ่มข้อมูลแบบ Natural Breaks (Jenks)

	พื้นที่ไม่ใช่นาข้าว	พื้นที่นาข้าว	Row total	PA	UA
พื้นที่ไม่ใช่นาข้าว	123	33	156	0.88	0.79
พื้นที่นาข้าว	16	84	100	0.72	0.84
Column total	139	117	256		
Overall			**80.86**		
Kappa			**60.99**		

หมายเหตุ : Producer Accuracy (PA) และ User Accuracy (UA)

4. บทสรุป

การศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจหาพื้นที่เพาะปลูกข้าวโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบอนุกรมเวลาจากดาวเทียม Sentinel-2 ร่วมกับดัชนี SAVI สามารถประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเป็นพืชพรรณในพื้นที่ศึกษา แสดงถึงสภาวะชีพลักษณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาด้วยกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ [17] ที่ใช้ภาพถ่ายแบบช่วงคลื่นตามองเห็นจากเสาสังเกตการณ์ ร่วมกับดัชนีพืชพรรณ Excess Green (ExG) ในการสร้างกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณ จากนั้นพิจารณาความแตกต่างสูงสุด-ต่ำสุดจากความหนาแน่นของต้นข้าวระหว่างสองช่วงเวลาด้วยค่าเฉลี่ยรายเดือน ซึ่งจะเป็นผลสำหรับการกำหนดช่วงเวลาเพื่อสร้างข้อมูลแบบภาพผสมทั้งช่วงที่มีการเพาะปลูก (Cultivation) และไม่มีการเพาะปลูก (Non-Cultivation) นำไปสู่การวิเคราะห์ด้วยสมการผลต่างภาพ แล้วจึงทดสอบด้วยการจัดกลุ่มให้กับข้อมูลใหม่ (Reclassify) ด้วยเทคนิค Quartile และ Natural Breaks (Jenks) ที่ช่วงชั้นข้อมูลเท่ากับ 3 จากนั้นประเมินความน่าเชื่อถือของการจำแนกกับข้อมูลความเป็นจริงที่ได้จากการสำรวจภาคสนามจำนวน 256 จุด (ตามทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบทวินาม และการกระจายตัวแบบแบ่งชั้น) ด้วยตารางความคลาดเคลื่อนพบว่าการวิเคราะห์ระดับการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิค Quartile และ Natural Breaks (Jenks) มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 80.47 และ 80.86 ตามลำดับ ในส่วนของสัมประสิทธิ์แคปปามีค่าเท่ากับร้อยละ 58.97 และ 60.99 ตามลำดับ สำหรับต่อยอดสู่การพัฒนาใน

อนาคตควรคำนึงถึงกลุ่มตัวอย่างและรายละเอียดที่ใช้ศึกษาข้อมูลสภาวะชีพลักษณ์พืชพรรณ, การปรับความเรียบให้กับกราฟชีพลักษณ์พืชพรรณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรืออาจใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบอื่น ๆ เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สัญญาเลขที่ วช.อว.(อ)(ภส)/190/2563 และความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาจากสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (เมษายน 2564). ภาพรวมตลาดข้าวในอาเซียน. สืบค้นจาก https://www.ditp.go.th/contents_attach/732592/732592.pdf.

[2] กรมการข้าว. (6 สิงหาคม 2564). โครงการภายใต้ยุทธศาสตร์ข้าวไทย ด้านการผลิตปี 2563-2567. สืบค้นจาก https://คิดค้า.com/wp-content/uploads/2021/08/ 37.โครงการภายใต้ยุทธศาสตร์ข้าวไทยด้านการผลิต-ปี-2563-2567.pdf.

[3] กรมทรัพย์สินทางปัญญา, “ประกาศโฆษณาการรับขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์”, สช 63100146.

[4] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixonb, S. Ilyushchenko, D. Thau and R. Moore, Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment. 202(2017)18-27.

[5] สรวิศ สุภเวชย์. การพัฒนาเทคนิคการตรวจสภัดพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมเซนทิเนลตามอนุกรมเวลา. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. 20(2019)345-358.

[6] Google. Earth Engine Data Catalog. Available: https://developers.google.com/earth-engine/datasets

[7] L. Cassidy, M. Binford, J. Southworth and G. Barnes, Social and ecological factors and land-use land-cover diversity in two provinces in southeast Asia. Journal of Land Use Science. 5(2010)277-306.

[8] B. Tellman, J.A. Sulliven, C. Kuhn. Et al., Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. Nature. 596(2021)80-86.

[9] B. Holben, Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. International Journal of Remote Sensing. 7(1986)1417-1434.

[10] A. Volcani, A. Karnieli and T. Svoray, The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semi-arid forest with respect to drought years. Forest Ecology and Management. 215(2005)239-250.

[11] H. Haslina, Z.A. Latif and N.A. Adnan, Urban vegetation classification with NDVI threshold value method with very high resolution (VHR) Pleiades imagery. Int. Arch. Photogram. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. XLII-4/W16(2019)237-240.

[12] C. Ihinegbu and T. Ogunwumi, Multi-criteria modelling of drought: a study of Brandenburg Federal State, Germany. Modeling Earth Systems and Environment. 8(2022)2035–2049.

[13] H. Liu and Q. Zhou, Accuracy analysis of remote sensing change detection by rule-based rationality evaluation with post-classification comparison. International Journal of Remote Sensing. 25(2004)1037-1050.

[14] L. Katherine, Comparison of Sampling Procedures and Data Analysis for a Land-Use and Land-Cover Map. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 47(1981)343-351.

[15] วิภพ แพงวังทอง และ วันณัชชา เทพวงศ์. ศักยภาพของดัชนีความแตกต่างความชื้นแบบนอร์แมลไลซ์จากดาวเทียมเซนทิเนล 2. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการทรัพยากรธรรมชาติสารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 5, มหาสารคาม, 2562. 435 – 445.

[16] กาญจน์เขจร ชูชีพ. การประเมินความถูกต้องในการสำรวจระยะไกล (Accuracy Assessment in Remote Sensing). Remote Sensing Technical Note No. 3 (2018). Faculty of Forestry, Kasetsart University.

[17] N. Soontranon, P. Rakwatin and P. Srestasathiern. Rice Crop Calendar Based on Phenology Analysis from Time-series Images. International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Thailand, 2015

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

The Development of Household Electricity Cost Learning Activities by Integration with Real-Life Situation for Ninth Grade Students.

ชวิวัฒน์ งามสวัสดิ์[1*] ณรงค์ธรรม ทองสุขแสงเจริญ[1] และ วรัญญา เศษตะสัตย์[1]

[1]โรงเรียนสตรีนนทบุรี

[*]Email: chawiwat@satrinon.ac.th

บทคัดย่อ

ความมุ่งหมายของงานวิจัย เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนสตรีนนทบุรี ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง และมีนักเรียนเป้าหมาย 5 คน เพื่อศึกษาเชิงลึก ผลการวิจัยพบว่า (1) กิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเฉลี่ย 77.83/79.39 (2) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง มีความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงสูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05

คำสำคัญ: การเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน การบูรณาการ องค์ความรู้สถานการณ์จริง

Abstract

The objectives of this research were development of household electricity cost learning activity by integration with real-life situation for ninth grade students. The aim of learning activity criteria was 70/70. The sample groups used in this research were ninth grade students of Satrinonthaburi School using prepositive sampling and live of them were selected for in-depth analyses. The instrument used in the research consisted of learning plans, science achievement test and collecting electricity bills. The research results are as follows that 1. The efficiency index of learning activities with real-life situation was 77.83/79.39, respectively 2. The average achievement score, was more than sixty percent of the students, illustrated the ability to integration household electricity cost with real-life situation least sixty percent of full scores, with significant level of .05.

Keyword: Household electricity cost learning activity, Integration with real-life situation

1. บทนำ

ไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญต่อการดำรงชีวิตทั้งในอดีตและปัจจุบัน โดยสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเก้าเจ้าอยู่หัว รัชการที่ 5 ได้มีการจัดตั้งการไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นไฟฟ้าให้ความสว่างเท่านั้น จึงเป็นบทบาทที่สำคัญเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนชาวไทย[1] ในระยะหลังมีการใช้ไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกซึ่งคิดค่าไฟฟ้าสำหรับให้ครัวเรือนเลือกใช้ 2 อัตรา คือ อัตราตามช่วงเวลา และอัตราปกติ [2] อัตราการชำระค่าไฟฟ้ามีวิธีการแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น อัตราตามช่วงเวลา อัตราการตามกลุ่มผู้ใช้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญในการดำรงชีวิต ทำให้มีการพัฒนาคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกสบายต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก เราจึงไม่สามารถปฏิเสธได้เลยว่าเทคโนโลยีและอินเทอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะทำอะไร ที่ไหน สิ่งต่าง ๆ ที่ล้อมรอบตัวเรามักเกี่ยวข้องกับอินเทอร์เน็ตอยู่เสมอ [3] แม้กระทั้งการจัดการศึกษาในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบ และกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยนำเทคโนโลยี สื่อสารสนเทศเพื่อการศึกษา เข้ามาใช้งานเพื่อช่วยในการจัดการเรียนการสอนให้ทันยุคสมัย เพื่อส่งเสริมให้เกิดห้องเรียนที่มีคุณภาพเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 และฉบับที่ 3 มาตรา 22 ที่ระบุว่า ผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดในระบบการศึกษา จำเป็นต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ รูปแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามเป็นบุคคล ธรรมชาติ วิชา และสอดคล้องกับทักษะสำคัญต่อการดำรงชีวิต และเต็มตามศักยภาพ มาตรา 24 การจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสัมผัสจากประสบการณ์จริง มีการฝึกการปฏิบัติให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ฝึกฝนความรู้ คุณธรรมและทักษะชีวิต ให้คิดเป็น ทำเป็น [4] การจัดการเรียนรู้แบบที่เน้นการปฏิบัติจากการเผชิญสถานการณ์จริง สืบเสาะความรู้ และการแก้ปัญหาด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้และการวัดประเมินผลที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการกระทำ ได้ฝึกคิด ฝึกลงมือทำ ฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ และมาตรา 66 ผู้เรียนมีสิทธิที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต [5]

การบูรณาการความรู้เป็นสิ่งที่สำคัญต่อการเชื่อมความรู้และเพิ่มประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์เรียนรู้ที่เต็มความสามารถ ส่งเสริมประสบการณ์ประสบการณ์การเรียนรู้ให้มีหลายมิติ และช่องทางการเรียนรู้ ซึ่งประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบในลักษณะเป็นหน่วยเดียวกันไม่แยกออกเป็นส่วน ๆ [6] มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาจากเนื้อหาหนึ่งไปยังอีกเนื้อหาหนึ่ง ซึ่งการเชื่อมโยงมีประโยชน์ ได้แก่ 1. ทำให้นักเรียนเข้าใจส่วนของเนื้อหาได้ชัดเจนและเกิดการเรียนรู้ที่นานขึ้น 2. ทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาและลดช่องว่างในการเรียนรู้ 3. ทำให้นักเรียนมองการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นส่วนที่เกิดการกระตุ้นและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตได้จริง 4. ทำให้หลักสูตรเกิดความสมดุล [7] โดยเป้าหมายการเรียนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของไทยในปัจจุบัน คือ การมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ได้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ [8] แต่สภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมักจะมีเป้าหมายสำคัญเพื่อสอบแข่งขันเข้าศึกษาต่อ ดังนั้นนักเรียนส่วนใหญ่จึงเข้าใจว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่ต่างอะไรกับการเรียนเนื้อหาความรู้ไว้ท่องจำเพื่อให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามมาตรฐาน ทำให้การจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไม่มีการฝึกฝนการบวนการคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงขาดการพัฒนาความคิดรวบยอด และการให้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนความคิดของตนเอง และไม่มีทักษะการคิดเชื่อมโยงต่อสถานการณ์ในชีวิตจริง ขาดการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ [9] การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับเป็นองค์ความรู้อย่างเข้าใจเพื่อให้เป็นองค์ความรู้ที่

คงทนและระยะยาวของนักเรียนสำหรับการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เก่าร่วมกับความรู้ใหม่ และการใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง

จากการกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการคำนวณค่าไฟฟ้าในบ้านเรือนเพื่อเป็นนวัตกรรมการศึกษา และเป็นวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ โดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เนื่องจากเนื้อหามีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริง และเป็นการบูรราการความรู้ในหลายมิติ คือ บูรณาการความรู้ในบทเรียน บูรณาการความรู้สู่สถานการณ์จริง และบูรณาการความรู้เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้ต่อการเห็นคุณค่าของพลังงานไฟฟ้า เช่น การรู้ที่มาของใบเสร็จไฟฟ้าบ้านเรือน การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า และการคำนวณหาค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในบ้านเรือนได้ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เป็นแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนการคำนวณค่าไฟฟ้าในบ้านเรือนบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในด้านความสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง

3. สมมติฐาน

1. นวัตกรรมทางการศึกษามีการจัดการเรียรู้ผ่านกิจกรรมการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยการสร้างองค์ความรู้สู่สถานการณ์ในชีวิตจริงมีความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของนักเรียนจำนวนทั้งหมด

4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสตรีนนทบุรี อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 โดยการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling method)

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ กิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการ องค์ความรู้สู่สถานการณ์จริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง

5. วิธีดำเนินการศึกษา/การวิจัย

5.1 การสร้างเครื่องมือ

1.แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยแบ่งเป็นระดับความคิดเห็น เป็น -1 , 0 , 1 แทนความคิดเห็นไม่สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และสอดคล้อง ตามลำดับ โดยแบบประเมินความสอดคล้องด้านเนื้อหา กิจกรรม จุดประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงแบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ [10] เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

2. แผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

2.1 หลังจากการศึกษาบูรณาการองค์ความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงและรูปแบบการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยจัดทำโครงการสอน แผนการจัดการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้โดยใช้เวลาสอน 10 คาบ คาบละ 50 นาที

2.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งสื่อการเรียนรู้ที่จัดทำให้ผู้เรียบร้อยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน คือ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 1 คน ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ 1 คน และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 คน โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้อง ด้านเนื้อหา กิจกรรม จุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลโดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องและวิเคราะห์โดยใช้ค่า IOC ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) [10] ไม่น้อยกว่า 0.5

2.3 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและได้เรียนปรึกษาผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปสอนจริง

2.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดลองนำร่องกับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของนักเรียนโรงเรียนสตรีนนทบุรี อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แล้วนำไปหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยการบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์ในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งใช้นักเรียนกลุ่มทดลองนำร่อง ในการหาคุประสิทธิภาพของเครื่องมือโดยพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์แล้วแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยใช้นักเรียนในการทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ครั้ง ได้แก่ (1) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคล (2) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือกลุ่มย่อย (3) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเครื่องมือภาคสนาม [11]

(1) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคล

ผู้วิจัยใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนักเรียนในการคะแนน เก่ง ปานกลาง อ่อน อย่างละ 1 คน เข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคล 70/70 โดยผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามแนวทางของกิจกรรมแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสำหรับเป็นบุคคล และวัดความสามารถในการทำแบบทดสอบด้านการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง เมื่อจบกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว ทำการหาประสิทธิภาพ E1/E2 พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน มีประสิทธิภาพของเครื่องมือสูงกว่าเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย 73.67/75.67 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงข้อมูลของกิจกรรมเครื่องมือเพื่อใช้ในขั้นต่อไป คือ การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือกลุ่มตัวอย่างกลุ่มย่อย

(2) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นกลุ่มย่อย

ผู้วิจัยใช้นักเรียนที่จัดอยู่ในเกณฑ์คะแนน เก่ง กลาง อ่อน อย่างละ 3 คน จำนวนรวม 9 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะคละความสามารถ โดยมีวิธีการเลือกแบบเจาะจง ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ได้จากการประสิทธิภาพเป็นบุคคล สู่กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือรายกลุ่มย่อย 70/70 ให้คะแนนนักเรียนหลายบุคคลในแต่ละกิจกรรม จากการรายงานพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณา

การองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 มีค่าเฉลี่ย 75.44/76.33 จากนั้นผู้วิจัยปรับปรุงเครื่องมือเพื่อใช้ในขั้นต่อไป คือ การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือกลุ่มตัวอย่างกลุ่มภาคสนาม

(3) การทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องมือภาคสนาม

ผู้วิจัยใช้นักเรียนจำนวนทั้งหมด 30 คน โดยได้แบ่งเป็นกลุ่มจำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละจำนวน 3 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้แก่ เก่ง ปานกลาง อ่อน จากการเลือกแบบเจาะจงที่ไม่ใช่กลุ่มในส่วนของการหาประสิทธิภาพที่ผ่านมา คือ การหาประสิทธิภาพของเครื่องเป็นบุคคลและการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเป็นกลุ่มย่อย สู่กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือภาคสนาม 70/70 ทำการหาประสิทธิภาพ E1/E2 แล้วเทียบกับเกณฑ์ 70/70 พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องมือภาคสนามของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 มีค่าเฉลี่ย 77.83/79.39 ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงข้อมูลของกิจกรรมเครื่องมือเพื่อใช้ในขั้นต่อไป คือ การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบ ดังนี้

3.1.1 สร้างแบบทดสอบวัดความรู้และความสามารถในการเชื่อมความรู้สู่ชีวิตจริงเรื่องการคำนวนค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยศึกาความเชื่อมโยงของ องค์ความรู้ สถานการณ์จริง ความตระหนักรู้ของการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการศึกษาหลักสูตรแกนกลาง จุดประสงค์การเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนการสอน และหลักการเชื่อมโยงความรู้ สำหรับการสร้างแบบทดสอบการเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง โดยข้อสอบเป็นแบบเป็น 2 ตอน คือปรนัย 6 ข้อ และ อัตนัย 5 ข้อ รวม 11 ข้อ จำนวนเวลาที่ใช้ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที) คะแนนเต็ม 20 คะแนน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบระดับพฤติกรรมสำหรับวิทยาศาสตร์

3.1.2 นำแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาตามจุดประสงค์ โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้อง

3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากความเห็นผู้เชี่ยวชาญ ทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) [10] ไม่น้อยกว่า 0.5

3.2 แบบสัมภาษณ์ เป็นแบบสัมภาษณ์พฤติกรรมเชิงลึกที่ผู้วิจัยได้พัฒนาสร้างขึ้น เพื่อสัมภาษณ์นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 5 คน เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมความรู้สู่ชีวิตจริงมี 3 หัวข้อ คือ 1. ด้านเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน 2.ด้านเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียน 3. ด้านการเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์ที่ได้พัฒนาและศึกษาจากแบบสัมภาษณ์ตามแนวคิดของ Supang Chantawanit [12] และนำแบบสัมภาษณ์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้อง IOC ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) [10] ไม่น้อยกว่า 0.5

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ เครื่องมือสำหรับผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือสำหรับผู้วิจัยใช้ในการสอน และการประเมินผล ดังนี้

1.1 เครื่องมือสำหรับผู้เชี่ยวชาญ คือ แบบประเมินความสอดคล้อง

1.2 เครื่องมือสำหรับผู้วิจัยใช้ในการสอน คือ แผนการจัดการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้

1.3 เครื่องมือสำหรับผู้วิจัยใช้ในการประเมินผล เพื่อการประเมินผลใน 2 ด้าน คือ การประเมินความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง โดยเครื่องมือประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง ประกอบด้วย

1. กิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นใบงาน

2. แบบวัดความสามารถด้วยการทดสอบการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง ประกอบด้วย 1. ด้านเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน 2. ด้านเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียน 3. ด้านการเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง

3. แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมเชิงลึกเพื่อศึกษาความสามารถด้านการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง

7. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองและการเก็บข้อมูลจะประกอบด้วย คือ 1. การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 2. การกำหนดระยะเวลาในการทดลอง 3. การกำหนดแผนการทดลอง 4. การทดลอง และ 5. การเก็บรวมรวมข้อมูล โดยใช้วงจรคุณภาพ DEMING's 'PDCA' Model [13] ดังนี้

1.ขั้น P = Plan

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) [14]

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสตรีนนทบุรี ประจำปีการศึกษา 2564 [15]

1.3 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในหัวข้อการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน

1.4 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสตรีนนทบุรี อำเภอ เมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี จำนวน 1 ห้องเรียน 35 คน โดยใช้การสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling method)

1.5 การกำหนดระยะเวลาในการวิจัย ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 8 คาบ คาบละ 50 นาที ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โดยแบ่งเป็นการทำกิจกรรมการเรียนรู้ 6 กิจกรรม และสอบวัดความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง หลังเสร็จสิ้นการทำกิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบ

1.6 การกำหนดแบบแผนการทดลอง เป็นการทดลองกลุ่มเดียว (One Group Posttest Only Design) [16] ดังนี้

$$X \text{ ———————— } O_1 \qquad (1)$$

เมื่อ O_1 *แทน การทดสอบหลังการทดลอง*

X *แทน การจัดกระทำการทดลอง*

2.ขั้น D = Do

2.1 ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยสอนทั้งสิ้น 10 คาบ คาบละ 50 นาที โดยเป็นกิจกรรมที่ทำเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน จำนวน 4 กิจกรรม (กิจกรรมที่ 1-4) กิจกรรมละ 1.5 คาบ กิจกรรมเป็นเป็นบุคคล จำนวน 2 กิจกรรม โดยกิจกรรมที่ 5 และ 6 ใช้เวลากิจกรรมละ 1 คาบ และทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ 2 คาบ

2.2 ศึกษาสภาพนักเรียนในการทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ครั้ง ได้แก่ (1) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคล (2) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นกลุ่มย่อย (3) การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือภาคสนาม สิ่งที่ต้องการพัฒนาในเรื่องของทักษะการเชื่อมโยงร่วมกับความรู้พื้นฐานเดิม ต้องการเพิ่มรายวิชาวิทยาศาสตร์สู่ชีวิตจริงได้มี 3

ประเด็น คือ (1) ด้านเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน (2) การเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียน (3) ด้านการเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง

2.3 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และข้อคำถามที่เหมาะสมกับนักเรียน

3.ขั้น C = Check

3.1 ตรวจสอบค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญให้มีค่าสัมประสิทธิ์ไม่น้อยกว่า 0.5

3.2 ปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้และข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.3 หลังสิ้นสุดการทดลอง ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง 2 คาบและสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 5 คน เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง

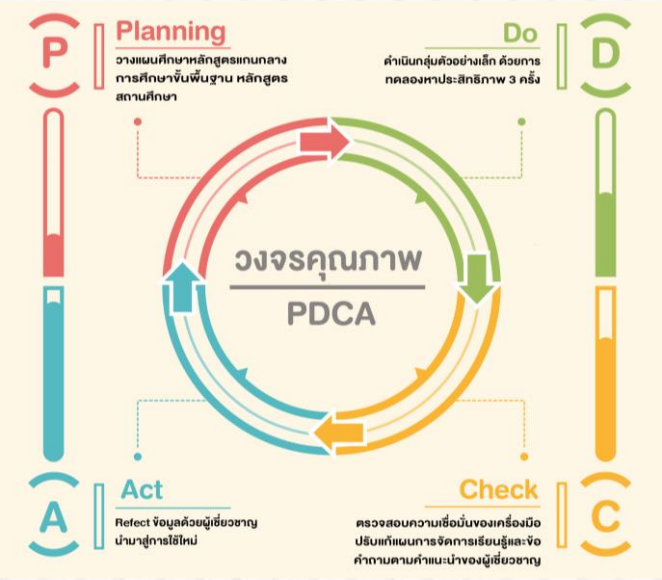
4.ขั้น A = Act

4.1 ดำเนินการทดลองและปรับแก้ให้เกิดรูปแบบที่เหมาะสมและนำรูปแบบนี้เข้าสู่กระบวนการวิจัย

4.2 กำหนดแนวทางในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

4.3 จากวงจรคุณภาพ PDCA สู่แนวทางกระบวนการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 35 คน และเวลาในการทำวิจัยทั้งหมด 10 คาบ

จากแนวทางการทดลองสู่วงจรคุณภาพในการจัดการเรียนรู้ เป็นวิธีการจัดการที่เรียบง่ายและวนซ้ำสำหรับการพัฒนาแนวทางการวิจัยให้เหมาะสมต่อการทดสอบการเปลี่ยนแปลง ให้มีกระบวนการหรือวิธีแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม สำหรับผลักดันให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ด้วยวงจรคุณภาพ PDCA รูปแบบการพัฒนาแนวทางดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการพัฒนาแนวทางการดำเนินงานการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจคุณภาพ PDAC

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

8.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการทำใบกิจกรรมเป็นบุคคล และจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนสู่สถานการณ์จริง

8.2 กำหนดคะแนนผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม เพื่อทำการตรวจสอบสมมติฐานได้ว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นแบบใบงานการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการ

องค์ความรู้สู่สถานการณ์ในชีวิตจริง มีความสามารถในการเชื่อมความรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์ในชีวิตจริง สูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยใช้สถิติทดสอบทวินาม (Binomial test)

8.3 ใช้สถิติอนุมานและสถิติพรรณนา เพื่อประเมินผลของความสามารถในการเชื่อมความรู้ของเนื้อหาโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และข้อมูลเชิงคุณภาพ ในการเชื่อมเนื้อหาความรู้จากการสัมภาษณ์นักเรียนพฤติกรรมเชิงลึกในกลุ่มตัวอย่าง 5 คน

9. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การพัฒนาและการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคล

การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคล มีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 คน เป็นนักเรียนกลุ่ม เก่ง กลาง อ่อน อย่างละ 1 คน ศึกษาจากแบบฝึกหัดในกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดประเมินผลหลังจบกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการทดลองพบว่า มี E1/E2 (73.67/75.67) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเป็นบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

E_1	E_2	E_1/E_2
73.67	75.67	73.67/75.67

จากตารางที่ 1 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

2. การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือกลุ่มย่อย

การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือกลุ่มย่อย มีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 9 คน โดยเป็นนักเรียนในกลุ่ม เก่ง กลาง อ่อน อย่างละ 1 คน จำนวน 3 กลุ่ม ศึกษาจากแบบฝึกหัดในกิจกรรมการเรียนรู้จากใบงาน และความสามารถในการทำแบบทดสอบวัดประเมินผลหลังจบกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการทดลองพบว่า มี E1/E2 (75.44/76.33) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

E_1	E_2	E_1/E_2
75.44	76.33	75.44/76.33

จากตารางที่ 2 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

3. การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือภาคสนาม

การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือภาคสนาม มีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน โดยเป็นนักเรียนกลุ่ม เก่ง กลาง อ่อน อย่างละ 10 คน จำนวน 10 กลุ่ม ศึกษาจากแบบฝึกหัดในกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดประเมินผลหลังจบกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการทดลองพบว่า มี E1/E2 (77.83/79.39) แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือภาคสนามของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

E_1	E_2	E_1/E_2
77.83	79.39	77.83/79.39

จากตารางที่ 3 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

จากการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือในกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคคล กลุ่มย่อย และกลุ่มภาคสนาม ผลพบว่ากลุ่มตัวอย่างทุกตัวอย่างมีค่า E_1/E_2 สูงกว่า 70/70 ทุกกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตร และจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ การศึกษาข้อมูลตามหลักสูตรแกนกลางและบริบทที่เหมาะสมของนักเรียน และผ่านการทดสอบความเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาอีกทางหนึ่ง

ตอนที่ 2 ความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนสู่สถานการณ์จริง

ความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนสู่สถานการณ์จริง ได้ผลการทดลองดังนี้

1. ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนแบบทดสอบย่อยเป็นบุคคล และแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

แหล่งที่มาของคะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต $(\bar{X})$	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1. ใบกิจกรรมเป็นบุคคล	25	18.74	74.97	2.36
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง	20	13.03	65.14	3.28
รวม	45	31.77	70.60	4.67

จากตารางที่ 4 ได้แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากค่าความสามารถในการเชื่อมความรู้สู่ชีวิตจริงพบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากใบกิจกรรมส่วนเป็นบุคคล เท่ากับ 18.74 (S.D. = 2.36) จากคะแนน

เต็ม 25 คะแนน ซึ่งขณะที่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนแบบทดสอบในส่วนทั้งฉบับ เท่ากับ 13.03 (S.D.=3.28) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนรวมจากใบกิจกรรมส่วนเป็นบุคคล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง เท่ากับ 31.77 (S.D.= 4.67)

2. การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

ตารางที่ 5 ผลของการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 60 (ร้อยละ)	P-Value
นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการทดลอง	35	27 (77.14)	0.000*

* มีระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนที่เกิดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง มีความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงมากกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

10. อภิปรายผลการวิจัย

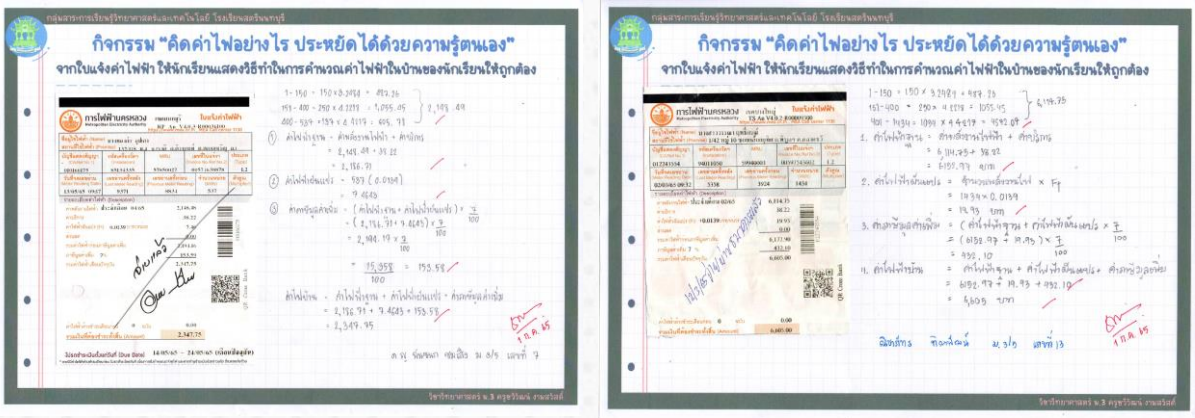
ตอนที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รวมถึงประสิทธิภาพของเครื่องมือเกณฑ์ 70/70 ในครั้งนี้ พบว่าประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน โดยการบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเฉลี่ย 77.83/79.39 แสดงว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษากิจกรรมการเรียนรู้ใบงานในการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง ให้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้สร้างจากการศึกษาข้อมูลสภาพการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและบริบทของสถานศึกษาและนักเรียนโดยการออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสภาพของชั้นเรียน เพื่อแสวงหาแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง ซึ่งผู้วิจัยได้ค้นหาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการเชื่อมความรู้เนื้อหากับสถานการณ์จริงหรือชีวิตประจำวันที่พบเจอโดยใช้ความรู้ของการเรียนวิทยาศาสตร์ในหัวข้อการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนของนักเรียนเชื่อมความรู้เนื้อหากับสถานการณ์จริง ให้เหมาะสมกับความรู้และความสามารถตามระดับชั้นของนักเรียน การใช้สื่อการสอนที่เน้นความหลากหลายและเน้นให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองตามหลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง [17] ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหากสู่สถานการณ์จริงและได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญให้มีประสิทธิภาพของเครื่องมือเท่ากับ 70/70 ปรับปรุงแก้ไขในทุก ๆ ด้าน ทั้งในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดในการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ความสามารถในการเชื่อมความรู้เนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง มีความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงสูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่เกิดการเรียนด้วยกิจกรรมใบงานการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการองค์ความรู้สู่สถานการณ์ในชีวิตจริง มีความค้นพบข้อมูลที่ตนเองอยากเห็นอยากทราบ มีความกระตือรือร้นในการอยากหาคำตอบของที่มาจากค่าไฟฟ้าบ้านเรือนของตนเองสังเกตจาผลของการสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นบุคคล และผลจากการสัมภาษณ์พฤติกรรมเชิงลึกของนักเรียน 5 คน หลังจากการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยการบูรณาการแบบเชื่อมความรู้เนื้อหากับสถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใน 3 ประเด็น (1) ด้านเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน คือ “นักเรียนคิดว่าที่มาของการชำระค่าไฟฟ้าบ้านเรือนคำนวณจากส่วนใดบ้าง” (2) ด้านการเชื่อมโยงบทความรู้ในบทเรียน คือ “นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการเรียนมาปรับใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนแล้วเพื่อลดค่าใช้จ่ายได้หรือไม่” และ (3) ด้านการเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง คือ “จงยกตัวอย่างวิธีการที่จะทำให้เราสามารถประหยัดค่าไฟได้และอธิบายที่มาของการค่าไฟในแต่ละเดือนนั้นๆ” พบว่าด้านเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 5 สามารถบอกหรืออธิบายเกี่ยวกับเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนได้ เช่น การคำนวณค่าไฟฟ้านั้นต้องมีองค์ประกอบในการคำนวณทั้งหมด 3 ส่วน เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงได้ จากหลักฐานตามรูปภาพที่ 2 และ รูปภาพที่ 3

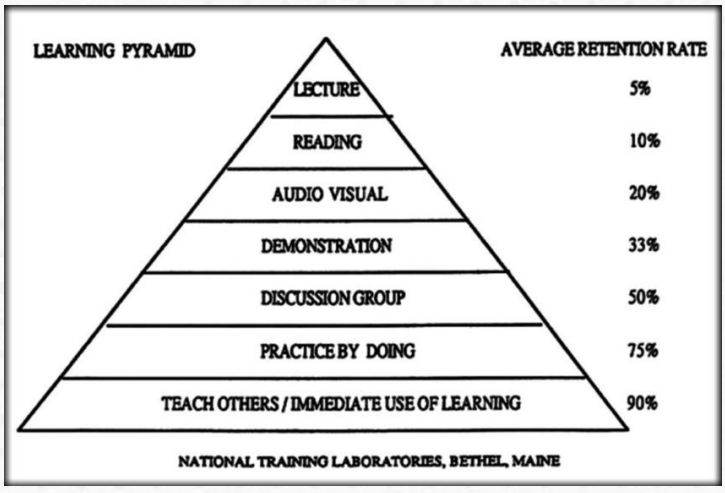


(ก) (ข)

ภาพที่ 2 กิจกรรม “คิดค่าไฟอย่างไร ประหยัดได้ด้วยความรู้ตนเอง” ของกลุ่มตัวอย่างนักเรียน (ก) และ (ข) อย่างถูกต้อง

ภาพที่ 3 QR Code แสดงการสะท้อนผลจากการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนของกลุ่มนักเรียน

ทั้งนี้อาจเนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยบูรณาการ องค์ความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้ฝึกวางแผน เกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะนำมาใช้สถานการณ์ที่ครูได้กำหนดให้นักเรียนได้เรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าของบ้านเรือนตนเอง นักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์สู่สถานการณ์จริงพบว่า ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนวิทยาศาสตร์ และทำให้การเรียนวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนอย่างมีความหมาย อีกทั้งสถานการณ์จริงมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นและสนับสนุนให้นักเรียนรู้จักที่มาของค่าไฟที่แท้จริง โดยไม่ได้ทราบจากใบเสร็จของการไฟฟ้าแต่อย่างใด จึงส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนจากสถานการณ์จริงคือใบเสร็จค่าไฟฟ้าบ้านเรือนของตนได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) [18] กล่าวว่า เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ รวมทั้งโครงสร้างทางปัญญาและความเชื่อที่ใช้ในการแปลความหมายเหตุการณ์และสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นความจริงในธรรมชาติ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล นอกจากกระบวนการเรียนรู้จะเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมอง และทางสังคม การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันจัดเป็นทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มปัญญานิยม (Cognitive Psychology) มีรากฐานมาจากผลงานของออซูเบล (Ausubel) และเพียเจต์ (Piaget) และการเรียนของนักเรียนจะสอดคล้องกับ Learning Retention Pyramid ของ Edgar Dale (2012) [19] ที่การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น และมีความรู้ที่คงทนมากขึ้น โดยการเรียนรู้เกิดจากการอภิปรายความรู้ การลงมือทำโดยตรง การทดลอง การฝึกฝนจากสถานการ์จริงและการสอนเพื่อนร่วมห้อง จากหลักฐานตามรูปภาพที่ 4



ภาพที่ 4 พีระมิดแห่งการเรียนรู้ที่แสดงการเรียนรู้ กับ Learning retention pyramid ของ Edgar Dale (2012) [19]

แนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ใหม่โดยผู้สอนจะไม่เน้นการให้เนื้อหาที่ผู้เรียนจะต้องเรียน แต่เน้นที่ตัวผู้เรียนและประสบการณ์ของผู้เรียน ซึ่งทฤษฎีนี้มีจุดด้อยคือ ผู้เรียนที่มีความต้องการความรู้ที่มีความหมายและมีนัยสำคัญต่อผลการเรียนรู้ของการเรียนการสอน

11. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับครูในการเรียนการสอน

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) [14] จัดทำขึ้นโดยคำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ใน

ทุกเนื้อหา [20] รวมถึงเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือน ควรให้ความสำคัญกับการบูรณาการเนื้อหาการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับเนื้อหาอื่น ๆ เช่น คณิตศาสตร์ ตลอดจนครูควรจัดให้นักเรียนมีโอกาสเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์จริงที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนตามระดับชั้นของตนเองในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นั้นได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนานวัตกรรมการศึกษากิจกรรมการเรียนรู้การคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนโดยการบูรณาการความรู้สู่สถานการณ์จริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นกิจกรรมการเรียนที่เน้นการเชื่อมความรู้เนื้อหาความรู้จากการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนกับสถานการณ์จริงเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการใช้ความรู้จากการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนที่นักเรียนได้คำนวณมานั้นมาช่วยในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับในสถานการณ์จริง คือ การลดค่าไฟฟ้า และเสริมสร้างทัศนคติเชิงบวกเกี่ยวกับคุณค่าของการคำนวณค่าไฟฟ้าบ้านเรือนเพื่อส่งผลต่อค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน

13. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จได้จากการอำนวยความสะดวกจากโรงเรียนสตรีนนทบุรีและกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีนนทบุรี ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้านอุปกรณ์และกระบวนการวิจัย

14. เอกสารอ้างอิง

[1] Nonthalarak, C (1981). Quantitative Analysis. Demand for Residential Electricity in the Metropolitan Electricity Authority. (Master's Thesis, Faculty of Economics). Thammasat University Thailand.

[2] Provincial Electricity Authority. (2014). The Report of situation of electricity sell and the analysis of Provincial Electricity Authority.

[3] Wachirapan Thongvijit. 2016. INTERNET OF THINGS (IOT). Retrieved June 15,2018, from http://oho.ipst.ac.th/internet-of-things/

[4] พระราชบัญญัติการศึกษา พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติมฉบับ 2. (2563). https://www.pcccr.ac.th/filesAttach/OIT/O3/1.pdf

[5] Department of National Education Act B.E..2010. National Education Act B.E. 2542. Retrieved June 8,2018, from https://person.mwit.ac.th/01-Statutes/NationalEducation.pdf

[6] Ornstein, Allan C. Hunkins, Fracis P. (1988). Curriculum Foundation, Principle and Issue. New York: Pretice Hall.

[7] National Council of Teacher of Mathematics. (2000). Principles and Standards for School Mathematics. Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.

[8] Ministry of Education. (2017). Indicators and core learning strands of science learning strand (revised edition 2017) according to the core curriculum of basic education, BE 2551

[9] ศศิธร แก้วรักษา. (2547). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA Model) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

[10] Rovinelli, R.J. (1976). Methods for Validating Criterion-Referenced Test Items. Unplblisded Doctoral Dissertation. University of Massachusetts Amherst.). [Online] Available: https://scholarworks.uma

ss.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.co.th/&httpsredir=1&article=4661&context=dissertations_1 “

[11] นันทชัย นวลสะอาด และคณะ. (2563). วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม ปีที่ 19. 47-54

[12] Supang Chantawanit. (1997). Qualitative research methods. Bangkok: The Publisher of Chulalongkorn.

[13] ณัฏฐ์ณพัชร์ อ่อนตาม. เทคนิคการบริหารงานแบบ PDCA (Deming Cycle). วารสารสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษาแห่งประเทศไทย. 39-46

[14] กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

[15] โรงเรียนสตรีนนทบุรี. (15 พฤษภาคม 2564). หลักสูตรโรงเรียนสตรีนนทบุรี ปีการศึกษา 2564 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). สืบค้นจาก https://drive.google.com/file/d/1J8OOOxvdCapaDU9FmoeKNMnxWG14Iz-D/view

[16] ภัทรา นิคมมานนท์. (2539). ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวิจัย. กรุงเทพฯ : อักษราพิพัฒน์.

[17] Beyer, C. J. and Davis, E. A. (2008). Fostering second graders’ scientific explanations: A beginning elementary teacher’s knowledge, beliefs, and practice. The Journal of the Learning Sciences, 17(3): 381 – 414

[18] Kafai, Y., & Resnick, M. (Eds.). (1996). Constructionism in practice: Designing, thinking and learning in a digital world. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

[19] Rehan Ahmed Khan. Thesis. (2014). Riphah International University.

[20] Delors, J. (1998). Learning: The treasure within: Revised edition. Report to UNESCO of the International Commission on Education for the 21st Century. Paris: UNESCO.

การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยเครื่องกำเนิดการไหลวนชนิด Improved NACA0024 แบบกลับหลัง

Heat Transfer Enhancement in Heat Exchanger Pipe with Backward Improved NACA0024 Vortex Generator

Rodolphe Perrin[1] สมพล สกุลหลง[1] และ สืบสกุล คุรุรัตน์[1*]

[1]หน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยียานยนต์และพลังงานทางเลือกและกลุ่มวิจัยระบบพลังงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

[*]Email: suabsakul@eng.src.ku.ac.th.

บทคัดย่อ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่หลากหลายเช่น การทำความเย็น การปรับอากาศ โรงไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องกำเนิดการไหลวน (Vortex Generator) ได้ถูกนำมาติดตั้งเพื่อเพิ่มการไหลวนในแนวยาวภายในท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทานภายในท่อตรงที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดการไหลวนชนิด Improved NACA0024 แบบกลับหลัง (Backward Improved NACA0024 Vortex Generator, BINVG) ที่ถูกสร้างโดยการพิมพ์ 3 มิติ ผลการศึกษาพบว่า BINVG ให้ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลต์สูงที่สุดเท่ากับ 3.69 ที่เลขเรย์โนล์ 6,165 โดยมีค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดเท่ากับ 3 และมุมของ BINVG เท่ากับ 120^0 สำหรับค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของ BINVG พบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.68 ที่เลขเรย์โนลด์เท่ากับ 3,923, ค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดเท่ากับ 4 และ มุมของ BINVG เท่ากับ 90^0

คำสำคัญ: เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน, การพิมพ์ 3 มิติ, เลขนัสเซลต์, ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

Abstract

Heat exchangers are widely used in various industries such as refrigeration, air conditioning, power plants and so on. To increase the heat transfer performance of the heat exchanger, Vortex Generator is adopted and installed to enhance the longitudinal vortex in the pipe. This research experimentally studies the thermal characteristics and friction in pipe with the Backward Improved NACA0024 Vortex Generator (BINVG) which is manufactured by 3D printing. The experimental results show that the BINVG at the lowest Reynolds number of 3,923 with the angle of BINVG = 120^0 and Pitch to Chord line = 3 shows the highest value of 3.69 for the Nusselt number ratio. The maximum heat transfer enhancement performance (HTEP) can be found to be as high as 1.68 at the Reynolds number of 3,923, pitch to chord ratio of 4, and angle of BINVG of 90^0.

Keywords: Heat exchanger, 3D Printing, Nusselt number, Heat transfer enhancement performance

1. บทนำ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หรือ Heat Exchanger นั้นได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นด้านการทำความเย็น การปรับอากาศ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป และอื่นๆ สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นมีหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อนจากของไหลจากจุดใดจุดหนึ่งไปยังจุดอื่นๆ

ในปัจจุบันจากปัญหาราคาเชื้อเพลิงและต้นทุนที่ใช้ในการผลิตของโรงงานต่างๆมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การลดค่าใช้จ่ายของผู้ผลิตจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง หนึ่งในวิธีที่จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้คือ การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในกระบวนการผลิต ในงานวิจัยนี้สนใจที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยทำการใช้ Vortex Generator ใส่เข้าไปภายในท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

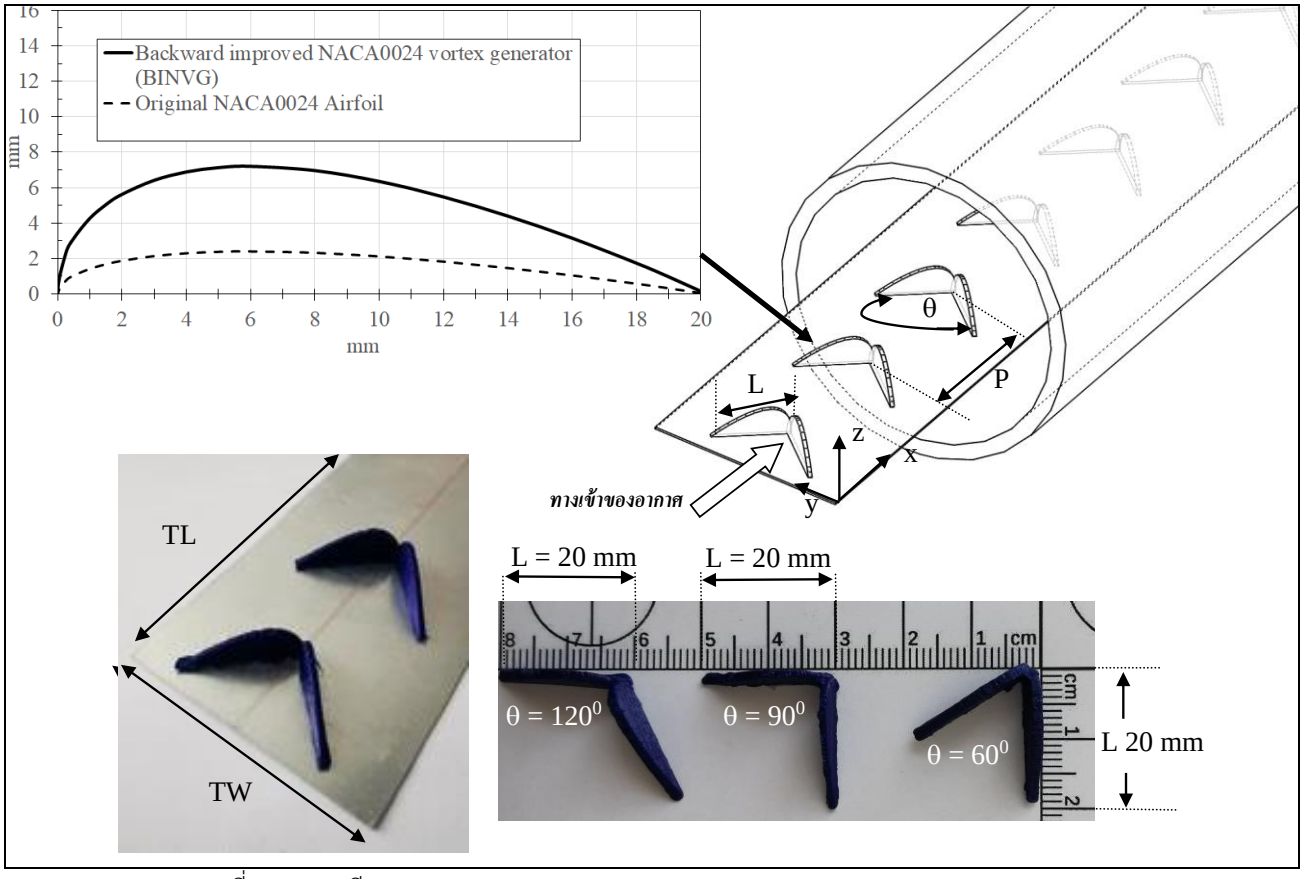
ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนมากศึกษาและพัฒนาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน Promvonge [1] ได้เริ่มทำการใช้ขดลวดบิดเพื่อเพิ่มการไหลวนของของไหลภายในท่อ โดยพบว่าลวดทรงสี่เหลี่ยมนั้นให้ผลการศึกษาที่ดีกว่าลดทรงกลม ต่อมา Tamna et al. [2] ได้พัฒนาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ใบบิดที่ติดครีบรูปตัววีในท่อตรงพบว่า ใบบิดที่ติดครีบรูปตัววีให้ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (HTEP) สูงสุดถึง 1.4 ถัดมา Skullong et al. [3] ได้ใช้ Vortex Generator ที่ติดครีบรูป 3 เหลี่ยม 2 แถว ในเพิ่มการค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนภายในท่อตรงโดยทำการทดลองและจำลองการไหลเปรียบเทียบกัน จากการศึกษาพบว่าค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุดของ Vortex Generator ที่ติดครีบรูป 3 เหลี่ยม 2 แถว มีค่าถึง 1.49

Gururatana and Skullong [4] ได้สร้าง Vortex Generator ที่ติดครีบรูปทรงที่พัฒนาจากปีกเครื่องบินชนิด NACA0024 เพื่อใช้ลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นภายในระบบท่อแต่ผลที่ได้นั้นค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนยังไม่ดีเท่าที่ควร โดยพบว่ามีค่าสูงสุดเพียง 1.45 จากการศึกษาข้างต้นพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ได้ใช้แผ่นอลูมิเนียมหรือโลหะมาสร้าง Vortex Generator Gururatana and Skullong [5] ได้เริ่มนำการพิมพ์ 3 มิติ มาสร้างครีบระบายความร้อนโดนสำหรับทำการทดลอง โดยได้นำเสนอครีบรูปทรงคลื่น (Wavy Fin) มาช่วยเพิ่การถ่ายเทความร้อนพบว่าค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุดนั้นมีค่า 1.51 จากนั้น Gururatana et al. [6] ได้นำเทคนิคการใช้การพิมพ์ 3 มิติ มาผนวกกับครีบรูปทรงปีกเครื่องบิน โดยสร้างเป็น Improved NACA0024 vortex generator มาเพิ่มการถ่ายโอนความร้อนในท่อตรงและสามารถให้ผลการศึกษาที่น่าพอใจพบว่าค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูงสุดมีค่า 1.62

จากการตรวจเอกสารแล้วยังพบว่างานวิจัยของ Gururatana et al. [6] ยังสามารถนำมาปรับปรุงต่อได้ โดยทำการกลับทิศของ Improved NACA0024 vortex generator หรือ Forward Improved NACA0024 vortex generator โดนงานวิจัยนี้ทำการศึกษา vortex generator ชนิด Backward improved NACA0024 vortex generator ซึ่งต่อไปนี้จะถูกเรียกว่า BINVG โดย BINVG จะถูกประเมินตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่สำคัญดังนี้ คือ มุมของ BINVG (θ) จำนวน 3 ค่าได้แก่ 60^0, 90^0 และ 120^0 ตามลำดับ และ ค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดของ BINVG (P/L) จำนวน 5 ค่าดังนี้ 3, 4, 5, 6 และ 7 ในการทดลองนี้ได้กำหนดค่าความเร็วต่างๆกัน โดยได้เลขเรย์โนลด์อยู่ระหว่า 3,923 ถึง 19,617

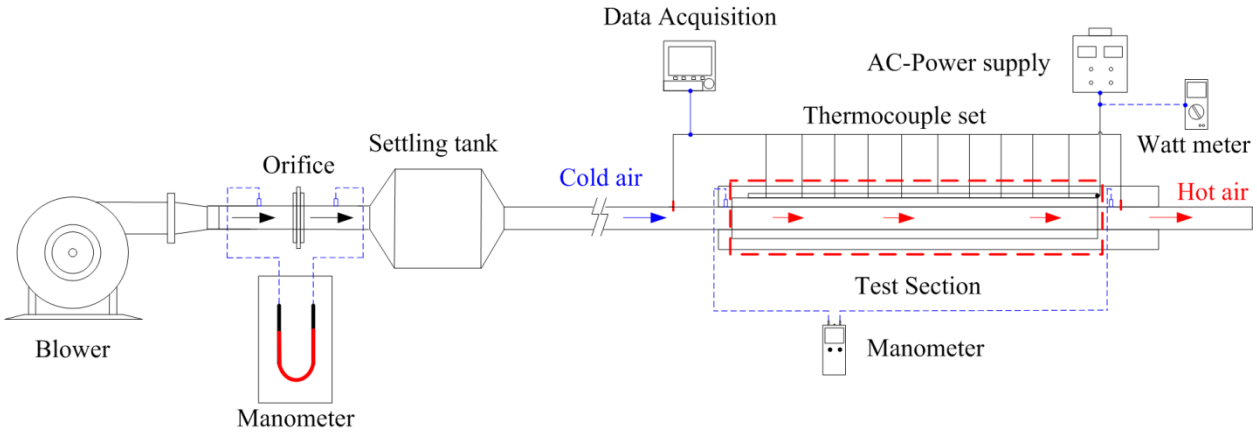
2. วิธีการทดลอง

สำหรับ Backward improved NACA0024 vortex generator หรือ BINVG นั้นถูกแสดงในภาพที่ 1 โดยทำการติดตั้ง BINVG ด้านบนแผ่นอะลูมิเนียมบาง และมีขนาดความยาว × กว้าง × หนา ตามลำดับดังนี้ 1000.0 × 40.0 × 0.5 mm. ต่อมาในขั้นตอนการสร้าง BINVG นั้นงานวิจัยนี้เลือกเครื่องพิมพ์สามมิติ รุ่น XYZ 3D Printer Da Vinci Minimaker เพื่อพิมพ์ BINVG และเลือกวัสดุของ BINVG เป็น Polylactic Acid หรือ PLA จากการใช้งานพบว่าเครื่องพิมพ์สามมิติสามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ยังพบว่าใช้เวลาในการพิมพ์แต่ละส่วนเพียง 5 นาทีเท่านั้น จึงมีความสะดวกและรวดเร็วในการทำทดลองอย่างยิ่ง



ภาพที่ 1 รายละเอียด Backward improved NACA0024 vortex generator (BINVG)

ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์การทดลองรวมถึงเครื่องมือต่างๆ และการตั้งค่าการทดลองจะประกอบด้วยพัดลมชนิดแรงเหวี่ยง (Centrifugal blower) เพื่อส่งอากาศที่ 298 K เข้าส่งชุดการทดลอง โดยพัดลมจะมีอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ควบคุมเพื่อส่งอากาศที่ความเร็วต่างๆ สำหรับอากาศที่ออกมาจากพัดลมนั้นมีเลขเรย์โนลด์อยู่ระหว่า 3,923 ถึง 19,617 หลังจากนั้นอากาศที่ออกจากพัดลมจะเข้าสู่แผ่นออริฟิส (Orifice plate) เป็นอุปกรณ์ใช้วัดการไหล (flow measurement) ของอากาศ จากนั้นการติดตั้งมาโนมิเตอร์ (Manometer) สำหรับวัดความดันตกคร่อมแผ่นออริฟิสก่อนที่อากาศจะไหลไปส่วนถัดไป ถัดมาอากาศจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน (Settling tank) เพื่อจัดระเบียบของอากาศให้มีการไหลวนน้อยที่สุด เมื่ออากาศไหลออกมาจากถังตกตะกอนแล้วจะเข้าสู่ท่อตรงยาวที่มีความยาวเพียงพอที่จะทำให้อากาศมีการไหลแบบพัฒนาเต็มรูป (Fully developed flow) และอากาศก็ไหลเข้าส่วนทดสอบ (Test Section) ส่วนทดสอบนั้นเป็นส่วนที่มีการติดตั้ง BINVG เพื่อหาประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทาน ส่วนทดสอบมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังนี้ ลวดทองแดงที่ต่อกับอุปกรณ์จ่ายไฟกระแสสลับ (AC power supply) โดยลวดทองแดงได้ถูกพันโดยรอบส่วนทดสอบจากนั้นจะถูกจ่ายกระแสไฟฟ้าในการสร้างฟลักส์ความร้อนคงที่บนผิวของส่วนทดสอบ ต่อมาได้มีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด T (T-type thermocouple) จำนวน 16 ตัว ไว้บนผิวของส่วนทดสอบเพื่อทำการเก็บค่าอุณหภูมิที่ผิวส่วนทดสอบผ่านเครื่องบันทึกข้อมูลหลายช่องสัญญาณ (Multichannel data acquisition system, mDAS) สำหรับการทดลองนั้นการเก็บค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องเช่น อุณหภูมิที่ผิวส่วนทดสอบ หรือความเร็วของอากาศ จะมีการเก็บค่าเมื่อการไหลภายในชุดการทดลองนั้นอยู่ในสภาวะคงตัวแล้ว (Steady flow) นอกจากนี้ตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1



ภาพที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

ตารางที่ 1 รายละเอียดตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	ค่า
เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนทดสอบ (D)	50.2 mm
ความยาวส่วนทดสอบ (L_{TS})	1,200 mm
ความกว้างแผ่นอะลูมิเนียม (TW)	40 mm
ความยาวแผ่นอะลูมิเนียม (TL)	1,000 mm
ความหนาแผ่นอะลูมิเนียม	0.5 mm
เทอร์โมคัปเปิล	T-type
จำนวนเทอร์โมคัปเปิล	16
อุณหภูมิอากาศทางเข้าพัดลม	298 K
ทิศทางการไหลของอากาศ	ทิศทาง + x
วัสดุของ BINVG	Polylactic Acid (PLA)
ความหนาของ BINVG	1 mm
เส้นคอร์ดของ BINVG (L)	20 mm
มุมของ BINVG (θ)	60^0, 90^0 และ 120^0
อัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ด (P/L)	3, 4, 5, 6 และ 7

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการประเมินคุณลักษณะทางความร้อนและการไหลของอากาศภายในท่อทดสอบที่มี BINVG ที่ถูกจัดเรียงในรูปแบบต่างนั้น ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นถูกรวบรวมโดยเครื่องบันทึกข้อมูลหลายช่องสัญญาณหลังจากที่การไหลอยู่สถานะคงตัวแล้ว สำหรับข้อมูลที่ได้นั้นจะนำมาคำนวณเพื่อหาเลขนัสเซลต์ (Nusselt number, Nu) และตัวประกอบความเสียดทาน (Friction factor, f) การคำนวณเลขนัสเซลต์ และตัวประกอบความเสียดทาน สามารถหาได้ดังนี้ จากการวิเคราะห์กลไกการถ่ายเทความร้อนพบว่าการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนจากพื้นผิวส่วนทดสอบ ( ) เท่ากับความร้อนที่อากาศ ( ) ได้รับซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$Q_{conv} = Q_{air} \quad (1)$$

เมื่อ

$$Q_{conv} = \bar{h}A_{ts}(\overline{T_w} - \overline{T_b}) \quad (2)$$

$$Q_{air} = \dot{m}C_p(T_{out} - T_{in}) \quad (3)$$

$$\overline{T_b} = (T_{out} + T_{in})/2 \quad (4)$$

โดย $\bar{h}$ คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย และ A_{ts} คือพื้นที่ของส่วนทดสอบ ถัดมา $\overline{T_w}$ และ $\overline{T_b}$ คืออุณหภูมิเฉลี่ยที่ผนังส่วนทดสอบและอุณหภูมิบัลค์ของอากาศ ต่อมา T_{in} และ T_{out} คืออุณหภูมิของอากาศก่อนและหลังส่วนทดสอบตามลำดับ $\dot{m}$ และ C_p คืออัตราการไหลของอากาศและค่าความร้อนจำเพาะ จากนั้นตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องสามารถคำนวณได้ด้วยสมการดังนี้

$$\bar{h} = \frac{Q_{air}}{A_{ts}(\overline{T_w} - \overline{T_b})} \quad (5)$$

$$\dot{m} = \rho A_t U \quad (6)$$

$$\overline{T_w} = \frac{1}{16}\left(\sum_{i=1}^{16} T_{w,i}\right) \quad (7)$$

เมื่อ $T_{w,i}$ คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดโดยเทอร์โมคัปเปิล และ A_t คือพื้นที่หน้าตัดของส่วนทดสอบ จากนั้นเลขนัสเซลต์สามารถหาได้ดังนี้

$$Nu = hD/k \quad (8)$$

โดย k คือ ค่าการนำความร้อน และ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางส่วนทดสอบ จากนั้นเลขเรย์โนลด์และตัวประกอบความเสียดทานสามารถคำนวณต่อได้ดังนี้

$$Re = UD/\nu \quad (9)$$

เมื่อ U คือความเร็วเฉลี่ยทางเข้าของอากาศ และ ν คือ ความหนืดจลนศาสตร์

$$f = \left[(\Delta P/L)D\right]/\left(\frac{1}{2}\rho U^2\right) \quad (10)$$

โดย ΔP คือค่าความดันตกคร่อมส่วนทดสอบ ρ คือความหน้าแน่นของอากาศ และ L คือความยาวส่วนทดสอบ

ในการประเมินความสามารถในการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนนั้น งานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer enhancement performance, HTEP) ของ Promvonge et al. [7] ในการเปรียบเทียบสมรรถนะของ BINVG ในลักษณะต่างๆ โดยค่า HTEP สามารถเขียนได้ดังนี้

$$HTEP = \left(\frac{Nu}{Nu_0}\right)/\left(\frac{f}{f_0}\right)^{0.8/2.75} \quad (11)$$

เมื่อ Nu_0 และ f_0 คือ เลขเรย์โนลด์และตัวประกอบความเสียดทานของท่อผนังเรียบตามลำดับ ส่วน Nu และ f เลขเรย์โนลด์และตัวประกอบความเสียดทานของส่วนทดสอบที่มีการติดตั้ง BINVG

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการทวนสอบกรณีท่อผนังเรียบ

สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้มีการทวนสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทดลอง โดยทำการทดสอบการไหลแบบปั่นป่วนที่มีการถ่ายเทความร้อนในท่อหน้าตัดวงกลมผิวเรียบไม่มีการติดตั้ง Vortex Generator โดยเลขนัสเซลต์ที่ได้จาก

การทดลองนั้นได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับสมการสหสัมพันธ์ของ Dittus and Boelter [8] , Gnielinski [9] และ Sleicher and Rouse [10] ตามลำดับ โดยสมการทั้ง 3 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4} \quad (12)$$

$$Nu = \frac{(f/8)(Re-1000)Pr}{1+12.7(f/8)^{1/2}\left(Pr^{2/3}-1\right)}, 3x10^{3} < Re < 5x10^{5} \quad (13)$$

$$Nu = 5 + 0.015Re^{a}Pr^{b}, a = 0.88 - 0.24/(4+Pr), b = 1/3 + 0.5e^{-0.6Pr} \quad (14)$$

ในส่วนตัวประกอบความเสียดทานที่ได้จากการทดลองนั้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสมการสหสัมพันธ์ของ Blasius [11], Petukhov [12] และ He et al. [13] โดยสมการทั้ง 3 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$f = 0.316\,Re^{-0.25} \quad (15)$$

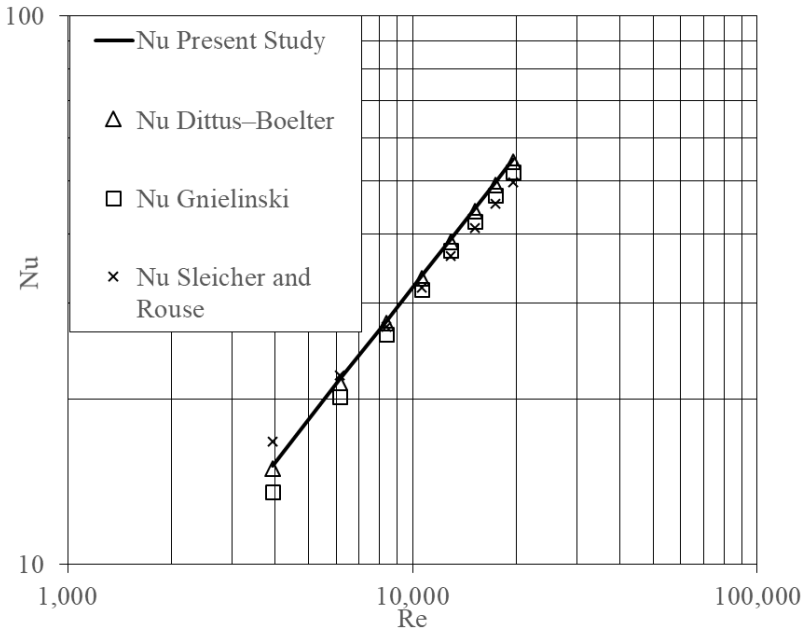
$$f = (0.79\ln Re - 1.64)^{-2} \quad (16)$$

$$f = 0.246Re^{-0.221} \quad (17)$$

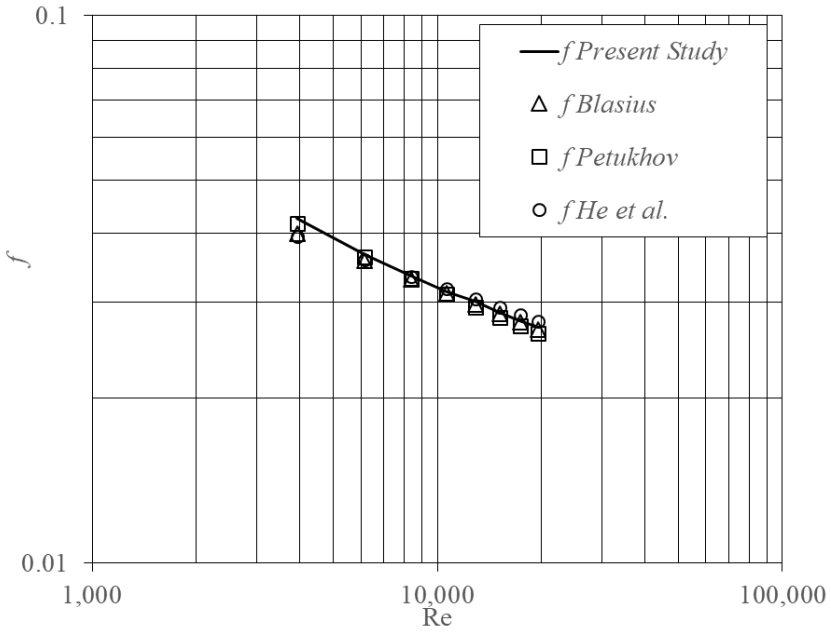
ผลการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อทวนสอบผลการทดลองการไหลแบบปั่นป่วนที่มีการถ่ายเทความร้อนในท่อหน้าตัดวงกลมผิวเรียบนี้ ได้ถูกทำในช่วงเวลาเดียวกับการทวนสอบในบทความ Gururatana et al. [6] ผลถูกแสดงในภาพที่ 3 และ 4 พบว่าผลที่ได้ไม่แตกต่างกับ Gururatana et al. [6] โดยเลขนัสเซลต์และตัวประกอบความเสียดทานที่ได้จากการทดลองมีค่าแตกต่างจากสมการสหสัมพันธ์โดยร่วมต่ำกว่าร้อยละ 10 และ 6 ตามลำดับ เห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแม่นยำเพียงพอ นอกจากนี้ผลการทดลองที่ได้ยังสามารถสร้างสมการสหสัมพันธ์ของเลขนัสเซลต์และตัวประกอบความเสียดทาน ดังนี้

$$Nu = 0.0229Re^{0.7994}Pr^{1/3} \quad (18)$$

$$f = 0.4338Re^{-0.282} \quad (19)$$



ภาพที่ 3 แสดงค่าเลขนัสเซลต์ และ เลขเรย์โนลด์ สำหรับท่อหน้าตัดวงกลมผิวเรียบ



ภาพที่ 4 แสดงค่าตัวประกอบความเสียดทาน และ เลขเรย์โนลด์ สำหรับท่อหน้าตัดวงกลมผิวเรียบ

4.2 ผลการศึกษาการไหลภายในท่อที่ติดตั้ง Backward Improved NACA0024 Vortex Generator (BINVG)

ผลการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและการไหลของอากาศภายในท่อทดสอบที่มี BINVG นั้น ได้ทำการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ อัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ด (P/L) จำนวน 5 ค่า, ค่ามุมของ BINVG (θ) จำนวน 3 ค่า และเลขเรย์โนลด์จำนวน 7 ค่า โดยการศึกษาในส่วนของความสามารถในการพาความร้อนนั้นการถูกแสดงในรูปแบบของค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลต์ Nu/Nu_0 ดังภาพที่ 5 ผลการศึกษาเห็นได้ว่าเมื่อเลขเรย์โนลด์สูงขึ้น Nu/Nu_0 จะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยที่เรย์โนลด์เท่ากับ 8,407 จะให้ค่า Nu/Nu_0 ที่ดีที่สุดในทุกๆอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดและมุมของ BINVG จากนั้นในส่วนอิทธิพลของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดนั้นพบว่าเมื่อค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดมีค่าสูงขึ้น Nu/Nu_0 โดยค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดเท่ากับ 3 จะให้ค่า Nu/Nu_0 สูงที่สุด เนื่องจากการที่ค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดน้อยนั้น จำนวนของ BINVG ที่ติดตั้งจะมีจำนวนมากส่งผลให้เกิดการไหลวนในแนวยาว (Longitudinal Vortex) ภายได้มากกว่าแบบที่ค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดมาก

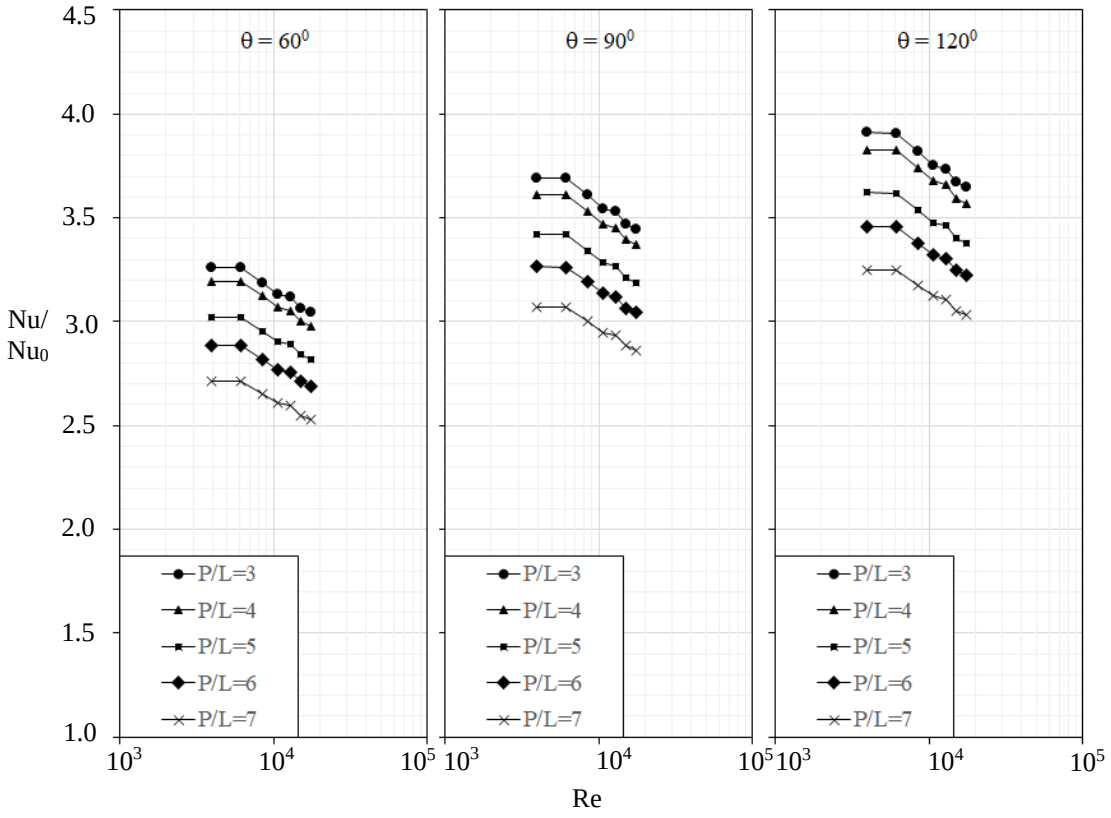
สำหรับมุมของ BINVG นั้นพบว่าเมื่อ มุมของ BINVG มีขนาดใหญ่ขึ้นค่า Nu/Nu_0 ก็มีค่าสูงขึ้นตามโดยมุมของ BINVG เท่ากับ 120^0 มีค่า Nu/Nu_0 สูงที่สุด เนื่องจากมุมของ BINVG ที่กว้างขึ้นนั้น เกิดการกีดขวางการไหลมากขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้ทำให้การไหลวนภายในมีขนาดใหญ่มากขึ้น อันจะทำให้การพาความร้อนที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูงขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาแล้วเห็นได้ว่าการไหลวนที่เกิดขึ้นภายในท่อนั้นส่งผลโดยตรงต่อการพาความร้อน และเมื่อปริมาณของการไหลวนที่มากขึ้นจากจำนวนของ BINVG และขนาดของการไหลวนที่ใหญ่มากขึ้นจากมุมของ BINVG มีอิทธิพลโดยตรงต่อการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนภายในท่อหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ถัดมาเมื่อพิจารณาการไหลภายในท่อตรงเมื่อมีสิ่งกีดขวางไม่ว่าจะเป็น ครีบระบายความร้อน หรือ จะส่งผลให้เกิดความเสียทานภายในระบบท่อมากขึ้นตามไปด้วย ในงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนตัวประกอบความเสียดทาน (Friction factor ratio, f/f_0) มาให้ในการพิจารณาอิทธิพลของความเสียดทานภายในท่อ ผลการศึกษา f/f_0 ถูกแสดงในภาพที่ 6 เห็นได้ว่า f/f_0 เมื่อเลขเรย์โนลด์สูงขึ้น f/f_0 มีค่าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วและ การเพิ่มขึ้นของค่า f/f_0 นั้นไม่เป็นฟังชั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับเลขเรย์

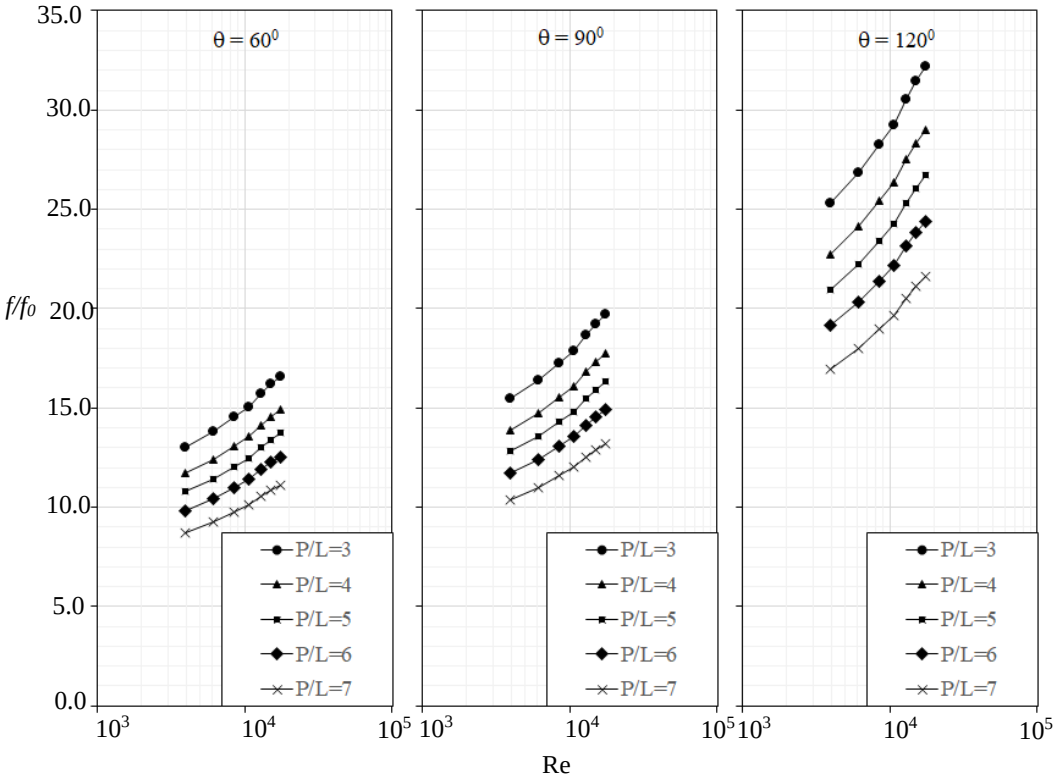
โนลด์ ต่อมาเมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ด และ มุมของ BINVG นั้น f/f_0 ลักษณะแนวโน้มของกราฟมีความสอดคล้องกับค่า Nu/Nu_0 โดย f/f_0 มีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดมีค่าต่ำลง และ มุมของ BINVG มีค่าสูงขึ้น

จากผลการศึกษาที่ได้พบว่าเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ในเวลาเดียวกันความเสียดทานในระบบก็มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากเช่นกัน ดังนั้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนภายในระบบท่อจึงได้ใช้ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (HTEP) มาพิจารณาดังภาพที่ 7 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เมื่อเลขเรย์โนลด์และค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดเพิ่มมากขึ้น HTEP มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่มุมของ BINVG เท่ากับ 90^0 นั้นค่า HTEP นั้นสูงกว่ามุมอื่นๆ สำหรับค่า HTEP ของ BINVG ที่สูงที่สุดพบว่ามีค่า 1.68 ที่เลขเรย์โนลด์เท่ากับ 3,923, ค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดเท่ากับ 4 และ มุมของ BINVG เท่ากับ 90^0

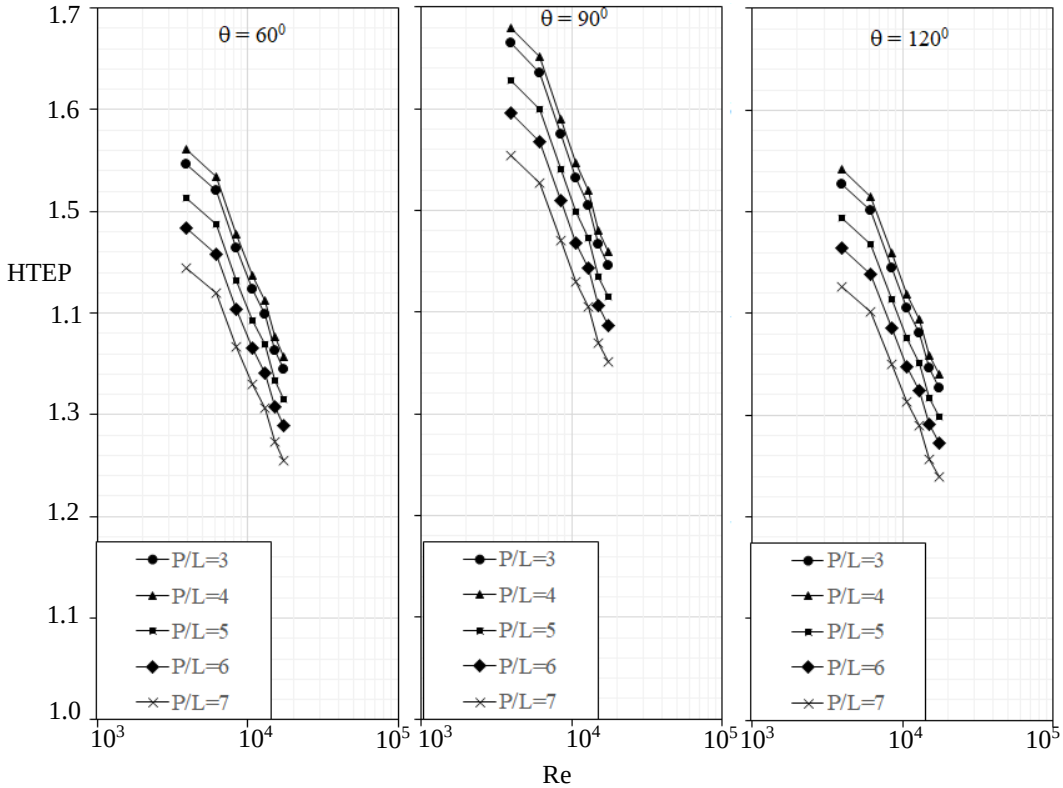


ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต์ และ เลขเรย์โนลด์ สำหรับ BINVG

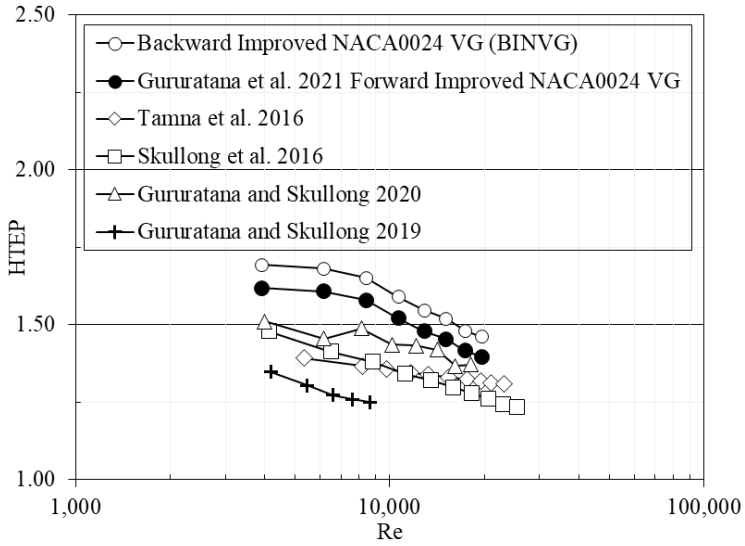
ในการพิจารณา HTEP ได้มีการเปรียบเทียบกับครีบระบายความร้อน หรือ อินเสิร์ท กับงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องถูกแสดงในภาพที่ 8 พบว่าลักษณะแนวโน้มของ HTEP ในงานวิจัยต่างๆค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยเมื่อเลขเรย์โนลด์มีค่าเพิ่มขึ้น HTEP มีแน้วโน้มที่จะลดต่ำลงในทุกๆกรณีศึกษา ในส่วนของ BINVG งานวิจัยนี้ที่ได้ทำการปรับปรุงมาจาก Gururatana et al. [6] สามาถสังเกตได้ว่า BINVG นั้นให้ค่าที่ดีกว่า Forward Improved NACA0024 vortex generator ของ Gururatana et al. [6] ในทุกๆเลขเรย์โนลด์อย่างชัดเจน สุดท้ายจากผลการศึกษาที่แสดงมาด้านบน BINVG สามารถพิสูจน์ให้เห็นได้ว่าประสิทธิภาพและออกแบบมาอย่างดีสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบความเสียดทาน และ เลขเรย์โนลด์ สำหรับ BINVG



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน และ เลขเรย์โนลด์ สำหรับ BINVG



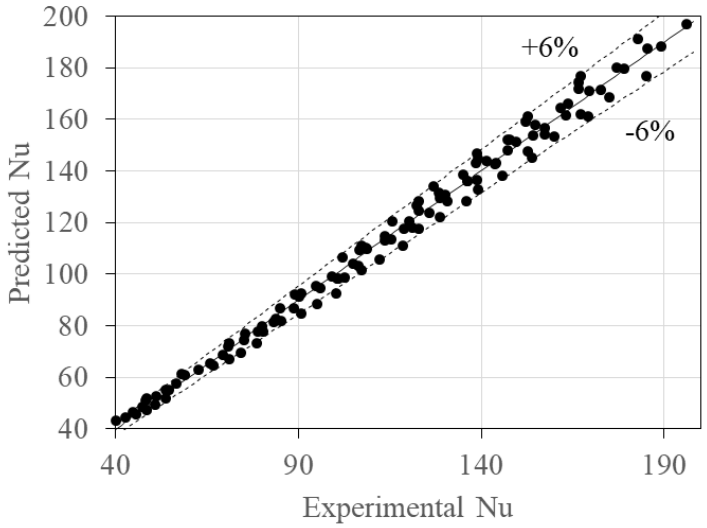
ภาพที่ 8 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

จากผลการทดลองที่ได้ของ BINVG ในส่วนข้อมูลของ Nu, f และ HTEP พบว่ามีความสัมพันธ์กับเลขเรย์โนลด์, ค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ด และ มุมของ BINVG งานวิจัยนี้จึงได้สร้างสมการสหสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ 20, 21 และ 22 ในส่วนกราฟแสดงค่าที่ได้จากสมการสหสัมพันธ์และค่าที่ได้จากการทดลองถูกแสดงไว้ในภาพที่ 9, 10 และ 11 โดยพบว่าค่าความเบี่ยงเบนของค่าที่ได้จากสมการสหสัมพันธ์และค่าที่ได้จากการทดลองของ Nu, f และ HTEP มีค่า ±6%, ±6% และ ±9% ตามลำดับ โดยค่าสมการสหสัมพันธ์มีความแตกต่างจาก Gururatana et al. [6] ที่นำเสนอ Forward Improved NACA0024 vortex generator

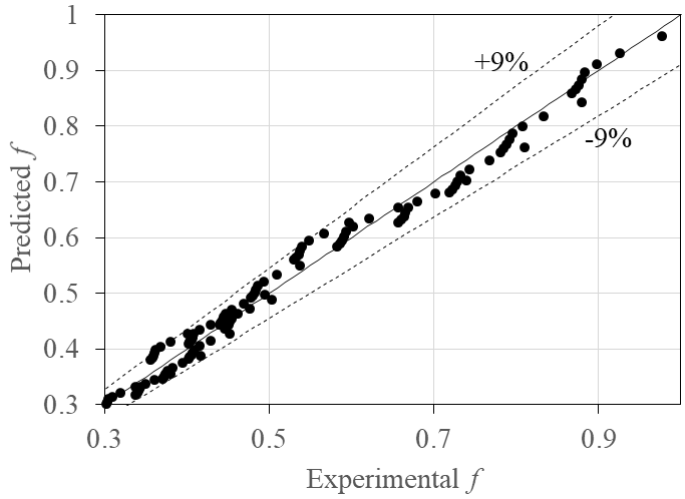
$$Nu = 0.1151Re^{0.7618}(P/L)^{-0.217}\cos(\theta/2)^{-0.311} \quad (20)$$

$$f = 1.2Re^{-0.07}(P/L)^{-0.453}\cos(\theta/2)^{-0.1233} \quad (21)$$

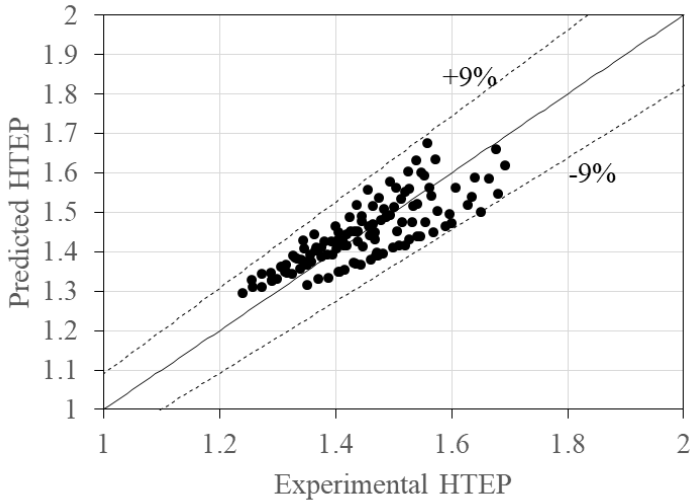
$$HTEP = 4.2024Re^{-0.099}(P/L)^{-0.0855}\cos(\theta/2)^{0.0476} \quad (22)$$



ภาพที่ 9 ค่าจากสมการสหสัมพันธ์ของ เลขนัสเซลต์



ภาพที่ 10 ค่าจากสมการสหสัมพันธ์ของตัวประกอบความเสียดทาน



ภาพที่ 11 ค่าจากสมการสหสัมพันธ์ของค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและความเสียดทานในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนด้วย Backward Improved NACA0024 Vortex Generator สามารถสรุปได้ดังนี้

1. Backward Improved NACA0024 Vortex Generator (BINVG) ให้ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลต์ (Nu/Nu_0) ที่สูงที่สุดเท่ากับ 3.69 ที่เลขเรย์โนล์ 6,165 โดยมีค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดเท่ากับ 3 และมุมของ BINVG เท่ากับ 120^0
2. ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (HTEP) ของ BINVG พบว่ามีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.68 ที่เลขเรย์โนลด์เท่ากับ 3,923, ค่าอัตราส่วนของพิทช์ต่อเส้นคอร์ดเท่ากับ 4 และ มุมของ BINVG เท่ากับ 90^0
3. ค่าจากสมการสหสัมพันธ์ของ Nu, f และ HTEP ของ BINVG พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้จากการทดลองอยู่ในช่วง ±6%, ±9% และ ±9%

4. จากการสร้าง BINVG โดยใช้การพิมพ์ 3 มิติ พบว่าสามารถประหยัดเวลาการสร้างได้มากกว่าเมื่อเทียบกับอลูมิเนียม ชิ้นได้ที่ทำการทดลองมีความแข็งแรงเพียงพอและไม่เกิดความเสียหายจากความร้อนระหว่างการทดลอง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้จากการสนับสนุนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

7. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Promvonge, Thermal enhancement in a round tube with snail entry and coiled-wire inserts, Thermal enhancement in a round tube with snail entry and coiled-wire inserts. *International Communications in Heat and Mass Transfer.* 35.5(2008):623-629.

[2] S. Tamna, Y. Kaewkohkiat, S. Skullong, and P. Promvonge, Heat transfer enhancement in tubular heat exchanger with double V-ribbed twisted-tapes. *Case studies in thermal engineering*. 7(2016)14-24.

[3] S. Skullong, P. Promvonge, N. Jayranaiwachira, and C. Thianpong, Experimental and numerical heat transfer investigation in a tubular heat exchanger with delta-wing tape inserts. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification.* 109(2016)164-177.

[4] S. Gururatana, S. Skullong, Experimental investigation of heat transfer in a tube heat exchanger with airfoil-shaped insert. *Case Studies in Thermal Engineering*. 14(2019)100462.

[5] S. Gururatana, S. Skullong, Heat transfer augmentation in a pipe with 3D printed wavy insert. *Case Studies in Thermal Engineering*. 21(2020)100698.

[6] S. Gururatana, R. Prapainop, S. Chuepeng, S. Skullong, Development of heat transfer performance in tubular heat exchanger with improved NACA0024 vortex generator. *Case Studies in Thermal Engineering*. 26(2021)101166.

[7] P. Promvonge, P. Promthaisong, S. Skullong, Experimental and numerical heat transfer study of turbulent tube flow through discrete V-winglets. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 151(2020)119351.

[8] F. W. Dittus, L. M. K. Boelter, Heat transfer in automobile radiators of the tubular type. *International communications in heat and mass transfer*. 12.1(1985)3-22.S

[9] V. Gnielinski, New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow. *Int. Chem. Eng.* 16.2(1976)359-368.

[10] C. A. Sleicher, M. W. Rouse, A convenient correlation for heat transfer to constant and variable property fluids in turbulent pipe flow. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 18.5(1975)677-683.

[11] H. Blasius, Das aehnlichkeitsgesetz bei reibungsvorgängen in flüssigkeiten, Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Springer, Berlin, Heidelberg, 1913

[12] B. S. Petukhov, Heat transfer and friction in turbulent pipe flow with variable physical properties. *Advances in heat transfer*. 6(1970)503–564.

[13] Y. He, L. Liu, P. Li, and L. Ma, Experimental study on heat transfer enhancement characteristics of tube with cross hollow twisted tape inserts. *Applied Thermal Engineering.* 131(2018)743-749.

การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพของฟิล์มบางทองคำเนื่องจากการอาเนียล

The effect of annealing to the physical properties of gold thin film

ภูมิรัตน์ นวรัตน์

สาขาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
Email: poomirat.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลของการ anneal ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของตัวอย่างฟิล์มทองคำที่ผ่านการ anneal ที่ 300 ^{o}C และ 700 ^{o}C ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพผ่านกระบวนการร่วมกันเป็นหยดในสถานะของแข็ง (Solid State Dewetting) ของฟิล์มทองคำ ซึ่งสามารถสรุปได้จากผลการทดสอบตัวอย่างฟิล์มทองคำด้วยภาพถ่ายกล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และผลการวิเคราะห์ธาตุและองค์ประกอบด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) โดยกระบวนการรวมกันเป็นหยดจะเกิดมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดขึ้นในตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแก้วมากกว่าฟิล์มทองคำบนซิลิกอน จากการทดสอบโครงสร้างทางผลึกของตัวอย่างฟิล์มทองคำด้วยการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่าโครงสร้างทองคำ ชนิด Au(111) Au(200) และ Au(220) ในตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแก้วสไลด์ และ โครงสร้างทองคำ ชนิด Au(111) ในตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน เมื่อทำการ anneal ตัวอย่างฟิล์มทองคำมีการ เพิ่มขึ้นของปริมาณและความเป็นความเป็นผลึกเดี่ยวของทองคำ Au(111) ตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการอบจาก 300 ^{o}C-700 ^{o}C ในตัวอย่างฟิล์มทองคำบนซิลิกอนพบลดลงของปริมาณและความเป็นความเป็นผลึกเดี่ยวของทองคำ Au(111) ที่อุณหภูมิการอบ 300 ^{o}C และพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณและความเป็นความเป็นผลึกเชิงเดี่ยวของทองคำ Au(111) ที่อุณหภูมิการอบ 700 ^{o}C

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของฟิล์มเกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของทองคำในระดับอะตอม โดยกระบวนการรวมกันเป็นหยดที่สถานะของแข็งมีแนวโน้มเกิดจากการรับความร้อนจากการอบ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางผลึกมีแนวโน้มเกิดจากการตกผลึกของทองคำในระหว่างการเย็นตัวของตัวอย่างฟิล์มทองคำ และปัจจัยเพิ่มเติมที่อาจส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอะตอมทองคำ คือ อัตรกิริยาระหว่างฟิล์มทองคำและวัสดุฐาน

คำสำคัญ: การรวมกันเป็นหยดที่สถานะของแข็ง การอาเนียล ฟิล์มทองคำ

Abstract

In this study, the physical changes were observed in both Au/glass and Au/Si film under the film annealing at 300 ^{o}C and 700 ^{o}C. The visual inspection via cell phone camera, the micrograph via Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) revealed the morphological changes with respect the annealing temperature in Au films due to solid state dewetting mechanism. The changes were more pronounce in Au/glass films than Au/Si films at the same annealing temperature. The X-ray diffraction measurement three phases of Au including Au(111), Au(200), and Au(220) in Au/glass films and one phase of Au(111) in Au/silicon films. The concentration and single crystallinity of Au(111) were

increased with respect to annealing temperature in Au/glass film. For Au/Si films, the concentration and single crystallinity of Au(111) were decreased at 300 ^{o}C and then were increased at 700 ^{o}C, respectively.

The physical changes of Au films are likely due to the movement of Au atoms via solid state dewetting and recrystallization. The heat intake from annealing process is likely induced the dewetting process by increasing the kinetic energy of Au atoms. While the recrystallization process is likely occur during the cooling period of the samples. Finally, another factor that can affects the physical changes of Au films is the interface interaction between Au films and substrates.

Keywords: solid state dewetting, annealing, gold film

1. บทนำ

ทองคำเป็นหนึ่งในโลหะมีค่า ที่อยู่คู่กับอารยธรรมของมนุษย์มานานและถูกประยุกต์ใช้ในหลากหลายรูปแบบ เช่น เครื่องประดับ หรือ ตัวกลางในการแลกเปลี่ยนสินค้า เป็นต้น เนื่องจากทองคำมีความเป็นมันวาวสวยงาม และยังมีความคงทนไม่เกิดสนิมได้ง่าย นอกจากนี้ทองคำยังมีความเป็นพิษต่อมนุษย์ต่ำจนสามารถนำมาประกอบอาหารเพื่อความสวยงานได้เช่นกัน นอกจากการใช้งานที่หลากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าทองคำยังมีความสำคัญใน อุตสาหกรรม อิเลกทรอนิกส์ อีกด้วย อันเนื่องมาจาก คุณสมบัติทางการนำไฟฟ้าที่ดี

เป็นที่ทราบกันดีว่า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิก เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้การพัมนาเทคโนโลยีและคุณภาพชีวิตของมนุษย์พัฒนาไปได้อย่างกล่าวกระโดด เหตุผลสำคัญหนึ่งคือ ความพยายามในการพัฒนาศักยภาพทางด้านอิเล็กทรอนิกอย่างต่อเนื่องภายใต้กฎของมัวร์ (Moore's law) ซึ่งนำไปสู่ความพยายามในการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกที่มีขนาดเล็กลงและมีประสิทธิภาพมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งการพัฒนานี้กำลังมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกในปัจจุบันเริ่มมีขนาดเล็กลงมาจนวัสดุเหล่านี้เริ่มได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ควอนตัม (quantum effect) ส่งผลให้องค์ความรู้ทางฟิสิกส์แบบดังเดิ่ม (classical physics) ที่เป็นพื้นฐานของการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในหลายกรณี ดังนั้นจึงมีนักวิจัยมากมายที่ทำพยายามทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการพัฒอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกในรูปแบบใหม่มากขึ้น หนึ่งในหัวข้อวิจัยที่สำคัญ คือ การทำความเข้าใจพฤติกรรมของทองคำ เพราะทองคำนับว่าเป็นหนึ่งในวัสดุสำคัญที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกปัจจุบัน และมีแนวโน้มว่าจะยังคงเป็นส่วนสำคัญของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกรูปแบบใหม่ในอนาคตเช่นกัน

เมื่อหยดของไหลลงบนพื้นผิว แล้วของไหลจะประพฤตตัวได้สองแบบ คือ หนึ่ง ทำให้พื้นผิวเปียก wetting หรือการที่ของไหลสามารถเขาไปครอบคลุ่มผิวได้อย่างเสถียรหรือ เป็นวงกว้าง หรือ สอง การที่ของไหลทำให้พื้นผิวไม่เปียก dewetting โดยการรวมตัวกันเป็นหยด (droplet) dewetting เป็นกลไกลการหดตัวของของไหล (fluid) จากการที่ของไหลครอบคลุ่มพื้นผิวที่ไม่เหมาะสมอย่างไม่เสถียร

สำหรับวัสดุประเภทฟิล์มบางส่วนมาก ไม่ว่าจะเป็นในสถานะ ของแข็ง ของเหลว หรือ ก๊าซ มักจะอยู่ในสถานะกึ่งเสถียร (Metastable) หรือ ไม่เสถียร ดังนั้นเป็นที่คาดได้ว่าฟิล์มบ้างเหล่านี้จะต้องสลายตัวในที่สุด คำถามที่สำคัญคือ ฟิล์มเหล่านี้จะสลายตัวอย่างไร สำหรับฟิล์มทองคำบนซิลิกอน Ernst และคณะ[1] ได้ เสนอว่า กระบวนการรวมตัวกันเป็นหยด (dewetting) คือ หนึ่งในกระบวนการที่ทำให้ฟิล์มทองคำสลายตัวจากฟิล์มต่อเนื่องได้ โดย กระบวนรวมตัวกันเป็นหยด dewetting สามารถเกิดได้จากสองกลไกหลักๆ ได้แก่ การรวมตัวกันเป็นหยดจากการเหนี่ยวนำ (induced dewetting) หรือ การรวมตัวเป็นหยดแบบสันหลัง (spinodal dewetting)

การรวมตัวกันเป็นหยดจากการเหนี่ยวนำ (induced dewetting) เป็นกระบวนการง่ายๆที่ชั้นของวัสดุประเภทฟิล์มถูกก่อก่วนให้เกิดรู โดยรูเหล่านี้อาจเกิดจากการกระทบทางกายภาพ หรือ ความไม่แน่นอนทางสถิติ จากนั้นวัสดุในฟิล์มบางจึง

เริ่มหดตัวจากรูเหล่านี้ โดยเริ่มรวมกันที่ขอบของรู้และผลักขอบออกไปทำให้รูขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ จนสุดท้ายวัสดุเหล่านี้จากหลายๆรูจะมาร่วมกันเป็นหยดในที่สุด

การรวมตัวเป็นหยดแบบสันหลัง (spinodal dewetting) เป็นกระบวนการที่เกิดจาก ความผันผวนของความหนาของฟิล์ม ซึ่งนำไปสู่การก่อตัวของ รู และ หยด บนฟิล์มในวงกว้างอย่างพร้อมเพียงกัน โดยกลไกการรวมตัวเป็นหยดแบบสันหลัง มีสี่ขั้นตอนได้แก่ สถานะเริ่มต้นเป็นแผ่น สถานะที่หนึ่ง สถานะที่สอง และ สถานะเป็นหยด ในสถานะเริ่มต้น ฟิล์มมีการกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกันบนวัสดุฐานโดยไม่ถูกรบกวน ใน สถานะที่หนึ่ง แผ่นฟิล์มเริ่มได้รับความร้อนทำให้วัสดุฟิล์มเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนี่ยน (Brownian motion) มากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การกระจ่ายตัวของสารในรูปแบบคลื่นในมิติของตำแหน่ง โดยในสถานะที่หนึ่ง รูปแบบคลื่นนี้จะมีความเสถียรและจะหมดความเสถียรไปเมื่อเข้าสู่สถานะที่สอง ในสถานะการเคลื่อนที่แบบบราวเนี่ยนจะเกิดขึ้นอย่างเข้มข้นขึ้น ซึ่งนำไปสู่ส่วนที่บ้างของฟิล์มจากสถานะที่สอง เริ่มไปสัมผัสกับวัสดุฐานจนเกิดเป็นรูบนฟิล์ม ซึ่งรูเหล่านี้จะขยายขนาดด้วยกลไกแบบเดียวกับการรวมตัวเป็นหยดจากการเหนี่ยวนำ ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างกลไกทั้งสอง คือการเกิดรูในการรวมตัวเป็นหยดแบบสันหลังนี้ รูจะไม่ได้เกิดแบบซุ่มแต่เกิดแบบเป็นระบบขึ้นอยู่การกระจุกตัวของสารจากการเหนี่ยวนำความร้อน (heat-induced warping) เสริมด้วยศักย์ยังผลระหว่างผิวสัมผัส (effective interfacial potential)

ในการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการรวมกันเป็นหยดของฟิล์มทองคำบนแก้วอันเนื่องจากความร้อนของ Tesler และคณะ[2] พบว่าการรวมกันเป็นหยดของฟิล์มทองนอกจากจะเปลี่ยนรูปทรงของฟิล์มทองแล้วยังมีผลต่อการเปลี่ยนโครงสร้างทางผลึกของทองคำด้วย ในการศึกษานี้ พบว่าในตัวอย่างฟิล์มทองคำที่ไม่ผ่านการอบจะมีการพบทองคำในรูปแบบผลึกทั่วไปเหมือนกับ ตัวอย่างมาตรฐานทองคำ แต่เมื่อตัวอย่างฟิล์มทองคำผ่านการอบแล้วพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของผลึกทองคำ (111) อย่างมีนัยสำคัญและส่งผลให้ปริมาณผลึกทองคำในรูปแบบอื่นลดลงไปด้วย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง

แผ่นกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอน ถูกทำความสะอาดโดยการล้างด้วย แอกซิโตน เมทานอล และน้ำดีไอ จากนั้นถูกทำให้แห้งด้วยปืนลม เพื่อเป็นวัสดุฐานสำหรับการผลิตฟิล์มทองคำต่อไป วัสดุฐานถูกนำไปวางไว้ในฐานวางตัวอย่างของเครื่องเคลือบตัวอย่างด้วยฟิล์มบางแบบสปัตเตอร์ริ่ง (Cressington Scientific instrument รุ่น Cressington 108 auto) รอให้มีการใช้งานเครื่องเคลือบตัวอย่างด้วยฟิล์มบางแบบสปัตเตอร์ริ่ง กับตัวอย่างอื่นๆตามปกติจนกว่า ฟิล์มทองคำจะเคลือบเต็มวัสดุฐาน ได้ตัวอย่าง ฟิล์มทองคำบนแผ่นกระจกสไลด์และฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน

ทำการ annealing ฟิล์มทองคำทั้งสองประเภทที่สองค่าอุณหภูมิ ได้แก่ที่อุณภูมิ 300 ^{o}C หนึ่งชุดตัวอย่างและ 700 ^{o}C หนึ่งชุดตัวอย่างตามลำดับ ด้วยเตาอบ (Carbolite ELF 11/14B Economy Chamber Furnace) โดยเริ่มอบจากอุณหภูมิห้องไปสู่อุณหภูมิ 300 ^{o}C หรือ 700 ^{o}C ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 ^{o}C/min จากนั้นแช่ตัวอย่างไวที่อุณหภูมิ 300 ^{o}C หรือ 700 ^{o}C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้อุณภูมิลดลงกลับมาที่อุณหภูมิห้องภายในเตาโดยไม่เปิดฝาเตา

การทดสอบตัวอย่าง

การทดสอบตัวอย่างในงานวิจัยนี้ทำกับตัวอย่างทั้งหมดหกตัวอย่างแบ่งออกเป็นสองชุดตัวอย่าง ได้แก่ ชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนกระจกสไลด์ (ที่ไม่ผ่านการ annealing 1ชิ้น ต่อไปจะแทนด้วย Au/Glass-Control, anneal ที่อุณหภูมิ 300 ^{o}C 1ชิ้น ต่อไปจะแทนด้วย Au/Glass-300 ,และ anneal ที่อุณหภูมิ 700 ^{o}C 1ชิ้น ต่อไปจะแทนด้วย Au/Glass-700) และชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน(ที่ไม่ผ่านการ annealing 1ชิ้น ต่อไปจะแทนด้วย Au/Si-Control, anneal ที่อุณหภูมิ 300 ^{o}C 1ชิ้น ต่อไปจะแทนด้วย Au/Si-300 ,และ anneal ที่อุณหภูมิ 700 ^{o}C 1ชิ้น ต่อไปจะแทนด้วย Au/Si-700)

การทดสอบตัวอย่างประกอบด้วยการสังเกตุลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างด้วยตา การศึกษาพื้นผิวและวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน หรือ Energy dispersive x-ray spectrometer: EDS ของตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Thermo Scientific รุ่น Phenom Pro G6) ที่พลังงานของอิเล็กตรอนที่ 15 keV และกำลังขยาย 10,000 เท่า การทดสอบโครงสร้างทางผลึกของตัวอย่างด้วยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ หรือ X-ray diffraction (Bruker รุ่น D ADVANCE ECO)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการสังเกตุตัวอย่างฟิล์มทองคำด้วยตา

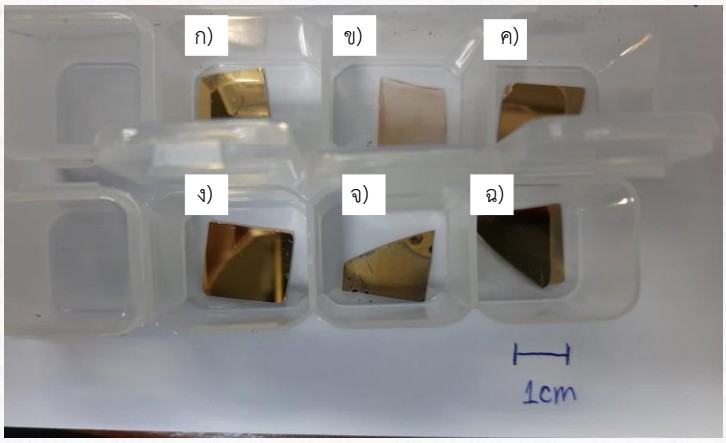
ชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์:

ตัวอย่าง Au/Glass-Control (ภาพที่ 1 ก) มีลักษณะเรียบมีความเป็นมันวาวมากที่สุดและสะท้อนแสงได้ดี มีสีเหลืองทอง ตัวอย่าง Au/Glass-300 (ภาพที่ 1 ค) มีความขุขระเพิ่มขึ้นทำให้ความมันวาวลดลง และสุดท้ายตัวอย่าง Au/Glass-00 (ภาพที่ 1 ข) มีลักษณะเป็นแก้วโปร่งแสงมีสีเหลืองเจืออยู่เล็กน้อย

ชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน:

ตัวอย่าง Au/Si-Control (ภาพที่ 1 ง) มีลักษณะเรียบมีความเป็นมันวาวมากที่สุดและสะท้อนแสงได้ดี มีสีเหลืองทอง ตัวอย่าง Au/ Si -300 (ภาพที่ 1 ฉ) มีลักษณะใกล้เคียงตัวอย่าง Au/Si-Control โดยมีความมันวาวน้อยกล่าเล็กน้อย และสุดท้ายตัวอย่าง Au/ Si -700 (ภาพที่ 1 จ) มีลักษณะขุขระมากมากที่สุดและมีความมันวาวน้อยที่สุด

จากการสังเกตุตัวอย่างทั้งสองชุด สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการ anneal ส่งผมต่อการเปลี่ยนแปลงตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแก้วสไลด์และบนแผ่นซิลิกอน โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างมากขึ้นในทั้งสองชุดตัวอย่าง แต่ในช่วง อุณหภูมิ 300-700 ^{o}C การเปลี่ยนแปลงของฟิล์มทองคำบนแก้วสไลด์จะชัดเจนกว่าฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน การเปลี่ยนแปลงนี้นับว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงในระดับมหภาค เพื่อทำการศึกษาถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการ anneal ต่อตัวอย่างฟิล์มทองคำในระดับจุลภาค ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบพื้นผิวของตัวอย่างทั้งสองชุดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายตัวอย่างฟิล์มทองคำด้วยกล้องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ยี่ห่อ Samsung Galaxy A50 ก) ตัวอย่าง Au/Glass-Control ข) ตัวอย่าง Au/Glass-700 ค) ตัวอย่าง Au/Glass-300 ง) ตัวอย่าง Au/Si-Control จ) ตัวอย่าง Au/Si-700 ฉ) ตัวอย่าง Au/Si-300

3.2 ผลการสังเกตุลักษณะตัวอย่างด้วยการสังเกตุด้วยตาและภาพถ่ายตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งกราด

ชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์:

จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ขนาด 25 μm x 25 μm พบว่า ตัวอย่าง Au/Glass-Control (ภาพที่ 2 ก) มีพื้นผิวเรียบที่สุด มีพื้นที่สีขาวครอบคลุมทั้งภาพ ตัวอย่าง Au/Glass-300 (ภาพที่ 2 ข) มีความขุขระเพิ่มขึ้น มีพืนที่สีดำปรากฏขึ้นมาเล็กน้อย สุดท้ายตัวอย่าง Au/Glass-00 (ภาพที่ 2 ค) มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สีดำอย่างมาก เหลือพื้นที่สี่ขาวเพียงประมาณหนึ่งในสี่ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อพิจารณาผลของการสังเกตุด้วยตาประกอบ สามารถคาดการได้ว่าพื้นที่สีขาวเป็นทองคำและพื้นที่สีดำคือบริเวณของวัสดุฐาน หรือแก้ว ทั้งผลจากการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน ที่จะนำเสนอในส่วนต่อไปสามารถยืนยันข้อสันนิถานนี้ได้เช่นกัน

ชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน:

จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ขนาด 25 μm x 25 μm พบว่า ตัวอย่าง Au/Si-Control (ภาพที่ 2 ง) มีลักษณะเรียบมีพื้นที่สีขาวครอบคลุมทั้งหมดของพื้นที่ภาพถ่าย สังเกตุว่ามีรูปร่างวงกลมชนาดประมาณ 3-5 μm ปรากฏอยู่ คาดว่าอาจเป็นสารปนเปื้อนบางอย่างที่อยู่บนตัวอย่างนี้ ตัวอย่าง Au/ Si -300 (ภาพที่ 2 จ) มีส่วนสีขาวครอบคลุมทั้งพื้นที่ของภาพถ่าย มีลักษณะเรียบเป็นส่วนมาก แต่เริ่มความขุขระเล็กน้อยจากการปรากฏของเกาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดน้อยกว่า 0.5 μm และสุดท้ายตัวอย่าง Au/ Si -700 (ภาพที่ 2 ฉ) มีการปรากฏของสีดำขึ้นมาด้วยประมาณ สามในสี่ของพื้นที่ภาพถ่ายทั้งหมด เมื่อพิจารณาผลของการสังเกตุด้วยตาประกอบ สามารถคาดการได้ว่า พื้นที่สีขาวเป็นทองคำและพื้นที่สีดำคือบริเวณของวัสดุฐาน หรือซิลิกอน ทั้งผลจากการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน ที่จะนำเสนอในส่วนต่อไปสามารถยืนยันข้อสันนิถานนี้ได้เช่นกัน

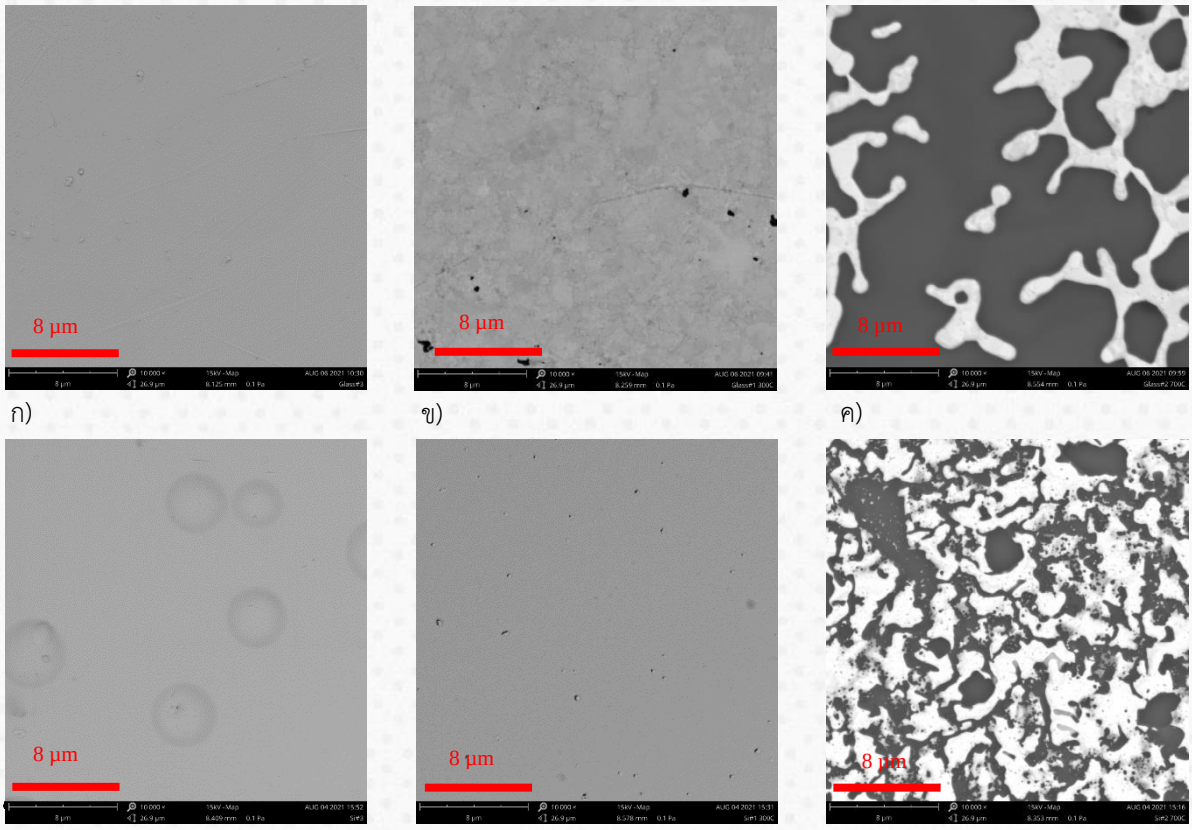
จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของตัวอย่างฟิล์มทองคำทั้งสองชุดตัวอย่าง พบว่าทั้งชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแก้วสไลด์ และชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนซิลิกอนมีพฤติกรรมที่คลายกัน คือ ฟิล์มทองคำที่ไม่ได้ผ่านการ anneal มีพื้นที่ปกคลุมของทองคำเต็มพื้นที่ภาพถ่าย เมื่อทำการ anneal จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวทองคำจากเรียบกลายเป็นขุขระ ดังที่เห็นได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่สีดำที่เป็นสวนของวัสดุฐาน ในตัวอย่างที่มีการ anneal ที่อุณหภูมิสูงขึ้น ในการ anneal ที่อุณหภูมิ 300-700 ^{o}C พบว่าที่อุณหภูมิการ anneal เดียวกัน การเปลี่ยนแปลงของ ฟิล์มทองคำบนแก้วสไลด์ มีความชัดเจนมากกว่า ฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสังเกตุด้วยตาเปล่าที่นำเสนอไปในข้างต้น

3.3 ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน หรือ Energy dispersive x-ray spectrometer: EDS

ชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์:

จากผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงานในรูปแบบ mapping analysis ที่บริเวณเดียวกันกับภาพถ่ายจากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในภาพที่ 2 พบว่า ตัวอย่าง Au/Glass-Control (ภาพที่ 3 ก) มีการกระจายตัวของทองคำ (แสดงโดยสีแดง) และ ซิลิกอน (แสดงโดยสีส้ม) ทั่วบริเวณของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ โดยในภาพ combined map จะเห็นทองคำชัดกว่า ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ พบว่ามี อะตอมของทองคำ 98.11% อะตอมซิลิกอน 1.89% ตัวอย่าง Au/Glass-300 (ภาพที่ 3 ข) มีการกระจายตัวของทองคำ (แสดงโดยสีแดง) และ ซิลิกอน (แสดงโดยสีส้ม) ทั่วบริเวณของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ โดยในภาพ combined map จะเห็นทองชัดกว่า ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ พบว่ามี อะตอมของทองคำ 97.90% อะตอมซิลิกอน 2.10% สุดท้ายตัวอย่าง Au/Glass-00 (ภาพที่ 3 ค) มีการกระจายตัวของทองคำ (แสดงโดยสีแดง) อยู่ในบริเวณพื้นที่สีขาวของภาพที่ 2 ค) ซึ่งนับเป็นประมาณ หนึ่งในสี่ของภาพ มีการกระจายตัวของซิลิกอน (แสดงโดยสีส้ม) อยู่ในบริเวณพื้นที่สีดำของภาพที่ 2 ค) ซึ่งนับเป็นประมาณ สามในสี่ของภาพ พบว่ามี อะตอมของทองคำ 35.27%

อะตอมซิลิกอน 9.67% และพบอะตอมของออกซิเจน 55.08% ทั้งนี้ไม่ได้มีการบันทึกผลในรูปแบบ mapping analysis ของออกซิเจนในตัวอย่างนี้ ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณขององค์ประกอบของชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์สรุปอยู่ในตารางที่ 1



ก) ข) ค)

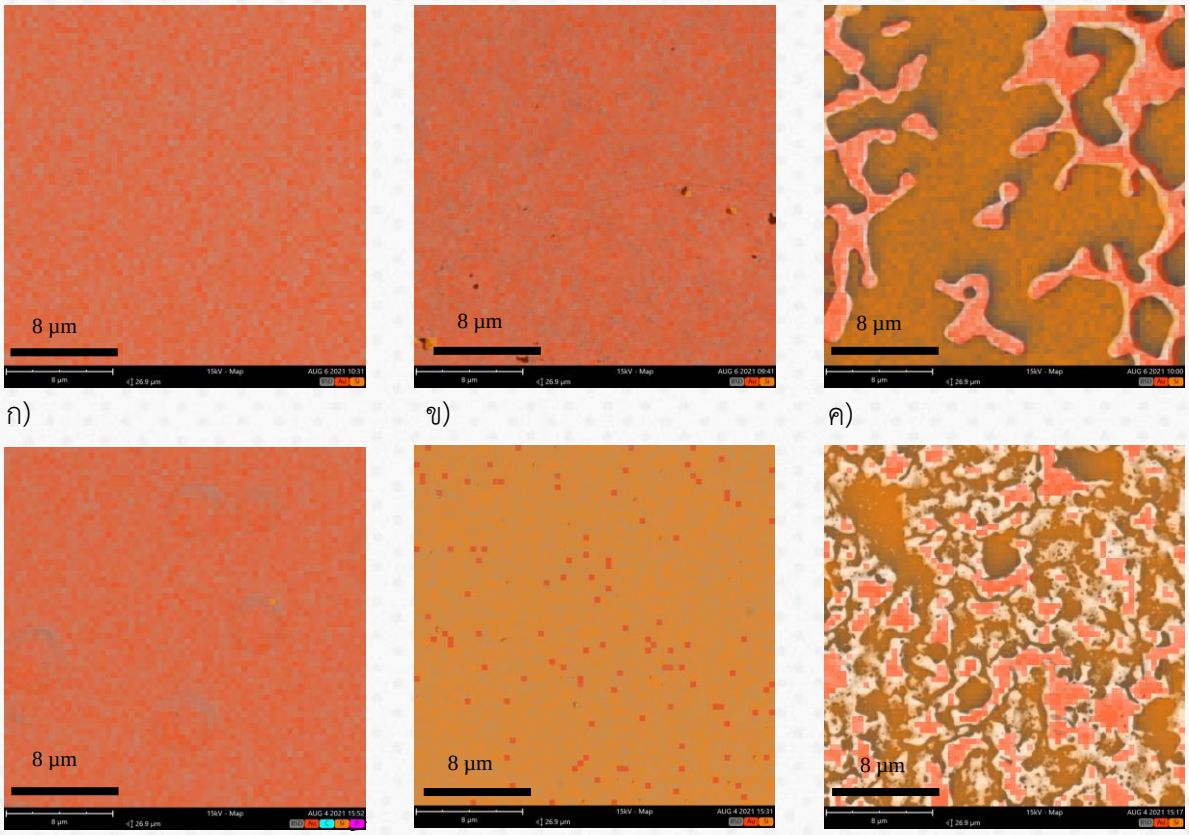
ง) จ) ฉ)

ภาพที่ 2 ภาพถ่ายของตัวอย่างฟิล์มทองคำจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ก) ตัวอย่าง Au/Glass-Control ข) ตัวอย่าง Au/Glass-300 ค) ตัวอย่าง Au/Glass-700 ง) ตัวอย่าง Au/Si-Control จ) ตัวอย่าง Au/Si-300 ฉ) ตัวอย่าง Au/Si-700

ชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน:

จากผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงานในรูปแบบ mapping analysis ที่บริเวณเดียวกันกับภาพถ่ายจากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในภาพที่ 2 พบว่า ตัวอย่าง Au/Si-Control (ภาพที่ 3 ง) มีการกระจายตัวของทองคำ (แสดงโดยสีแดง) ซิลิกอน (แสดงโดยสีส้ม) และคาร์บอน (แสดงโดยสีฟ้า) ทั่วบริเวณของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ โดยในภาพ combined map จะเห็นทองคำชัดเจนที่สุด ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ พบว่ามี อะตอมของทองคำ 94.28% อะตอมซิลิกอน 2.56% อะตอมคาร์บอน 2.73% ตัวอย่าง Au/ Si -300 (ภาพที่ 3 จ) มีการกระจายตัวของทองคำ (แสดงโดยสีแดง) และ ซิลิกอน (แสดงโดยสีส้ม) ทั่วบริเวณของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ โดยในภาพ combined map จะเห็นซิลิกอนชัดกว่า และเห็นทองคำกระจายตัวเป็นบริเวณเล็กๆ ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ พบว่ามี อะตอมของทองคำ 93.79% อะตอมซิลิกอน 6.21% และสุดท้ายตัวอย่าง Au/ Si -700 (ภาพที่ 3 ฉ) มีการกระจายตัวของทองคำ (แสดงโดยสีแดง) อยู่ในบริเวณพื้นที่สีขาวของภาพที่ 2 ฉ) ซึ่งนับเป็นประมาณ สามในสี่ของภาพ มีการกระจายตัวของซิลิกอน (แสดงโดยสีส้ม) อยู่ในบริเวณพื้นที่สีดำของภาพที่ 2 ฉ) ซึ่งนับเป็นประมาณ หนึ่งในสี่ของภาพ พบว่ามี อะตอมของทองคำ 74.32% อะตอมซิลิกอน 16.64% และ

พบอะตอมของออกซิเจน 9.13% ทั้งนี้ไม่ได้มีการบันทึกผลในรูปแบบ mapping analysis ของออกซิเจนในตัวอย่างนี้ ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณขององค์ประกอบของชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์สรุปอยู่ในตารางที่ 2



ก) ข) ค)

ง) จ) ฉ)

ภาพที่ 3 ภาพ combined map ของการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน หรือ Energy dispersive x-ray spectrometer: EDS แบบ Mapping Analysis ของตัวอย่างฟิล์มทองคำ สีส้มแดงแทนธาตุทองคำ สีส้มแทนธาตุซิลิกอน และสีฟ้าแสดงธาตุคาร์บอน ก) ตัวอย่าง Au/Glass-Control ข) ตัวอย่าง Au/Glass-300 ค) ตัวอย่าง Au/Glass-700 ง) ตัวอย่าง Au/Si-Control จ) ตัวอย่าง Au/Si-300 ฉ) ตัวอย่าง Au/Si-700

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงงาน หรือ Energy dispersive x-ray spectrometer: EDS ของชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์ แสดงการลดลองของความเข้มข้นทองคำเมื่ออุณหภูมิ anneal เพิ่มขึ้น

ธาตุ	**ความเข้มข้น เปอร์เซ็นอะตอม**			**ความเข้มข้น เปอร์เซ็นน้ำหนัก**		
ตัวอย่าง	Au/Glass-Control	Au/Glass-300	Au/Glass-700	Au/Glass-Control	Au/Glass-300	Au/Glass-700
ทองคำ	98.11	97.90	35.27	99.73	99.70	85.76
ซิลิกอน	1.89	2.10	9.67	0.27	0.30	3.36
ออกซิเจน	-	-	55.08	-	-	10.89

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน หรือ Energy dispersive x-ray spectrometer: EDS ของชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน แสดงการลดลองของความเข้มข้นทองคำเมื่ออุณหภูมิ anneal เพิ่มขึ้น

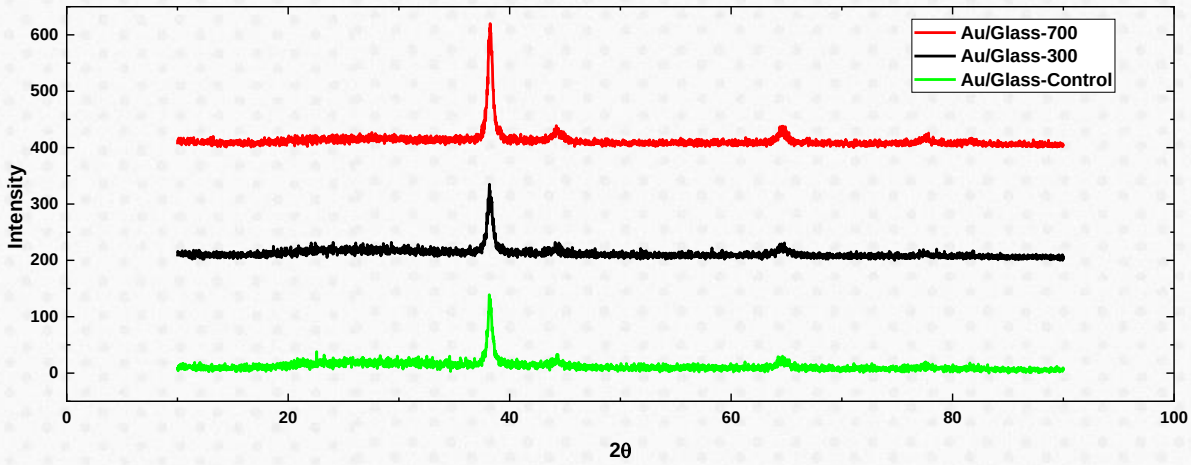
ธาตุ	ความเข้มข้น เปอร์เซ็นอะตอม			ความเข้มข้นตามน้ำหนัก		
ตัวอย่าง	Au/Si-Control	Au/Si-300	Au/Si700	Au/Si-Control	Au/Si-300	Au/Si700
ทองคำ	94.28	93.79	74.32	99.37	99.06	95.97
ซิลิกอน	2.56	6.21	16.64	0.39	0.94	3.07
ออกซิเจน	-	-	9.13	-	-	0.96
คาร์บอน	2.73	-	-	0.18	-	-

3.4 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างเชิงผลึก หรือ X-ray diffraction

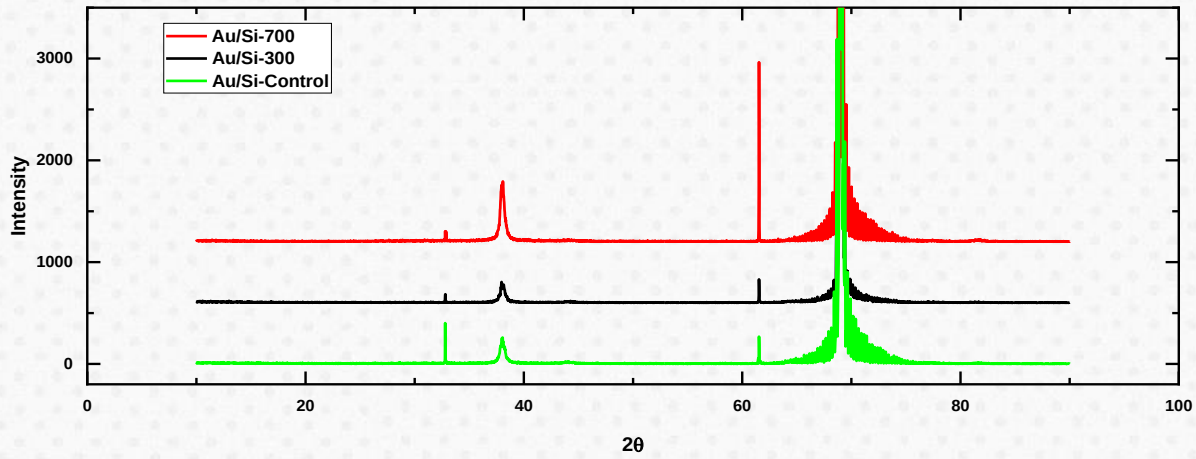
ผลการวิเคราะห์โครงสร้างเชิงผลึกของชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นแก้วสไลด์ (ภาพที่ 4) ในทุกตัวอย่างพบว่ามีตำแหน่งยอดที่ชัดเจน ที่มีมุม สองซีต้า อยู่ที่ประมาณ 38^{o}, 44^{o}, และ 65^{o} ซึ่งตำแหน่งยอดเหล่านี้ ตรงกับ โครงสร้างผลึกของทองคำ (111) [3,4], (200) [4], และ (220) [4] ตามลำดับ ค่าพื้นที่ใต้ยอด พบว่ายอดที่ 38^{o} ของทองคำ (111) มีค่าพื้นที่ใต้กราฟมากที่สุดสำหรับทุกตัวอย่างในชุดตัวอย่างนี้ แสดงว่า ในชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแก้วสไสด์มี ผลึกทองคำ (111) เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวอย่างทั้งสามในชุดตัวอย่างพบว่า พื้นที่ใต้ยอดที่ 38^{o} ของ ตัวอย่าง Au/Glass-300 มีค่าน้อยที่สุด ตัวอย่าง Au/Glass control มีค่าพื้นที่ใต้ยอดมากขึ้น และตัวอย่าง Au/Glass-700 มีค่าพื้นที่ใต้ยอดมากที่สุด ซึ่งการ anneal ฟิล์มทองคำบนแก้วสไสด์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของผลึกทองคำ(111) ในตัวอย่าง โดยปริมาณจะลดลงที่อุณหภูมิ anneal 300 ^{o}C และ ปริมาณจะเพิ่มขึ้นที่ อุณหภูมิการ anneal ที่ 700 ^{o}C เมื่อทำการพิจารณาค่าความกว้างเต็มสูงครึ่งหนึ่งของยอดที่ 38^{o} พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น จากตัวอย่าง Au/Glass control, Au/Glass-300, และ Au/Glass-700 ตามลำดับ ค่าความกว้างเต็มสูงครึ่งหนึ่งของยอด แสดงถึงความเป็นผลึกเดี่ยว (single crystalline) หรือ พหุผลึก (poly crystalline) โดยยิ่งค่าความกว้างเต็มสูงครึ่งหนึ่งของยอด มีค่ามากแสดงถึงความเป็น พหุผลึกมากขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การ anneal ส่งผลให้ตัวอย่าง ฟิล์มทองคำบนแก้วสไลด์ มีการความเป็นพหุผลึกของทองคำชนิด(111) มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการ anneal สูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างเชิงผลึกของชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน ปรากฏว่ามียอดที่ตำแหน่งประมาณ 69^{o} อย่างชัดเจนซึ่งเป็นไปตามที่คาดเนื่องจากในชิ้นกลุ่มนี้ วัสดุฐานคือ ซิลิกอน (100) [5] ซึ่งยอดนี้มีค่าสูงมากว่ายอดอื่นๆ รวมถึงเป็นไปตามที่คาดที่จะพบยอดนี้เนื่องจากวัสดุฐาน ผู้วิจัยจึงไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ยอดนี้เพิ่มเติมและได้ทำการปรับสเกลของข้อมูล ผลการวเคราะห์โครงสร้างเชิงผลึกของชุดตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอน โดยเน้นที่ยอดอื่นๆดังภาพที่ 5 ซึ่งทำให้สังเกตุได้ว่าในทุกตัวอย่างพบว่ามีตำแหน่งยอดที่ชัดเจน ที่มีมุม สองซีต้า อยู่ที่ประมาณ 33^{o}, 38^{o}, และ 62^{o} ซึ่งยอดที่ 38^{o} ตรงกับทองคำ (111) ดังที่นำเสนอไปแล้ว ส่วนอีกสองยอดนั้นผู้วิจัยไม่ทราบแน่ชัด) เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวอย่างทั้งสามในชุดตัวอย่างพบว่า พื้นที่ใต้ยอดที่ 38^{o} ของ ตัวอย่าง Au/Si-300 มีค่าน้อยที่สุด ตัวอย่าง Au/Si-control มีค่าพื้นที่ใต้ยอดมากขึ้น และตัวอย่าง Au/Si-700 มีค่าพื้นที่ใต้ยอดมากที่สุด ซึ่งการ anneal ฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของผลึกทองคำ(111) ในตัวอย่าง โดยปริมาณจะลดลงที่อุณหภูมิ anneal 300^{o}C และ ปริมาณจะเพิ่มขึ้นที่ อุณหภูมิการ anneal ที่ 700 ^{o}C เมื่อทำการพิจารณาค่าความกว้างเต็มสูงครึ่งหนึ่งของยอดที่ 38^{o} พบว่าค่า ของ ตัวอย่าง Au/Si-700

มีค่าน้อยที่สุด ตัวอย่าง Au/Si-control มีค่ามากขึ้น และตัวอย่าง Au/Si-300 มีค่ามากที่สุด แสดงให้เห็นว่า การ anneal ที่ 300 ^{o}C ทำให้ผลึกทองคำ(111) ในตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอนมีความเป็นพหุผลึกมากขึ้น และการ anneal ที่ 700 ^{o}C ทำให้ผลึกทองคำ(111) ในตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแผ่นซิลิกอนมีความเป็นผลึกเดี่ยวมากขึ้น



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ของตัวอย่างฟิล์มทองคำบนแก้ว



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ของตัวอย่างฟิล์มทองคำบนซิลิกอน

4. บทสรุป

จากงานวิจัยนี้พบว่า กระบวนการ anneal ตัวอย่างฟิล์มทองคำนั้นได้ทำเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อฟิล์มทองคำ ทั้งที่สามารถสังเกตุได้ด้วยตาเปล่า ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด และ โดยการการวิเคราะห์โครงสร้างเชิงผลึก จากผลการทดลองที่ได้นำเสนอในเบื้องต้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกินขึ้นในสองระดับหลักๆ ได้แก่การเปลี่ยนแปลงของฟิล์มทองคำในระดับ มหภาคและระดับขนาดมากกว่านาโน ซึ่งสังเกตุได้ด้วยตาเปล่าและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ซึ่งมีแนวโน้มการเกิดจากกลไกการ กระบวนการรวมตัวกันเป็นหยด (dewetting) และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกซึ่งทดสอบได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างเชิงผลึก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในทั้งสองระดับล้วนเกิดจากการเหนี่ยวนำของความร้อนที่ได้จากการ anneal เป็นหลัก ดั้งนั้นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นอุณหภูมิในการ anneal ทั้งนี้จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิเดียวกัน แต่พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มทองคำบนวัสดุฐานที่แตกต่างกัน (แผ่นแก้วสไลด์ หรือ แผ่นซิลิกอน) มีความแตกต่างกันอย่างมาก ดังนั้นอัตกิริยาระหว่างวัสดุฐานและฟิล์มทองคำจึงมีแนวโน้มจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มทองคำโดยเฉพาะใน กระบวนการรวมตัวกันเป็นหยด (dewetting) ทั้งนี้ผลสรุปในงานวิจัยนี้เป็นเพียงแค่ขอสรุปเชิงคุณภาพ

เท่านั้น เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่จำกัด การศึกษาโดยเพิ่มจำนวนตัวอย่างที่อุณหภูมิการ anneal ที่มากขึ้นจะทำให้สามารถหาข้อสรุปเชิงปริมาณโดยเฉพาะ ความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของฟิล์มทองคำอันเนื่องจากอุณหภูมิการ anneal ได้ชัดเจนมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุน บุคลกร และสถานที่ในการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ดี โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับจากทุนอุดหนุนวิจัยประจำปี 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Ernst, O. C. *et al.* Revealing all states of dewetting of a thin gold layer on a silicon surface by nanosecond laser conditioning. *Appl. Surf. Sci. Adv.* 3, 100040 (2021).

[2] Tesler, A. B., Maoz, B. M., Feldman, Y., Vaskevich, A. & Rubinstein, I. Solid-state thermal dewetting of just-percolated gold films evaporated on glass: Development of the morphology and optical properties. *J. Phys. Chem. C* 117, 11337–11346 (2013).

[3] Zhang, X., Song, X. H. & Zhang, D. L. Thickness dependence of grain size and surface roughness for dc magnetron sputtered Au films. *Chinese Phys. B* 19, (2010).

[4] Godipurge, S. S. *et al.* A facile and green strategy for the synthesis of Au, Ag and Au–Ag alloy nanoparticles using aerial parts of R. hypocrateriformis extract and their biological evaluation. *Enzyme Microb. Technol.* 95, 174–184 (2016).

[5] Chi, T. T. K., Le, N. T., Hien, B. T. T., Trung, D. Q. & Liem, N. Q. Preparation of SERS Substrates for the Detection of Organic Molecules at Low Concentration. *Commun. Phys.* 26, 261 (2017).

ฤทธิ์ต้านการเจริญต่อแบคทีเรียและต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเห็ด *Flavodon flavus* (Klotzsch) Ryvarden

Antibacterial and antioxidant activity of extracts form *Flavodon flavus* (Klotzsch) Ryvarden

ศศินา สุทัศน์กนก[1] อุรารักษ์ ร่มรื่น[1] และ เอกพันธ์ บางยี่ขัน[1*]

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[*]Email: Bangyeekhun_E@su.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดเมทานอลและเอทิลอะซิเตทจากเส้นใยและดอกเห็ด *Flavodon flavus* จากการสกัดสารออกฤทธิ์ชีวภาพด้วยซอกห์เลตได้สารสกัดร้อยละ 1.79-28.73 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลจากสารสกัดพบว่ามีค่า 0.02±0.00-0.04±0.00 mg GAE/mg of Extract สารสกัดเมทานอลและเอทิลอะซิเตทจากเส้นใยและดอกเห็ดมีฤทธิ์ต้านการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก *B. subtilis* และ *B. cereus* มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียระหว่าง 0.39-6.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดเอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ดมีฤทธิ์ต้านการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ *P. fluorescens* และ *E. coli* มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียเท่ากับ 25.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่า 0.32±0.005-0.52±0.07 mg Trolox equivalent/mg extract และด้วยวิธี ABTS มีค่าเท่ากับ 0.00±0.00-0.04±0.00 Trolox equivalent/mg extract ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ด *F. flavus* และควรแยกบริสุทธิ์สารสำคัญและศึกษากลไกการออกฤทธิ์เพื่อพัฒนาให้เป็นสารออกฤทธิ์ทางยา

คำสำคัญ: *Flavodon flavus* สารประกอบฟีนอล ฤทธิ์ต้านการเจริญของแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ

Abstract

The objectives of this study were to determine bioactivity of methanol and ethyl acetate extract from mycelium and fruiting body of *Flavodon flavus*. The samples were extract using Soxhlet extractor and dried by rotary evaporator. The extractions yielded 1.79-28.73% of crude extracts. The phenolic content of crude extracts was 0.02±0.00-0.04±0.00 mg GAE/mg of Extract. The crude extracts revealed antibacterial activity against Gram-positive bacteria, *B. subtilis* and *B. cereus*, with a MIC value of 0.39-6.25 mg/ml. The crude ethyl acetate extract from fruiting body exhibited antibacterial activity against Gram-negative bacteria, *P. fluorescen* and *E. coli*, with a MIC value of 25.0 mg/ml. Antioxidant activity of crude extracts by DPPH and ABTS method was 0.32±0.005-0.52±0.07 mg Trolox equivalent/mg extract and

0.00±0.00-0.04±0.00 Trolox equivalent/mg extract, respectively. These results revealed bioactivity of *F. flavus*. Purification and mechanism of action of active compound should be further study.

Keywords: *Flavodon flavus*, phenol compound, antibacterial activity, antioxidant activity

1. บทนำ

Polypore fungi เป็นเห็ดใน Division Basidiomycota หมวกเห็ดมีลักษณะแข็งเหมือนไม้ มีรูพรุนจำนวนมากอยู่ด้านล่างของหมวกเห็ดเรียกว่าไฮเมนเนียม (hymenium) ทำหน้าที่สร้างสปอร์ เห็ดเหล่านี้ไม่นิยมนำมารับประทาน เนื่องจากมีลักษณะเหนียวคล้ายหนังสัตว์หรือแข็งคล้ายไม้ [1] จากการศึกษาพบว่า polypore fungi หลายชนิดสร้างสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่มีฤทธิ์ทางยา

เห็ด *Ganoderma lucidum* หรือ เห็ดหลินจือ เป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมเพื่อใช้เป็นสมุนไพรหรืออาหารเสริม เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น polysaccharides และ triterpenoids ซึ่งมีฤทธิ์ในการยังยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง เช่น มะเร็งปอด (LLC) มะเร็งกระเพาะ (T-47D) Sarcoma 180 และ Meth-A tumor cells [2] และ polysaccharide จากเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ในการยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดของหนู นอกจากนี้ยังกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของหนู โดยสามารถเพิ่มจำนวนของ T และ B cell และกระตุ้นการทำงานของ NK cell (Zhang et al., 2004) และสามารถรักษาโรคตับแข็งในหนูได้ [3] และยังพบว่าสารสกัดหยาบจากน้ำของเห็ดหลินจือ สามารถลดระดับน้ำตาลในกระแสเลือดของหนูที่มีภาวะเบาหวานได้ [4]

เห็ด *Antrodia camphorate* เป็น polypore fungi ที่ใช้เป็นสมุนไพรเนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถต้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง ต้านการอักเสบและต้านอนุมูลอิสะในหลอดทดลองได้ [5] [6] และยังยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวในหนู [7] จากการศึกษาพบว่าสารสกัดหยาบของเห็ด *A. camphorate* มีสารประกอบกว่า 78 ชนิด เช่น terpenoids, benzenoids, lignans, benzoquinone derivatives, succinic, maleic derivatives และ polysaccharides

ประเทศไทยมี polypore fungi หลายชนิด จึงมีความเป็นไปได้ว่า polypore fungi ในประเทศไทยน่าจะมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจเช่นเดียวกันกับเห็ดหลินจือและเห็ด *A. camphorate* ในการทดลองนี้คณะผู้วิจัยสามารถแยกเชื้อบริสุทธิ์ของเห็ด *Flavodon flavus* ได้ และจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเห็ดสามารถปล่อยสารสีเหลืองเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 10 วัน จึงมีความสนใจที่จะศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเห็ด *F. flavus* ในการต้านการเจริญแบคทีเรียและต้านสารอนุมูลอิสระ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

เลี้ยงเส้นใยเห็ด *Flavodon flavus* สายพันธุ์ EB2101 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (มันฝรั่ง 200 กรัมต่อลิตร กลูโคส 10 กรัมต่อลิตร และวุ้น 15 กรัมต่อลิตร) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เลี้ยงแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ TISTR885, *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ TISTR008, *Bacillus cereus* สายพันธุ์ TISTR2372, *Staphylococus epidermidis* TISTR518, *Escherichia coli* สายพันธุ์ TISTR887, *Salmonella thyphimurium* TISTR292 และ *Pseudomonas aeruginosa* สายพันธุ์ TISTR1287 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA (Nutrient broth (Himedia, India) 13 กรัมต่อลิตร และวุ้น 15 กรัมต่อลิตร) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ *Pseudomonas fluorescens* สายพันธุ์ TISTR358 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.2 การเลี้ยงเส้นใย

นำเชื้อเห็ดมาเลี้ยงบนอาหารสูตร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และใช้ Cork Borer ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร มาตัดชิ้นวุ้นและถ่ายชิ้นวุ้น 5 ชิ้น ใส่ลงขวดขนาด 380 มิลลิลิตร (3.7 x 8.0 x 15.0 เซนติเมตร) ที่มีอาหารเหลว MCM (thiamine-HCl 1 มิลลิกรัมต่อลิตร KH_2PO_4 1 กรัมต่อลิตร $CaCl_2{\cdot}H_2O$ 0.5 กรัมต่อลิตร $MgSO_4{\cdot}7H_2O$ 0.5 กรัมต่อลิตร $FeSO_4{\cdot}7H_2O$ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร $MnSO_4{\cdot}H_2O$ 1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร $CuSO_4$1 มิลลิกรัมต่อลิตร $NaNO_3$ 2 กรัมต่อลิตร Starch soluble 40 กรัมต่อลิตร ฟรุกโตส 15 กรัมต่อลิตร และ yeast extract 5 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน หลังจากนั้นกรองเพื่อแยกเส้นใยแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.3 การเพาะเห็ด

ทำการเตรียมหัวเชื้อข้าวฟ่างโดยนำข้าวฟ่างมาแช่น้ำทิ้งไว้ข้ามคืนและนำมาต้มเป็นเวลา 10 นาที กรองแยกข้าวฟ่างและผึ่งข้างฟ่างให้หมาด แล้วนำใส่ขวดภาชนะและนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที แล้วจึงถ่ายเชื้อเห็ดลงในขวดข้าวฟ่างปลอดเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน นำหัวเชื้อข้าวฟ่างมาใส่ในถุงขี้เลื่อย (ขี้เลื่อย:รำข้าว:ยิปซั่ม:ดีเกลือ:ปูนขาว ในอัตาส่วน 1:0.05:0.02:0.002:0.01) ที่ปลอดเชื้อ หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องให้เส้นใยเจริญเต็มถุงขี้เลื่อย แล้วจึงนำมาเปิดดอกโดยการกรีดข้างถุง ๆ ละ 5 แนว รดน้ำเพื่อรักษาความชื้นวันละ 3 ครั้ง นำดอกเห็ดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.4 การสกัดสารออกฤทธิ์ชีวภาพด้วยซอกห์เลต

นำเส้นใยและดอกเห็ดที่อบแห้งมาบดให้ละเอียดด้วยครก และนำมาทำการสกัดด้วยซอกห์เลตโดยเอทิลอะซิเตทและเมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้ตัวอย่างอบแห้ง 20 กรัมต่อตัวทำละลาย 250 มิลลิลิตร สกัดเป็นจำนวน 15 รอบ แล้วจึงทำการระเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric assay ตามวิธีการทดลองของ [8] โดยนำสารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที แล้วจึงเติมสารละลาย Na_2CO_3 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที และนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 0-2.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.6 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (MIC) ของสารสกัดหยาบ

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของสารสกัดหยาบด้วยวิธี Broth microdilution ดัดแปลงจาก [9] โดยเพาะเลี้ยงเชื้อ *S. aureus, B. subtilis, B. cereus, S. epidermidis, E. coli, S. thyphimurium, P. aeruginosa, P. fluorescens* บนอาหาร NA บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ยกเว้น *P. fluorescens* บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายเซลล์ให้มีค่าเท่ากับ 0.5-1.0 $\times 10^6$ โดยเกลี่ยเชื้อลงในสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 เทียบความเข้มข้นของสารละลายเซลล์เท่ากับ MacFarland standard No. 0.5 ซึ่งมีความเข้มข้นเซลล์ประมาณ 1.5 $\times 10^8$ CFU/ml และนำไปเจือจางในอาหาร Mueller Hinton Broth (MBH; Himedia, India) ในอัตราส่วน 1:200 แล้วเตรียมสารสกัดหยาบ

จากเอทิลอะซิเตทและเมทานอลที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้ DMSO เป็นตัวทำละลาย หลังจากนั้นดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท 96 หลุม จำนวน 8 หลุม และดูดสารสกัดหยาบ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และทำ Two-fold serial dilution โดยดูดถ่ายสารจากหลุมที่ 1 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ไปสู่หลุมที่ 2 และทำเหมือนกันไปที่หลุมที่ 3-8 จนหลุมที่ 8 ให้ดูดสารปริมาตร 50 ไมโครลิตรทิ้ง โดยใช้น้ำ สารละลาย Cloramphenicol (ความเข้มข้นสุดท้ายคือ 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และ DMSO เป็นชุดควบคุม และปิดฝาไมโครเพลทให้แน่นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ยกเว้น *P. fluorescens* บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากครบ 24 ชั่วโมง เติมสารละลาย Resazurin ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ปริมาตร 30 ไมโครลิตร และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ยกเว้น *P. fluorescens* บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งอ่านค่าและบันทึกผลจากการดูสีที่เปลี่ยนของสารละลาย Resazurin จากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู สีน้ำเงินคือไม่มีเชื้อ และสีชมพูคือมีเชื้อเจริญเติบโต โดยค่า MIC คือค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบที่ไม่มีการเปลี่ยนสีของสารละลาย Resazurin

2.7 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging ตามวิธีการทดลองของ [10] โดยผสมสารละลาย DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazine) ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ใน ethanol ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร กับสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ให้เข้ากันดีและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที และนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร และคำนวณค่าการยับยั้งสารอนุมูลอิสระโดยใช้สมการที่ (1) และรายงานค่าเป็น mg trolox equivalent/ mg extract

$$\%inhibition = \left[\frac{Ac-As}{Ac}\right]\times 100 \quad (1)$$

เมื่อ Ac หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของตัวควบคุม
As หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

2.8 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay ดัดแปลงจากวิธีการทดลอง [11] โดยเตรียมสารละลาย $ABTS^{+}$ จากสารละลาย ABTS ที่ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย Potassium persulfate ที่ความเข้มข้น 140 มิลลิโมลาร์ ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 บ่มไว้ที่มืดเป็นเวลา 16 ชั่วโมงก่อนนำมาใช้ และนำสารละลาย $ABTS^{+}$ มาเจือจางในน้ำกลั่นและนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ให้ได้ค่า 0.7 แล้วผสมสารสกัดที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย $ABTS^{+}$ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 6 นาที และนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร และคำนวณค่าการยับยั้งสารอนุมูลอิสระโดยใช้สมการที่ (2) และรายงานค่าเป็น mg trolox equivalent/ mg extract

$$\%inhibition = \left[\frac{As-Ac}{As}\right]\times 100 \quad (2)$$

เมื่อ Ac หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของตัวควบคุม
As หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล

จากการสกัดสารสกัดหยาบจากเส้นใยและดอกเห็ด *F. flavus* ด้วยซอกห์เลตโดยใช้เอทิลอะซิเตทและเมทานอลเป็นตัวทำละลายพบว่า ปริมาณของสารสกัดเมทานอลจากเส้นใยมีค่าร้อยละผลผลิตของสารสกัดสูงสุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 28.73 และสารสกัดเอทิลอะซิเตทจากเส้นใยค่าร้อยละผลผลิตของสารสกัดน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.79 (ตารางที่ 1)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลพบว่า สารสกัดเมทานอลจากเส้นใยและจากดอกเห็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.04±0.00 มิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อมิลลิกรัมของสารสกัด และสารสกัดเอทิลอะซิเตทของเส้นใยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.02±0.00 มิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อมิลลิกรัมของสารสกัด (ตารางที่ 1)

จากการหาปริมาณสารสกัดเมื่อเทียบน้ำหนักผงแห้งพบว่า สารสกัดที่ใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายมีปริมาณสารสกัดสูงกว่าสารสกัดที่ใช้เอทิลอะซิเตทเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากเมทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสูงกว่าเอทิลอะซิเตท และจากคุณสมบัติของสารที่ถูกละลายจะละลายในตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน จึงแสดงให้เห็นว่าสารประกอบในเส้นใยและดอกเห็ดเป็นสารประเภทที่มีขั้วมากกว่าไม่มีขั้ว เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ได้จากสารสกัดทั้ง 4 ชนิด เมื่อเทียบกับสารสกัดพบว่า มีปริมาณอยู่ค่อนข้างน้อย แสดงให้เห็นว่าสารสกัดมีสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สารประกอบฟีนอลอยู่มาก [12]

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดและปริมาณสารประกอบฟีนอล

สารสกัด	ปริมาณสารสกัด (ร้อยละ)	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (mg GAE/mg of Extract)
เอทิลอะซิเตทจากเส้นใย	1.79	0.02±0.00
เอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ด	2.72	0.03±0.01
เมทานอลจากเส้นใย	28.73	0.04±0.00
เมทานอลจากดอกเห็ด	6.29	0.04±0.00

3.2 การศึกษาหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของสารสกัดหยาบด้วยวิธี Broth microdilution

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียพบว่า สารสกัดทั้ง 4 ชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก *B. subtilis* และ *B. cereus* โดยมีค่า MIC ในช่วง 0.39-6.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารสกัดเอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ดสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ *E. coli* และ *P. fluorescens* โดยมีค่า MIC เท่ากับ 25.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2)

จากการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียพบว่า สารสกัดทั้ง 4 ชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกเหมือนกัน แต่สารสกัดเอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ดนั้นมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบอีกด้วย ซึ่งมีความสอดคล้องงานวิจัยของ Chaiharn และคณะ [13] ที่พบว่า สารสกัดเอทิลอะซิเตทของเห็ดหลินจือที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus cereus* และแกรมลบ *Enterobacter aerogenes* แต่ในขณะเดียวกันสารสกัดเมทานอลจากเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus cereus* แต่ไม่พบ

ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ *Enterobacter aerogenes* แสดงให้เห็นว่าเห็ดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่าหนึ่งชนิดที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย จึงควรทำการแยกบริสุทธิ์สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของสารสกัดหยาบ

เชื้อแบคทีเรีย	ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)			
	เอทิลอะซิเตทจากเส้นใย	เอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ด	เมทานอลจากเส้นใย	เมทานอลจากดอกเห็ด
Bacillus cereus (TISTR 2327)	3.125	6.25	12.5	6.25
Bacillus subtilis (TISTR 008)	0.39	0.39	12.5	0.39
Staphylococus epidermidis (TISTR 518)	ND	ND	ND	ND
Staphylococus aureus (TISTR 885)	ND	ND	ND	ND
Escherichia coli (TISTR 887)	ND	25.0	ND	ND
Pseudomones fluorescens (TISTR 358)	ND	25.0	ND	ND
Pseudomones aeruginosa (TISTR1287)	ND	ND	ND	ND
Salmonella thyphimurium (TISTR 292)	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND (Not detected) หมายถึง ไม่พบการยับยั้งการเจริญความเข้มข้นของสารสกัดสูงสุด 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

3.3 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging พบว่า สารสกัดเมทานอลจากดอกเห็ดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.52±0.07 mg Trolox equivalent/mg extract และสารสกัดเอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ดและสารสกัดเมทานอลจากเส้นใยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.32±0.05 และ 0.32±0.09 mg Trolox equivalent/mg extract ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay พบว่า สารสกัดเมทานอลและสารสกัดเอทิลอะซิเตทจากเส้นใยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.04±0.00 และ 0.04±0.01 mg Trolox equivalent/mg extract ตามลำดับ และไม่พบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ด (ตารางที่ 3)

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดทั้ง 4 ชนิด เห็นได้ว่าการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ให้ค่าในหน่วย mg Trolox equivalent/mg extract สูงกว่าวิธี ABTS เนื่องจากการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นการวัดความสามารถของสารสกัดที่ให้อะตอมไฮโดรเจนในการกำจัดอนุมูลอิสระ แต่วิธี ABTS เป็นการวัดความสามารถของสารสกัดที่กำจัดอนุมูลอิสระชนิดเปอร์ออกซี [14] แสดงให้เห็นว่าสารสกัดทั้ง 4 ชนิด มีคุณสมบัติให้อะตอมไฮโดรเจนในการกำจัดอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 3 ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ

สารสกัด	DPPH (mg Trolox equivalent/mg extract)	ABTS (mg Trolox equivalent/mg extract)
เอทิลอะซิเตทจากเส้นใย	0.36±0.12	0.04±0.01
เอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ด	0.32±0.05	0.00±0.00
เมทานอลจากเส้นใย	0.32±0.09	0.04±0.00
เมทานอลจากดอกเห็ด	0.52±0.07	0.03±0.01

4. บทสรุป

จากการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเห็ด *Flavodon flavus* (Klotzsch) Ryvarden พบว่า สารสกัดเอทิลอะซิเตทและเมทานอลจากเส้นใยและดอกเห็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลระว่าง 0.02-0.04 มิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อมิลลิกรัมของสารสกัด สารสกัดทั้ง 4 ชนิด มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวก *B. subtilis* และ *B. cereus* และสารสกัดเอทิลอะซิเตทจากดอกเห็ดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ *E. coli และ P. fluorescens* การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดทั้ง 4 ชนิด ด้วยวิธี DPPH และ ABTS แลดงให้เห็นว่ามีคุณสมบัติในการเป็นตัวกำจัดอนุมูลอิสระ

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Darlis, D., M.R. Mohd Rashid, and M.B. Jalloh, *Characterization and identification of polypore fungi collected from forests in Sandakan, Sabah based on the macro-and micro- morphology.* 2019. **6**: p. 283-291.

[2] Gao, J.J., et al., *New triterpene aldehydes, lucialdehydes A-C, from Ganoderma lucidum and their cytotoxicity against murine and human tumor cells.* Chem Pharm Bull (Tokyo), 2002. **50**(6): p. 837-40.

[3] Park, E.J., et al., *Antifibrotic effects of a polysaccharide extracted from Ganoderma lucidum, glycyrrhizin, and pentoxifylline in rats with cirrhosis induced by biliary obstruction.* Biol Pharm Bull, 1997. **20**(4): p. 417-20.

[4] Seto, S.W., et al., *Novel hypoglycemic effects of Ganoderma lucidum water-extract in obese/diabetic (+db/+db) mice.* Phytomedicine, 2009. **16**(5): p. 426-36.

[5] Shen, Y.C., et al., *Anti-inflammatory activity of the extracts from mycelia of Antrodia camphorata cultured with water-soluble fractions from five different Cinnamomum species.* FEMS Microbiol Lett, 2004. **231**(1): p. 137-43.

[6] Hsiao, G., et al., *Antioxidative and hepatoprotective effects of Antrodia camphorata extract.* J Agric Food Chem, 2003. **51**(11): p. 3302-8.

[7] Chen, C.H., S.W. Yang, and Y.C. Shen, *New steroid acids from Antrodia cinnamomea, a fungal parasite of Cinnamomum micranthum.* J Nat Prod, 1995. **58**(11): p. 1655-61.

[8] Karimi, A., et al., *Determination of antioxidant activity, phenolic contents and antiviral potential of methanol extract of Euphorbia spinidens Bornm (Euphorbiaceae).* Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2016. **15**: p. 759-764.

[9] (CLSI), C.a.L.S.I., *Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI).* Methods for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that grow aerobically; approved standard-eighth edition. Vol. 32. 2009, USA Clinical and Laboratory Standards Institute

[10] Butkhup, L., W. Samappito, and S. Jorjong, *Evaluation of bioactivities and phenolic contents of wild edible mushrooms from northeastern Thailand.* Food science and biotechnology, 2017. **27**(1): p. 193-202.

[11] Zhang, X.-L., et al., *Evaluation on Antioxidant Effect of Xanthohumol by Different Antioxidant Capacity Analytical Methods.* Journal of Chemistry, 2014. **2014**: p. 249485.

[12] Do, Q.D., et al., *Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of Limnophila aromatica.* Journal of Food and Drug Analysis, 2014. **22**(3): p. 296-302.

[13] Chaiharn, M., et al., *Antibacterial, antioxidant properties and bioactive compounds of thai cultivated mushroom extracts against food-borne bacterial strains.* Chiang Mai Journal of Science, 2018. **45**: p. 1713-1727.

[14] สุชาดา มานอก และปวีณา ลิ้มเจริญ. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดสมุนไพรในตำรับยาหอมเทพจิตร. วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 2015. 15: p. 106-116.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิระของโพลีแซ็กคาไรด์ที่แยกได้จากก้อนเห็ดเหลือทิ้งของเห็ดแครง

Antioxidant activity of polysaccharides from spent mushroom (*Schizophylum commune*) substrate

พิชญา ประเวชไพร[1] อุรารักษ์ ร่มรื่น[1] และ เอกพันธ์ บางยี่ขัน[1*]

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
[*]Email: Bangyeekhun_E@su.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารสกัดโพลีแซ็กคาไรด์ที่ได้จากดอกเห็ด เส้นใยและเส้นใยในก้อนเห็ดเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดแครง หลังจากทำการสกัดเส้นใยในก้อนเห็ดเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดแครงโดยใช้น้ำร้อนและตกตะกอนด้วยเมทานอลพบว่า มีปริมาณโพลีแซ็กคาไรด์เท่ากับ 0.013 0.011 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อนำโพลีแซ็กคาไรด์มาวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่ามีคาร์โบไฮเดรต 0.362 0.284 และ 0.465 mg Glucose/mg extract ตามลำดับ เมื่อนำสารสกัดโพลีแซ็กคาไรด์มาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อใช้วิธี DPPH เท่ากับ 0.041 0.428 และ 0.624 mg Trolox equivalent/mg extract ตามลำดับ แต่ไม่พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อใช้วิธี ABTS การทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการใช้ประโยชน์จากก้อนเห็ดเหลือทิ้งของเห็ดแครงเนื่องจากสารสกัดโพลีแซ็กคาไรด์ที่ได้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: เห็ดแครง, โพลีแซ็กคาไรด์, คาร์โบไฮเดรต, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The objective of this study was to compare the properties of polysaccharide extracted form fruiting body, mycelium, and mycelium from spent mushroom substrate of split gills mushroom. The polysaccharide was extracted by hot water and precipitate by methanol and yielded 0.013, 0.011 and 0.002 mg polysaccharide /g sample, respectively. The total carbohydrate was determined and revealed 0.362, 0.284 and 0.465 mg Glucose/mg extract, respectively. The antioxidant activity of polysaccharides was characterized using DPPH free radical scavenging method and showed antioxidant activity of 0.041 0.428 และ 0.624 mg Trolox equivalent/mg extract. However, no antioxidant activity was found when analyzed by using ABTS radical scavenging assay. Interestingly, the highest antioxidant activity was found in polysaccharide extracted from mycelium from spent mushroom substrate. These results indicated that spent mushroom substrate of split gills mushroom is likely to be useful.

Keywords: Split gills mushroom, Polysaccharide, Carbohydrate, Antioxidant activity

1. บทนำ

เห็ดแครง (*Schizophylum commune* Fries) เป็นเห็ดที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ทางยา เช่น ฟีนอล กรดแอสคอร์บิค เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [1] scleraldehyde ที่มีฤทธิ์ในการต้านการเจริญของแบคทีเรีย [2] β-glucans ที่มีชื่อว่า Schizophyllan มีฤทธิ์ในการต้านการเจริญของแบคทีเรียและพาราไซต์ [3] alkaloids terpenoids flavonoid และ Schizophyllan ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งและเนื้องอก [4, 5] นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้ Schizophyllan จากเส้นใยเห็ดแครงร่วมกับเคมีบำบัดและการฉายรังสีเพื่อรักษามะเร็งปากมดลูกและมะเร็งกระเพาะอาหารพบว่า ก้อนมะเร็งมีขนาดลดลง [6] และจากการสกัดโพลีแซ็กคาไรด์จากดอกเห็ดแครงด้วยน้ำร้อนและด่างร้อนพบว่า สารสกัดประกอบด้วย α- และ β -glucans ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [7] และสารสกัดโพลีแซ็กคาไรด์จากเส้นใยเห็ดแครงสามารถกระตุ้นการเจริญของโพรไบโอติก *Bifidobacterium* และ *Lactobacillus* และกระตุ้นการสร้างกรดไขมันที่เป็นโมเลกุลสายสั้น ๆ เช่น acetate, propionate และ butyrate ได้ [8]

ปัจจุบันมีการนำก้อนเห็ดเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณขยะทางการเกษตรและเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของโพลีแซ็กคาไรด์ที่แยกได้จากก้อนเห็ดเหลือทิ้งของเห็ดนางรมหลวง (*Pleurotus eryngii*) [9] เห็ดหลินจือ [10] และเห็ดไก่ป่า (*Laetiporus sulphureus*) [11] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโพลีแซ็กคาไรด์จากดอกเห็ด เส้นใยและเส้นใยในก้อนเห็ดเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดแครง

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเลี้ยงเส้นใยเห็ดแครง

เลี้ยงเส้นใยเห็ดแครงในอาหารสูตร Potato Dextrose Agar (PDA (HIMEDIA, India)) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงใช้ Cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ตัดชิ้นวุ้นและถ่ายชิ้นวุ้นจำนวน 5 ชิ้น ลงบนอาหารสูตร Mushroom Completed Medium (MCM; Peptone 2 กรัมต่อลิตร Yeast extract 2 กรัมต่อลิตร Glucose 20 กรัมต่อลิตร $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 กรัมต่อลิตร KH_2PO_4 0.46 กรัมต่อลิตร และ K_2HPO_4 1 กรัมต่อลิตร) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร 380 มิลลิลิตร (3.7 x 8.0 x 15.0 เซนติเมตร) นำไปบ่มที่อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน กรองเพื่อแยกเส้นใย แล้วจึงอบเส้นใยเห็ดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักแห้งคงที่

2.2 การเพาะเห็ดแครง

เตรียมหัวเชื้อข้าวฟ่างโดยนำเมล็ดข้าวฟ่างแช่น้ำ 1 คืน แล้วจึงนำไปต้มเป็นเวลา 10 นาที กรองแยกข้าวฟ่างและผึ่งให้เมล็ดข้าวฟ่างแห้งพอหมาด ใส่ข้าวฟ่างลงในขวดปริมาณ 3/4 ของขวด นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงถ่ายเชื้อเห็ดแครงลงในข้าวฟ่างนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ถ่ายหัวเชื้อข้าวฟ่างใส่ลงในถุงเห็ด (ขี้เลื่อย : รำข้าว : ยิปซั่ม : ดีเกลือ : ปูนขาว ในอัตาส่วน 1 : 0.05 : 0.02 : 0.002 : 0.01) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน เปิดถุงเห็ดเพื่อให้เกิดดอกเห็ดโดยการกรีดเฉียงตามแนวถุงให้ได้ 5 รอยด้วยมีด

2.3 การสกัดโพลีแซ็กคาไรด์

สกัดโพลีแซ็กคาไรด์โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ [12, 13] นำดอกเห็ด เส้นใยเห็ดและเส้นใยในถุงเห็ด มาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนกระทั่งได้น้ำหนักแห้งคงที่ นำตัวอย่างแห้งมาบดเป็นผงด้วยครก แล้วจึงนำไปสกัดในน้ำเดือดโดยใช้อัตราส่วน 1:15 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองเพื่อแยกกากและนำน้ำที่ได้มาผสมกับสารละลายกรดไตรคลอโรอะเซติกที่ความเข้มข้น 0.8 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5000 x g เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนที่อยู่เหนือตะกอนผสมกับเมทานอลอัตราส่วน 1:4

(ปริมาตรต่อปริมาตร) ทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อตกตะกอนโพลิแซ็กคาไรด์ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5000 x g เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกตะกอน นำตะกอนที่ได้ไปทำให้แห้งโดยวิธีการแช่เยือกแข็ง จากนั้นบันทึกน้ำหนักแห้งของโพลิแซ็กคาไรด์ที่ได้

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีฟีนอลซัลฟิวริก[14] โดยผสมสารสกัดที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร กรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร และฟีนอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที รอให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 490 นาโนเมตร โดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส ความเข้มข้น 0-0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging [15]

ผสมสารละลาย DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazine) ที่ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ใน ethanol ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ในความมืดเป็นเวลา 60 นาที และนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณค่าการยับยั้งสารอนุมูลอิสระโดยใช้สมการที่ 1 และรายงานค่าเป็น mg Trolox equivalent/ mg extract

$$\%inhibition = \left[\frac{Ac-As}{Ac}\right]\times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ Ac หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของตัวควบคุม
As หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง

2.6 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay [16]

เตรียมสารละลาย ABTS -+ โดยผสมสารละลาย ABTS ที่ความเข้มข้น 0.7 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย Potassium persulfate ที่ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 1:1 วางไว้ในที่มืดเป็นเวลา 16 ชั่วโมงก่อนนำมาใช้ และนำสารละลาย ABTS -+ มาเจือจางในเมทานอลและนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ให้ได้ค่า 0.7 แล้วจึงผสมสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย ABTS -+ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที และนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร โดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณค่าการยับยั้งสารอนุมูลอิสระโดยใช้สมการที่ 2 และรายงานค่าเป็น mg Trolox equivalent/ mg extract

$$\%inhibition = \left[\frac{As-Ac}{As}\right]\times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ Ac หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของตัวควบคุม
As หมายถึง ค่าดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ปริมาณของสารสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณสาระสำคัญ

จากการสกัดโพลิแซ็กคาไรด์จากดอกเห็ด เส้นใยเห็ดและเส้นใยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งพบว่า ดอกเห็ดให้ปริมาณสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์มากที่สุดคือ 0.013±0.001 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง และเส้นใยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งให้ปริมาณ

สารสกัดต่ำที่สุดคือ 0.002±0.001 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง เมื่อนำสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์ไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีฟีนอลซัลฟิวริกพบว่า เส้นใยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด คือ 0.465±0.026 mg glucose/mg of extract และเส้นใยเห็ดให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุดคือ 0.284±0.202 (ตารางที่ 1)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่วัดได้คิดเป็นร้อยละ 28.4-46.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ร้อยละ 54.5-71.6 เป็นโพลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตหรือมีน้ำตาลกลูโคสเป็นหน่วยย่อย

ตารางที่ 1 ปริมาณของสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์และปริมาณปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ตัวอย่าง	ปริมาณสารสกัด (mg/g ของน้ำหนักแห้ง)	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (mg Glucose/mg of Extract)
ดอกเห็ด	0.013±0.001	0.362±0.163
เส้นใยเห็ด	0.011±0.003	0.284±0.202
เส้นใยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้ง	0.002±0.001	0.465±0.026

3.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging พบว่า เส้นใยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคือ 0.624±0.245 mg Trolox equivalent/mg extract และดอกเห็ดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดคือ 0.041±0.599 mg Trolox equivalent/mg extract และจากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS radical scavenging assay ไม่พบประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในดอกเห็ด เส้นใยเห็ด และเส้นใยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้ง (ตารางที่ 2)

จากการทดลองพบว่า สารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์จากทั้งสามตัวอย่างมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัวและอยู่ในรูปอนุมูลอิสระอยู่แล้ว ไม่ต้องทำปฏิกิริยาก่อน แต่ไม่พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระชนิดเปอร์ออกซี [17] การทดลองของ Thetsrimuang และคณะแสดงให้เห็นว่าโพลิแซ็กคาไรด์จากเห็ด *Lentinus sp.* มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS มากกว่าวิธี DPPH แสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของโพลิแซ็กคาไรด์มีความจำเพาะกับวิธีการวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเป็นที่น่าสนใจว่าสารสกัดโพลิแซ็กคาไรด์จากเส้นใยในก้อนเห็ดเหลือทิ้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด [18] และน่าจะนำก้อนเห็ดเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ในการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 2 ฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระ

ตัวอย่าง	DPPH (mg trolox equivalent/ mg extract)	ABTS (mg trolox equivalent/ mg extract)
ดอกเห็ด	0.041±0.599	0
เส้นใยเห็ด	0.428±0.132	0
เส้นใยจากก้อนเห็ดเหลือทิ้ง	0.624±0.245	0

4. บทสรุป

จากการสกัดโพลีแซ็กคาไรด์ที่ได้จากดอกเห็ด เส้นใยและและเส้นใยในก้อนเห็ดเหลือทิ้งที่ได้จากการเพาะเห็ดแครงพบว่ามีปริมาณโพลีแซ็กคาไรด์เท่ากับ 0.013 0.011 และ 0.002 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อนำโพลีแซ็กคาไรด์มาวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่า มีคาร์โบไฮเดรต 0.362 0.284 และ 0.465 mg Glucose/mg extract ตามลำดับ เมื่อ

นำสารสกัดโพลีแซ็กคาไรด์มาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเมื่อใช้วิธี DPPH เท่านั้น และพบว่าสารสกัดโพลีแซ็กคาไรด์จากเส้นใยในก้อนเห็ดเหลือทิ้งที่ได้จากการเพาะเห็ดแครงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เท่ากับ 0.624±0.245 mg Trolox equivalent/mg extract

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Acharya, K., S. Ghosh, and A.K. Dutta, *Pharmacognostic standardization based on physicochemical and molecular parameters of a medicinal mushroom Schizophyllum commune.* Oriental Pharmacy and Experimental Medicine, 2016. 16(4): p. 259-266.

[2] Jayakumar, G.C., et al., *Preparation and antimicrobial activity of scleraldehyde from Schizophyllum commune.* Carbohydrate Research, 2010. 345(15): p. 2213-2219.

[3] Wasser, S.P. and A.L. Weis, *Therapeutic effects of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: a modern perspective.* Crit Rev Immunol, 1999. 19(1): p. 65-96.

[4] Komatsu, N., et al., *HOST-MEDIATED ANTITUMOR ACTION OF SCHIZOPHYLLAN, A GLUCAN PRODUCED BY SCHIZOPHYLLUM COMMUNE.* GANN Japanese Journal of Cancer Research, 1969. 60(2): p. 137-144.

[5] Nuraeni Ekowati, et al., *Compounds detection and inhibition activity of chloroform and ethyl acetate extracts of Schizophyllum commune on some cancer cell types.* Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 2020. 21.

[6] Hobbs, C., *The Chemistry, Nutritional Value, Immunopharmacology, and Safety of the Traditional Food of Medicinal Split-Gill Fugus Schizophyllum commune Fr.:Fr. (Schizophyllaceae). A Literature Review.* 2005. 7(1&2): p. 127-140.

[7] Klaus, A., et al., *Antioxidative activities and chemical characterization of polysaccharides extracted from the basidiomycete Schizophyllum commune.* LWT - Food Science and Technology, 2011. 44(10): p. 2005-2011.

[8] Chaikliang, C., et al., *Evaluation on prebiotic properties of β-glucan and oligo-β-glucan from mushrooms by human fecal microbiota in fecal batch culture.* Functional Foods in Health & Disease, 2015. 5: p. 395-405.

[9] He, P., et al., *Chemical characterization and antioxidant activity of polysaccharide extract from spent mushroom substrate of Pleurotus eryngii.* Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2016. 69: p. 48-53.

[10] Zhang, J., et al., *Extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides of spent mushroom compost of Ganoderma lucidum.* International Journal of Biological Macromolecules, 2016. 82: p. 432-439.

[11] Zhao, H., et al., *Antioxidant and Hepatoprotective Activities of Polysaccharides from Spent Mushroom Substrates (Laetiporus sulphureus) in Acute Alcohol-Induced Mice.* Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2017. 2017: p. 5863523.

[12] Chou, W.-T., I.-C. Sheih, and T.J. Fang, *The Applications of Polysaccharides from Various Mushroom Wastes as Prebiotics in Different Systems.* Journal of Food Science, 2013. 78(7): p. M1041-M1048.

[13] Guo, F., et al., *In vitro fermentation characteristics of two mushroom species, an herb, and their polysaccharide fractions, using chicken cecal contents as inoculum.* Poultry science, 2003. 82: p. 1608-15.

[14] Sawangwan, T., et al., *Study of prebiotic properties from edible mushroom extraction.* Agriculture and Natural Resources, 2018. 52.

[15] Butkhup, L., W. Samappito, and S. Jorjong, *Evaluation of bioactivities and phenolic contents of wild edible mushrooms from northeastern Thailand.* Food Science and Biotechnology, 2018. 27(1): p. 193-202.

[16] Zhang, X.-L., et al., *Evaluation on Antioxidant Effect of Xanthohumol by Different Antioxidant Capacity Analytical Methods.* Journal of Chemistry, 2014. 2014: p. 1-6.

[17] สุชาดา มานอก และปวีณา ลิ้มเจริญ การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี *DPPH, ABTS* และ *FRAP* และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดสมุนไพรในตำรับยาหอมเทพจิตร. Advenced Science, 2015. 15.

[18] Thetsrimuang, C., S. Khammuang, and R. Sarnthima, *Antioxidant activity of crude polysaccharides from edible fresh and dry mushroom fruiting bodies of Lentinus sp. strain RJ-2.* International Journal of Pharmacology, 2011. 7(1): p. 58-65.

การออกแบบเครื่องหยอดเมล็ดปรับตั้งได้ลงในถาดเพาะกล้าด้วยมอเตอร์ตัวเดียว

Design of an adjustable plug tray seeding machine with single motor

ชินโชติ คันธกุลดุษฎี[1*] และ กรรมมันต์ ชูประเสริฐ[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[*]Email: chinachote@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอเครื่องหยอดเมล็ดลงในถาดเพาะกล้ารูปแบบใหม่ โดยที่เครื่องนี้สามารถปรับให้ทำงานได้กับเมล็ดขนาดเล็กหลายชนิด รวมถึงยังสามารถปรับให้ใช้กับถาดเพาะกล้าได้หลายขนาดเช่นกัน โดยที่ระบบหยิบและวางเมล็ดจะใช้ระบบเคลื่อนที่ในแกนเดียวร่วมกับระบบสุญญากาศ ส่วนกลไกในการเคลื่อนถาดจะใช้แขนกลที่ต่ออยู่กับชุดเคลื่อนที่ของระบบหยิบเมล็ด ซึ่งจากการทดสอบแล้ว เครื่องมีความสามารถหยอดเมล็ดได้ถึง 97% และ มีความแม่นยำอยู่ในระยะเส้นผ่านศูนย์กลาง 24.4 mm

คำสำคัญ: linear actuator , ระบบสุญญากาศ , เมล็ดขนาดเล็ก , กลไก double slider crank

Abstract

This study presents a new way of building a plug tray seeding machine. This machine can be easily adjusted to works with wide variety of small seeds and most size of plug trays. The seed picking and dropping system uses a linear actuator with vacuum suction system. The tray indexing system uses a pusher arm connected to the seed picking system which works like a double slider crank mechanism. By testing a machine, the sowing accuracy is in 97% seeding rate within boundary on 24.4mm

Keywords: linear actuator , vacuum system , small seeds , double slider crank mechanism

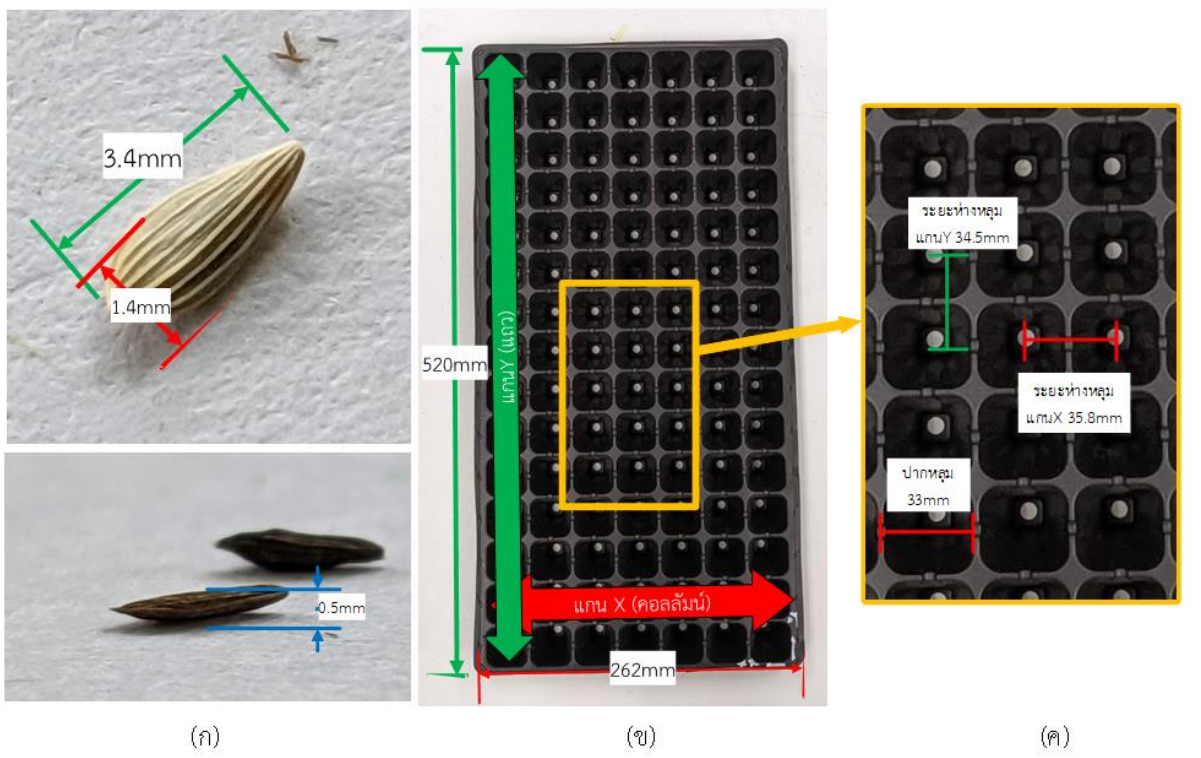
1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีการบริโภคพืชผักมากขึ้น จึงต้องการกำลังการผลิตมากขึ้น แต่ว่าขั้นตอนแรกในการปลูกผักซึ่งคือการหยอดเมล็ดลงในถาดเพาะนั้นทำได้ยากและใช้เวลาค่อนข้างนาน ซึ่งเราสามารถใช้เครื่องจักรทุ่นแรงและเวลาในการหยอดเมล็ดได้ โดยที่เครื่องจักรที่มีขายตามท้องตลาด ที่สามารถหยอดเมล็ดได้หลากหลายแบบ และใช้ได้กับถาดหลากหลายรูปแบบนั้น มีความซับซ้อนและราคาแพง ซึ่งพอหาข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆแล้วพบว่า มีงานวิจัยของสถาบันการเกษตรประเทศอินเดีย [1] เป็นเครื่องหยอดแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยที่เครื่องนี้ใช้มอเตอร์เดี่ยวในการขับกลไกต่างๆและใช้ระบบสุญญากาศในการหยิบเมล็ดอย่างแม่นยำ และยังมีเครื่องอีกรูปแบบหนึ่ง [2] เป็นเครื่องหยอดเมล็ดคะน้า เครื่องนี้ใช้มอเตอร์และเฟืองโซ่ในการขยับและจัดตำแหน่ง ส่วนการหยิบเม็ดใช้ระบบdrumและสุญญากาศ งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่เป็นการพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ด ที่มีความเรียบง่าย ราคาไม่แพง และสามารถปรับตั้งให้ใช้ได้กับเมล็ดหลากหลายรูปแบบ และ ถาดหลากหลายรูปแบบ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 เป้าหมายในการออกแบบ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ เป็นการทำเครื่องจักรสำหรับเมล็ดที่สามารถหยอดลงหลุมด้วยมือได้ยาก ซึ่งจะเป็นเมล็ดขนาดเล็ก เช่น ผักสลัด โดยเราจะใช้เมล็ดผักสลัดเป็นเมล็ดเป้าหมาย และ ถาดที่เหมาะกับเมล็ดผักสลัดซึ่งเป็นถาดขนาด 105 หลุม



ภาพที่ 1 ขนาดของเมล็ดและถาดเป้าหมาย (ก) ขนาดของเมล็ด (ข) ขนาดโดยรวมของถาด (ค) ขนาดหลุมของถาด

เมล็ดมีขนาดโดยเฉลี่ยคือ กว้าง 1.4 mm, ยาว 3.4 mm, หนา 0.5 mm ถาดมีขนาดที่สำคัญดังนี้ จำนวนหลุม 105 หลุม (7 คอลัมน์, 15 แถว), ความกว้างโดยรวม 262 mm, ความยาวโดยรวม520 mm, ปากหลุม 33 mm, ระยะห่างหลุมแนวX 35.8 mm ระยะห่างแนวY 34.5 mm ดังนั้น เครื่องจักรต้องสามารถปรับตั้งให้จัดตำแหน่งในแนวXได้ 35.8 mm และขยับแนวYได้ทีละ 34.5 mm โดยความแม่นยำจะต้องอยู่ในระยะ 33mm เพื่อหยอดเมล็ดให้ลงในหลุม

2.2 ขั้นตอนการทำงานโดยรวม

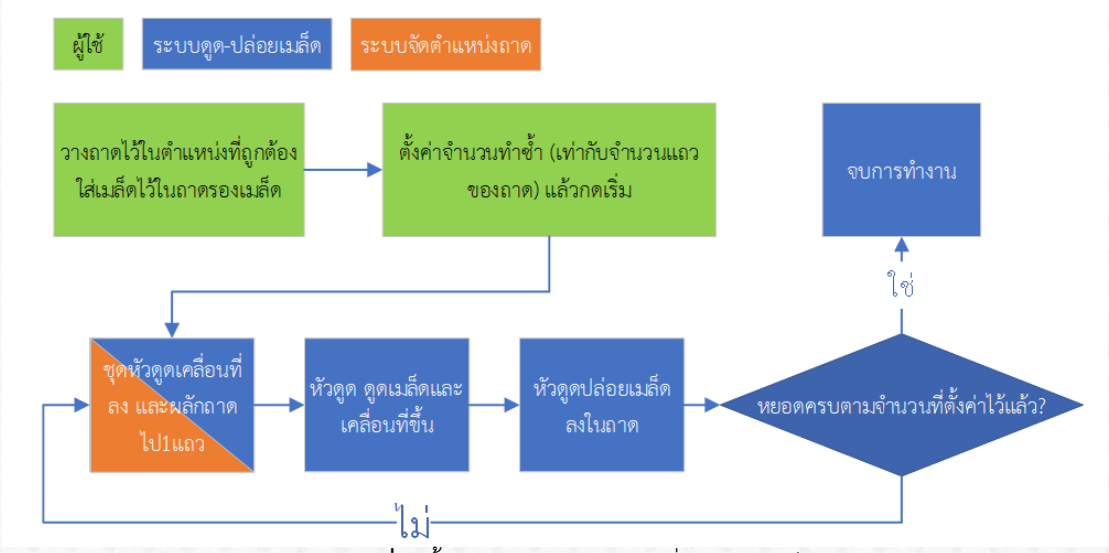
ในการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดจะแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน คือ 1. ผู้ใช้งานมีหน้าที่ตั้งค่าเครื่องให้เหมาะสมกับถาดและเมล็ดที่ใช้งาน และ เป็นผู้วางถาด-เมล็ดลงในเครื่อง และ หยิบถาดที่หยอดเสร็จแล้วออกจากเครื่อง 2. ระบบดูด-ปล่อยเมล็ดมีหน้าที่หยิบ-ปล่อยเมล็ดลงในตำแหน่งที่กำหนดไว้ 3. ระบบเลื่อนถาด มีหน้าที่เลื่อนถาดมาให้ตรงกับตำแหน่งที่ปล่อยเมล็ด

2.3 ระบบหยิบ-หยอดเมล็ด

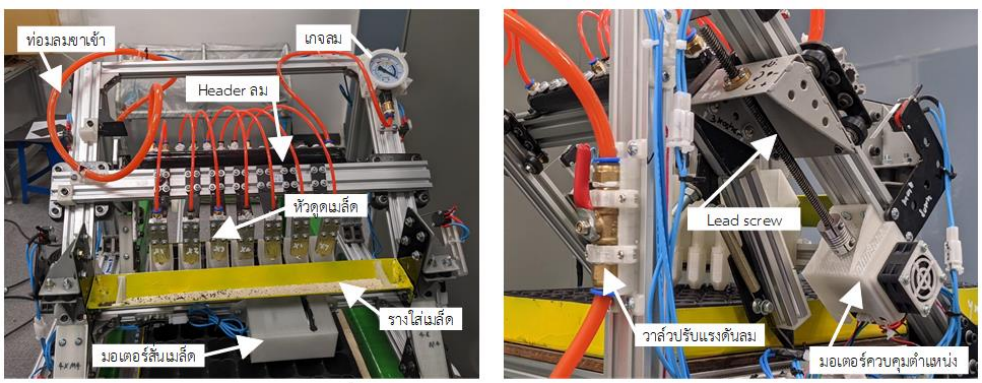
หัวหยิบ-หยอดเมล็ด ประกอบด้วยหัวดูดย่อย ๆ ถูกติดตั้งบนคานที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ , ด้านล่างมีถาดสำหรับใส่เมล็ดอยู่ โดยที่การดูดและปล่อยเมล็ดจะใช้ระบบสุญญากาศในการควบคุม

การทำงานของระบบดูด-ปล่อยเมล็ดจะมีด้วยกัน3จังหวะ คือ ในจังหวะที่หนึ่งชุดหัวดูดจะอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น (บนสุด)และจะค่อยๆเคลื่อนที่ลงมา , จังหวะที่สอง เมื่อปลายของหัวจุ่มลงไปในถาดพักเมล็ดระบบสุญญากาศจะทำงาน ทำให้

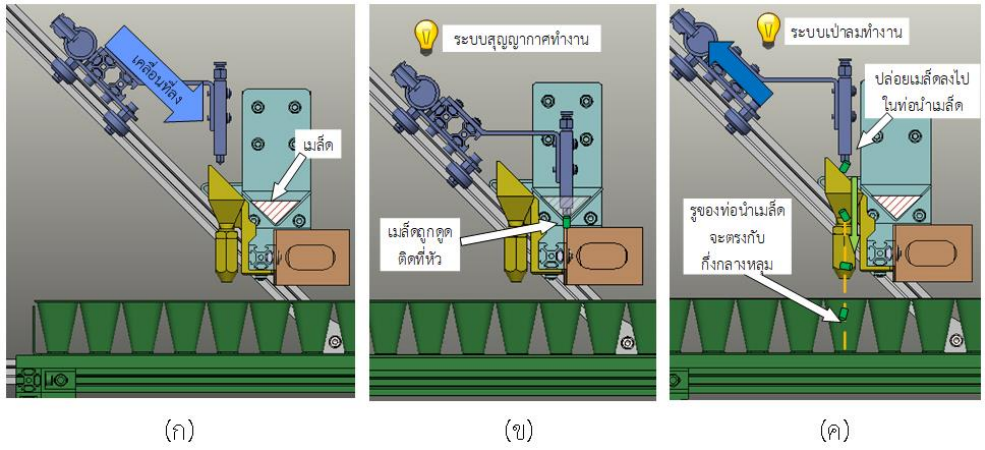
เมล็ดถูกดูดติดขึ้นมา และจังหวะที่สาม ชุดหัวดูดจะเคลื่อนที่ขึ้นพร้อมกับดูดเมล็ดติดมาด้วย เมื่อหัวเคลื่อนถึงปากท่อนำเมล็ด ระบบสุญญากาศจะตัดการทำงาน ทำให้เมล็ดหล่นลงไปในตำแหน่งที่ถูกต้องของถาดเพาะเมล็ด



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ด



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของระบบดูด-ปล่อยเมล็ด

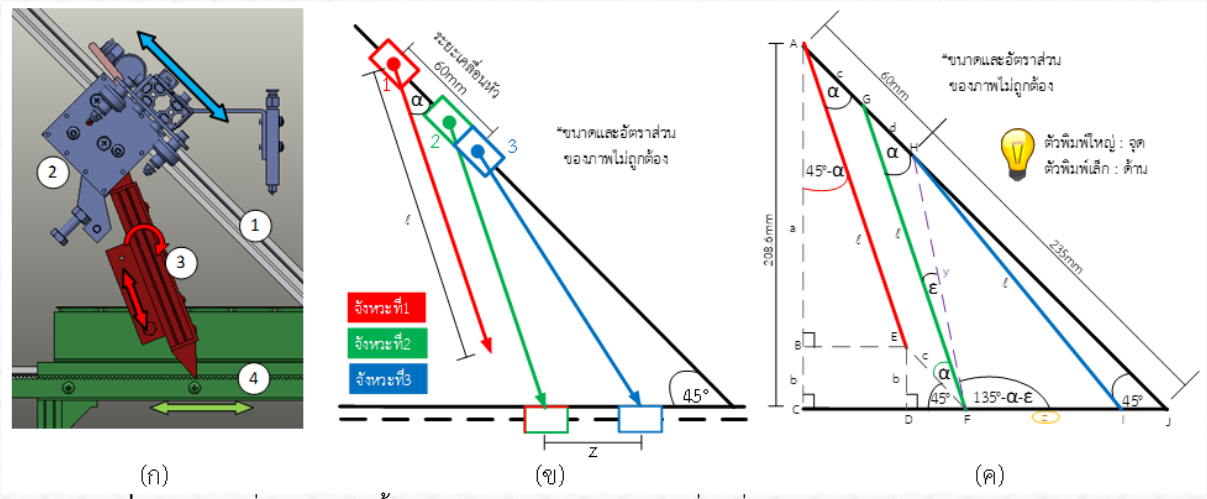


(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของระบบดูด-ปล่อยเมล็ด (ก) เคลื่อนที่ลง (ข) ดูดเมล็ดติดไว้ที่หัว (3) ปล่อยเมล็ดลงถาด

2.4 ระบบจัดตำแหน่งถาด

การจัดตำแหน่งถาดนั้นทำโดยแขนผลักที่ติดตั้งอยู่กับชุดหัวดูดเมล็ด ซึ่งชุดแขนผลักประกอบด้วยชิ้นส่วนคือ 1. โครง 2. แกนหมุน 3. แขนผลัก 4. รถขนถาด โดยที่แขนผลักจะทำการผลักถาดไป1หลุม ทุกๆครั้งที่หัวดูดเคลื่อนที่ลง ดังนั้นในการที่หัวดูดทำงานครบ1รอบ แขนผลักจะผลักถาดไป1หลุมพอดี



ภาพที่ 5 ระบบเคลื่อนถาด (ก) ชิ้นส่วนต่างๆ (ข) ตำแหน่งการเคลื่อนที่ (ค) รูปเรขาคณิตในการคำนวณตำแหน่ง

ขั้นตอนในการทำงานคือ ตอนเริ่มต้นแขนจะอยู่ด้านบนสุด(ตำแหน่งที่1) จากนั้นจะเคลื่อนที่ลงมาโดยยังไม่สัมผัสถาด เมื่อถึงตำแหน่งที่2แขนเริ่มสัมผัสกับถาดและเริ่มผลักถาดไปข้างหน้า เมื่อหัวดูดเคลื่อนลงถึงตำแหน่งต่ำสุด(ตำแหน่งที่3)ถาดจะถูกผลักไป1หลุม(ระยะz)พอดี โดยที่ในจังหวะที่หัวดูดเคลื่อนที่ขึ้นไปยังตำแหน่งเดิม แขนจะไม่สัมผัสกับถาด ทำให้ถาดอยู่นิ่งและรอการผลักในรอบถัดไป

การคำนวณระยะทางที่ถาดถูกผลักไปจากรูป ค สามารถทำโดยที่inputคือ มุม α (มุมที่แขนผลักทำกับแนวการเคลื่อนที่ในตอนแรก) , ระยะ ℓ (ความยาวของแขนผลัก) และ outputคือระยะz (ระยะที่ถาดถูกผลักไปข้างหน้า)
โดยวิธีการคำนวณค่าz เป็นดังนี้

จากสามเหลี่ยมมุมฉากABE สามารถคำนวณความยาวด้าน a โดยใช้สมการที่

$$\cos(45°-\alpha)=\frac{a}{\ell} \tag{1}$$

เนื่องจากความยาวด้าน AC = 208.6mm จึงสามารถคำนวณความยาวด้านb จากสมการที่

$$208.6=a+b \tag{2}$$

จากสามเหลี่ยมมุมฉากEDF สามารถคำนวณความยาวด้าน c จากสมการ (3)

$$\sin(45°)=\frac{b}{c} \tag{3}$$

เนื่องจากความยาวด้าน AH = 60mm ทำให้คำนวณความยาวด้านdจากสมการได้

$$60=c+d \tag{4}$$

จากสามเหลี่ยมGHF คำนวณความยาวของด้านyและมุมε จากกฎของsinและcosineรวมกันในสมการคือ

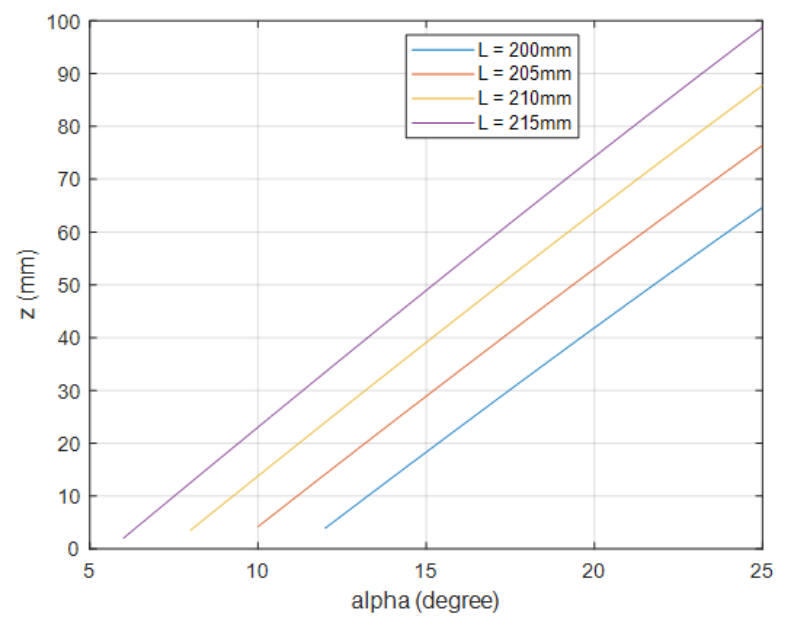
$$\frac{\sin(\alpha)}{y}=\frac{\sin(\varepsilon)}{d} \tag{5.1}$$

$$y^2=\ell^2+d^2-2\ell d\cos(\alpha) \tag{5.2}$$

จากสามเหลี่ยมFIH คำนวณระยะzโดยใช้กฎcosine ได้

$$\ell^2 = y^2 + z^2 - 2yz\cos(135° - \alpha - \varepsilon) \quad (6)$$

จากสมการที่(1)ถึง(6) นำมาหาความสัมพันธ์ได้โดยการพล็อตเป็นชุดของกราฟเส้นตรงดังภาพที่

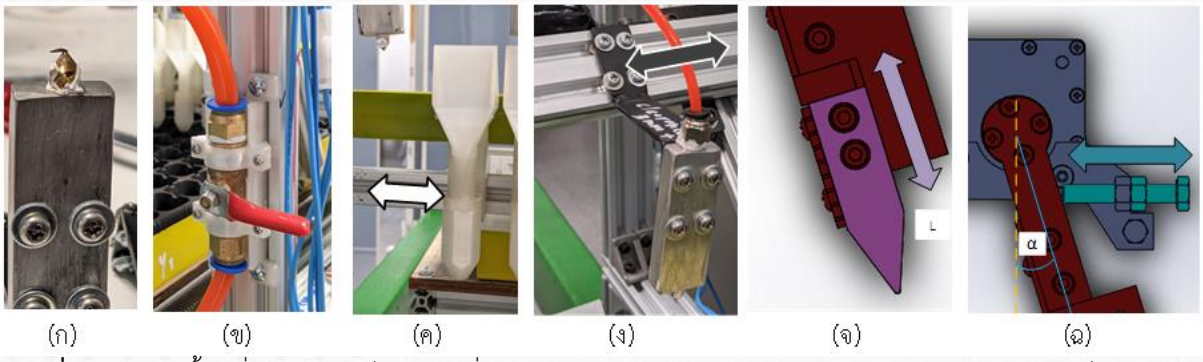


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะ ℓ , มุม**α** และ ระยะz

โดยจากจากกราฟด้านบน จะสามารถหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมสำหรับถาดแต่ละขนาดได้

2.5 การปรับตั้ง

เครื่องสามารถปรับตั้งให้ทำงานได้กับเมล็ดและถาดหลายขนาด โดยสิ่งที่ปรับตั้งได้คือ (1)ขนาดและชนิดของเมล็ด สามารถปรับได้โดย เปลี่ยนขนาดของหัวดูด(nozzle)ซึ่งnozzleที่ใช้ เป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับเครื่อง 3D printer จึงหาซื้อได้ทั่วไป และ มีหลายขนาดให้เลือก หรือปรับวาล์วควบคุมแรงดันลมได้เช่นกัน (2)ชนิดของถาด สามารถปรับตั้งโดยขยับชุดหัวหยอดให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสม และ ปรับตั้งกลไกผลักถาด



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ)

ภาพที่ 7 การปรับตั้งเครื่องหยอดเมล็ด (ก) เปลี่ยนขนาดหัวดูด (ข) ปรับวาล์วลม (ค) ปรับตำแหน่งท่อนำเมล็ด (ง) ปรับตำแหน่งหัวดูดเมล็ด (จ) ปรับความยาวแขนผลักถาด (ฉ) ปรับมุมแขนผลักถาด

2.6การทดลอง

ก่อนการทดลอง ได้ทำการตั้งค่าเครื่องให้ใช้ได้กับถาด 105 หลุม และ ใช้เมล็ดงาขาวในการทดสอบ เนื่องจากงาขาวมีราคาถูกกว่าและง่ายต่อการนับเนื่องจากงาขาวมีสีตัดกับดิน



ภาพที่ 8 การตั้งค่าเครื่องให้เหมาะสำหรับเมล็ดงาขาวและถาด105หลุม (ก) ใช้ขนาดหัวดูดที่เหมาะสมและวางตำแหน่งหัวให้เหมาะสม (ข) วางตำแหน่งท่อนำเมล็ดให้เหมาะสม (ค) ตั้งค่าความยาวและมุมของกลไกผลักเมล็ด (ง) ตั้งค่ารอบทำซ้ำ

โดยการทดลอง จะทดลองหยอดลงในหลุมที่ใส่ดินเปียกจนเต็มหลุมเพื่อลดการเด้งออกของเมล็ด และนำถาดที่หยอดเสร็จแล้วมานับเมล็ดที่หยอดได้

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ทำการหยอดไปทั้งหมด11ถาด และทำการหาตำแหน่งของเมล็ด ดังภาพที่ 9

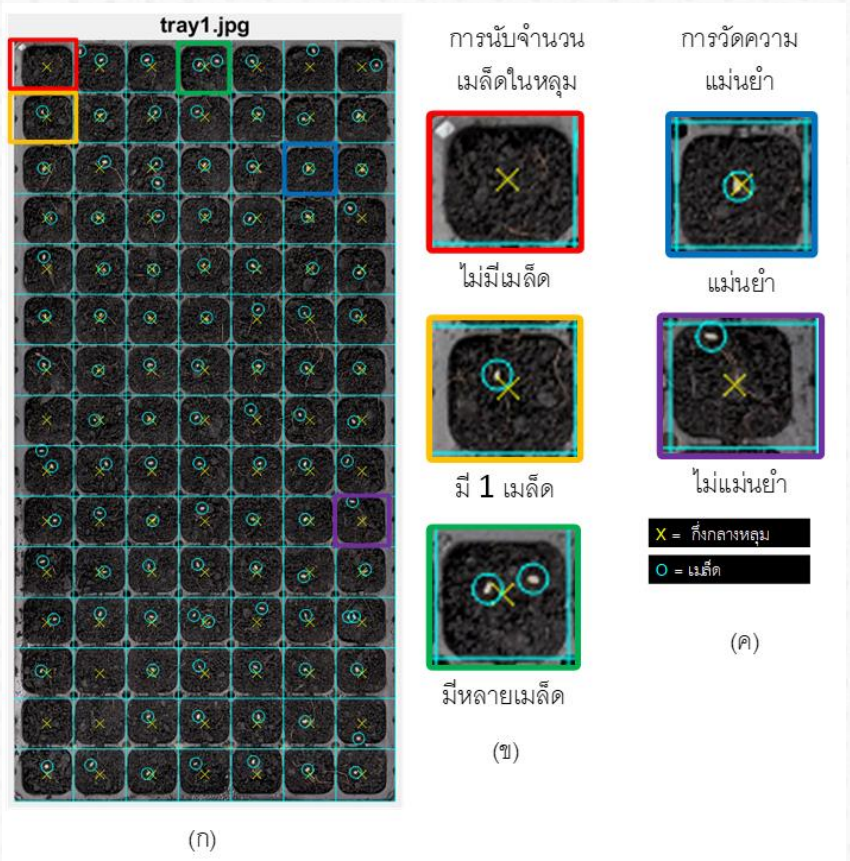
3.1 ประสิทธิภาพของเครื่องหยอด คิดโดยจำนวนเมล็ดที่ถูกหยอด

เมื่อเราทำการนับจำนวนหลุมประเภทต่างๆจากถาดที่หยอดโดยเครื่องหยอดเมล็ดทั้งหมด 11 ถาด ได้ผลดังตารางด้านล่าง

ประเภทหลุม	จำนวน	ร้อยละ
หลุมที่หยอดไม่ลง	37	3
หลุมที่หยอดลง1เมล็ด	1073	93
หลุมที่หยอดลงหลายเมล็ด	45	4
รวม	1155	100

ตารางที่ 1 วัดประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ด ด้วยจำนวนเมล็ดที่หยอดลงไปในหลุม

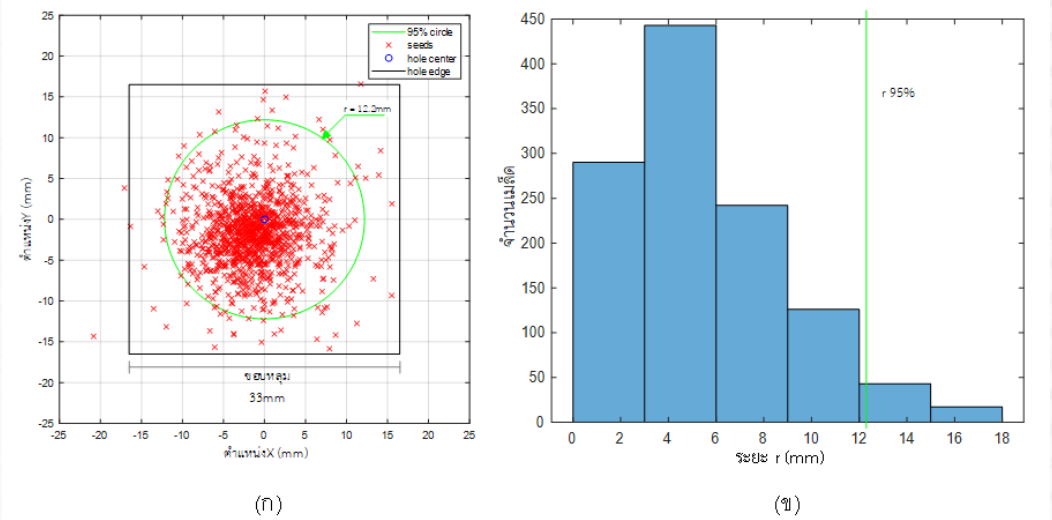
จากตารางพบว่า เมื่อรวมจำนวนหลุมที่ถูกหยอดเมล็ดลงไป(1เมล็ด และ หลายเมล็ด) จะได้อัตราหยอดเมล็ดลงอยู่ที่ 97%



ภาพที่ 9 ตัวอย่างถาดที่หยอดเมล็ดด้วยเครื่องหยอดเมล็ด (ก) ภาพโดยรวม (ข) การแยกหลุมด้วยจำนวนเมล็ดที่ถูกหยอด (ค) การเก็บค่าความแม่นยำ

3.2 ประสิทธิภาพของเครื่องหยอด คิดโดยตำแหน่งที่หยอดเมล็ดลงไป เทียบกับกึ่งกลางหลุม

เมื่อนำภาพของถาดที่ทำการทดลองมาหาตำแหน่งที่เมล็ดถูกหยอดลงไป และนำตำแหน่งของทุกๆเมล็ดมารวมกันจะได้ผลดังภาพข้างล่าง (เมล็ดที่ถูกหยอดทั้งหมด 1164 เมล็ด)



ภาพที่ 9 ตำแหน่งเมล็ดที่ถูกหยอด (ก) แผนผังตำแหน่ง (ข) การกระจายของเมล็ด(คิดจากระยะrวัดจากกึ่งกลางหลุม)

จากภาพด้านบน เมื่อคำนวณหาวงกลมที่ครอบคลุมจำนวนเมล็ดทางสถิติให้ได้ 95% จะได้ขอบเขตวงกลมที่มีรัศมีเท่ากับ 12.2mm หรือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 24.4mm ซึ่งอยู่ในขอบเขตของหลุม (สีเหลี่ยม33mm) ดังนั้นถือว่า ความแม่นยำของเครื่องสามารถใช้ได้กับถาดขนาดหลุมเล็กสุดประมาณ24mm

4. บทสรุป

จากการทดสอบพบว่า เครื่องหยอดเมล็ดต้นแบบ มีอัตราหยอดเมล็ดลงหลุม97% แล้วสามารถตั้งค่าให้หยอดเมล็ดทีละ1เมล็ดได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเหมาะกันการนำไปใช้ได้กับเมล็ดที่มีขนาดเล็กและราคาค่อนข้างแพง และเครื่องมีความแม่นยำในการหยอดอยู่ในช่วงรัศมี25mmจากตำแหน่งกลางหลุม ซึ่งสามารถนำไปใช้กับถาดเพาะเมล็ดได้หลากหลายขนาด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการ Dynamic, Control and Automation ห้อง 61302 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และโครงการวิจัย พิเศษ 2.64 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับเงินทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] B.B. Gaikwad., N.P.S. Sirohi. Design of a low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays. *BIOSYSTEMS ENGINEERING.* 99(2008)322– 329.

[2] เกรียงไกร แซมสีม่วง., เกียรติศักดิ์แสงประดิษฐ์. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าประสิทธิภาพสูงสำหรับการเพาะกล้า. *วารสารวิชาการเกษตร.* ปีที่32 ฉบับที่2 178-187.

การศึกษาแนวทางการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ย่อยสลายง่ายจากวัสดุธรรมชาติ

The Synthesis of Hydrogel Using Environmental-Friendly Substances for Degradable Plant Pot

ปาณิศา แสงสมบัติ[1] วิรัลยุพา กุลนิล[1] ภัทรธิดา ชินพิมาย[1] และ ณรงค์ธรรม ทองสุขแสงเจริญ[1*]

[1]โรงเรียนสตรีนนทบุรี

[*]Email: narongdhamm@satrinon.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ย่อยสลายง่ายจากวัสดุธรรมชาติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล โดยศึกษาการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ ร่วมกับพอลิเมอร์ธรรมชาติ คือเคราติน และไคโตซาน ซึ่งแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่การศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล และการศึกษาอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล และนำไปพิสูจน์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยพิจารณาจากค่าความเป็นเจล และค่าการบวมได้ของเจล จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล คือสังเคราะห์จากสารตั้งต้นชนิดเคราติน ไคโตซาน และกรดซิตริกในอัตราส่วน 1:1:1 โดยให้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที โดยมีค่าความเป็นเจลเท่ากับ 48.71 ค่าการบวมได้ของเจลเท่ากับ 462.12 และอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจลเท่ากับ 13.16 กรัม/2 สัปดาห์

คำสำคัญ: ไฮโดรเจล ไมโครเวฟ กระถางต้นไม้ย่อยสลายง่าย

Abstract

The research will focus on the most convenient hydrogel synthesis for a degradable plant pot. This research aimed to study using microwave-assisted radiation from polyvinyl alcohol (PVA) with nature polymer (keratin and chitosan). The research will be divided into four parts. First, the positive way to synthesize hydrogel, then the optimum condition consisted of the best ratio and hydrogel degradation was characterized by physical properties focused on gel fraction and swelling degree. The results found that the optimum synthesis of hydrogel substance (keratin: chitosan: citric acid) (1:1:1) in microwave-assisted radiation at 600 W for 3 minutes. The gel fraction and swelling degrees were 48.7 and 462.12. The hydrogel degradation also presented was 13.16 g/ 2 weeks.

Keywords: Hydrogel, Microwave, Degradable plant pot

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำพอลิเมอร์มาใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกมากมาย เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย จึงได้มีงานวิจัยพัฒนาเกี่ยวกับวิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากสารตั้งต้นที่แตกต่างกันไป เพื่อให้พอลิเมอร์มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการใช้งานเฉพาะด้าน โดยเฉพาะไฮโดรเจล ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ (hydrophilic) มีคุณสมบัติพิเศษในการดูดซับน้ำและกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้ดี ไม่ละลายน้ำ และยอมให้โมเลกุลต่าง ๆ เช่น น้ำ แก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถแพร่ผ่านได้ ในปัจจุบันมีการนำไฮโดรเจลมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายวัตถุประสงค์ เช่นด้านสุขอนามัย นำมาผลิตเป็นผ้าอ้อมสำเร็จรูป และผ้าอนามัย ด้านการแพทย์ นำมาผลิตเป็นคอนแทคเลนส์ และแผ่นปิดแผล [2] โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการเกษตรที่มีการพัฒนาเป็นวัสดุปลูกต้นไม้ ซึ่งการพัฒนาไฮโดรเจลเพื่อผลิตเป็นวัสดุปลูกต้นไม้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องไม่สร้างมลพิษในดิน และสารตกค้างในพืช

สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลอาจเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymer) จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี หรือพอลิเมอร์จากธรรมชาติ (natural polymer) ที่สามารถย่อยสลายได้เอง มีความปลอดภัยสูง และสามารถแตกสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ [7] จึงไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม [19] โดยสารตั้งต้นที่นิยมใช้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลคือ polyvinyl alcohol (PVA) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์โมเลกุลใหญ่ชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เป็นผงสีขาวเกล็ด มีขั้ว จึงสามารถละลายได้ในน้ำที่มีขั้ว ทำให้ใช้งานง่าย สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ [17] ราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่การสังเคราะห์ไฮโดรเจลด้วยสารเพียงชนิดเดียวไม่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาได้ จึงมีการวิจัยพัฒนาการใช้สารตั้งต้นร่วม เช่น เซลลูโลส แป้ง ไคโตซาน [2] และเคราติน เป็นต้น

เคราตินเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ สร้าง และพบบริเวณเยื่อบุผิวของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชั้นสูง เป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงเชิงกลสูงเนื่องจากมีจำนวนพันธะไดซัลไฟด์อยู่เป็นจำนวนมาก พบมากในขน เล็บ เขา กีบเท้าสัตว์ และเส้นผม ประกอบไปด้วยธาตุไนโตรเจน (N) ที่เป็นธาตุอาหารหลักสำหรับพืชประมาณ 15-18% [7] ธาตุซัลเฟอร์ (S) ที่เป็นธาตุอาหารรองสำหรับพืช ประมาณ 2-5% และเมื่อพิจารณาจากเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน พบว่าการขาดหลุดร่วงของเส้นผมเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ อีกทั้งยังก่อให้เกิดขยะที่ย่อยสลายได้ยาก และยังสามารถสร้างปัญหาได้อีกมากมายหากกำจัดอย่างไม่ถูกวิธี

ไคโตซานก็เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติอีกชนิดหนึ่งที่สกัดได้จากเปลือกกุ้ง กั้ง กระดองปู และแกนปลาหมึก ซึ่งประเทศไทยมีเปลือกของสัตว์เหล่านี้เป็นจำนวนมากเพราะมีการผลิต และส่งออกอาหารทะเลรายใหญ่ของโลก ส่งผลให้ไคโตซานในประเทศไทยมีราคาถูก [5] ไคโตซานมีสมบัติไม่เป็นพิษ [6] และสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ไคโตซานไม่ละลายน้ำ รวมทั้งด่างและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มีค่า pH น้อยกว่า 6 ซึ่งส่วนมากนิยมใช้กรดซีตริก ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) ที่เป็นกรดอ่อน (weak acid) พบตามธรรมชาติในอาหารหลายชนิด เช่นผัก และผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว และยังมีการใช้กรดซิตริกเป็นสารเชื่อมขวางในหลายงานวิจัย

กระบวนการสังเคราะห์ไฮโดรเจลสามารถทำได้หลายวิธี หนึ่งในนั้นคือวิธีการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในช่วงเวลาสั้นๆ เพราะเกิดการ dipole rotation ของทุก ๆ โมเลกุลพร้อมกัน ทำให้ความร้อนมีความสม่ำเสมอ และทั่วถึง การใช้คลื่นไมโครเวฟทำให้สามารถควบคุมความร้อนได้ ทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และลดเวลาในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลได้ นอกจากนั้นยังเป็นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นแหล่งพลังงานสะอาด ราคาไม่แพง การทำงานไม่ซับซ้อน และมีความปลอดภัยสูง [5]

จากเหตุผลข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ เพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ที่ย่อยสลายได้ง่าย สามารถดูดซับน้ำได้ดี มีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไม่สร้างมลพิษในดิน และสารตกค้างในพืช โดยใช้สารตั้งต้นเป็น PVA เคราตินจากสารเคราตินสังเคราะห์เพื่อใช้แทนเคราตินจากเส้นผม และไคโตซานสังเคราะห์

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 ศึกษาการให้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เคราติน และไคโตซาน

1.1.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกระถางต้นไม้ชนิดไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้

1.1 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์เป็นวัสดุทางการเกษตร โดยมีขอบเขตคือสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ ร่วมกับพอลิเมอร์ธรรมชาติ คือเคราติน และไคโตซาน และพิสูจน์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยพิจารณาค่าความเป็นเจล ค่าการบวมได้ และอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล

1.3 ตัวแปรที่จะศึกษา

ตัวแปรต้น สภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจลชนิดโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ เคราติน และไคโตซาน

ตัวแปรตาม คุณสมบัติทางกายภาพของไฮโดรเจล ประกอบด้วยค่าความเป็นเจล ค่าการบวมได้ และอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล

1.4 นิยามเชิงปฏิบัติการ

กระถางต้นไม้ไฮโดรเจล คือ วัสดุปลูกต้นไม้ชนิดหนึ่งที่ได้จากการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ ร่วมกับเคราติน และไคโตซาน ในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ที่ย่อยสลายง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

โครงงานนี้เป็นการศึกษาแนวทางการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ย่อยสลายง่ายจากวัสดุธรรมชาติ คณะผู้จัดทำมีวิธีดำเนินการทดลองโครงงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

2.1.1 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA, เคราติน และไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลักเพียงสารเดียว

เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้สารตั้งต้นเพียงชนิดเดียว โดยการเตรียมสาร PVA เคราติน และไคโตซาน ให้มีความเข้มข้น 10% (w/v) ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างสารผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง สังเกตผลการทดลอง

2.1.2 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA เป็นสารตั้งต้นหลัก

เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA เป็นสารตั้งต้นหลัก โดยการเตรียมสาร PVA ให้มีความเข้มข้น 10% (w/v) ร่วมกับพอลิเมอร์ร่วมปฏิกิริยาคือเคราติน 0.5% (w/v), ไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) โดยแบ่งออกเป็น 7 การทดลองย่อย ดังนี้

ตัวแปรที่ 1 สังเคราะห์ด้วย PVA : เคราติน ในอัตราส่วน 1:1

ตัวแปรที่ 2 สังเคราะห์ด้วย PVA : ไคโตซาน ในอัตราส่วน 1:1

ตัวแปรที่ 3 สังเคราะห์ด้วย PVA : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1

ตัวแปรที่ 4 สังเคราะห์ด้วย PVA : เคราติน : ไคโตซาน ในอัตราส่วน 1:1:1

ตัวแปรที่ 5 สังเคราะห์ด้วย PVA : เคราติน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1

ตัวแปรที่ 6 สังเคราะห์ด้วย PVA : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1

ตัวแปรที่ 7 สังเคราะห์ด้วย PVA : เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1:1

ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างสารผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง สังเกตผลการทดลอง

2.1.3 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้เคราตินเป็นสารตั้งต้นหลัก

เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้เคราตินเป็นสารตั้งต้นหลัก โดยการเตรียมสารเคราตินให้มีความเข้มข้น 0.5% (w/v) ร่วมกับพอลิเมอร์ร่วมปฏิกิริยาคือไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

ตัวแปรที่ 1 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน ในอัตราส่วน 1:1

ตัวแปรที่ 2 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1

ตัวแปรที่ 3 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1

ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างสารผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง สังเกตผลการทดลอง

2.1.4 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลัก

เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลัก โดยการเตรียมสารไคโตซานให้มีความเข้มข้น 0.5% (w/v) ร่วมกับพอลิเมอร์ร่วมปฏิกิริยาคือกรดซิตริก 0.5% (w/v) ในอัตราส่วน 1:1 ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างสารผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง สังเกตผลการทดลอง

2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล โดยการเตรียมสารเคราตินให้มีความเข้มข้น 0.5% (w/v) ร่วมกับพอลิเมอร์ร่วมปฏิกิริยาคือไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

ตัวแปรที่ 1 สังเคราะห์สารละลายผสมด้วยการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 37 องศาเซลเซียส

ตัวแปรที่ 2 สังเคราะห์สารละลายผสมด้วยเตาไฟฟ้า 100 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที

ตัวแปรที่ 3 สังเคราะห์สารละลายผสมด้วยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ เวลา 3 นาที

แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้างสารผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง สังเกตผลการทดลอง

2.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

เป็นการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล โดยการเตรียมสารเคราตินให้มีความเข้มข้น 0.5% (w/v) ร่วมกับพอลิเมอร์ร่วมปฏิกิริยาคือไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 7 การทดลองย่อย ดังนี้

ตัวแปรที่ 1 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1

ตัวแปรที่ 2 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:2:1

ตัวแปรที่ 3 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:2

ตัวแปรที่ 4 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 2:1:1

ตัวแปรที่ 5 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 2:2:1
ตัวแปรที่ 6 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 2:1:2
ตัวแปรที่ 7 สังเคราะห์ด้วย เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:2:2

ให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักไฮโดรเจลแห้งก่อนการบวมน้ำ ล้างสารผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ชั่งน้ำหนักไฮโดรเจลบวมน้ำอิ่มตัว อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักไฮโดรเจลแห้งหลังการบวมน้ำ สังเกตผลการทดลอง บันทึกค่าความเป็นเจล และค่าการบวมได้ของเจล โดยใช้สมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$\text{ความเป็นเจล} = \left(\frac{y}{x}\right)\times 100 \quad (1)$$

$$\text{การบวมได้ของเจล} = \left[\frac{(z-y)}{y}\right]\times 100 \quad (2)$$

เมื่อ X คือน้ำหนักไฮโดรแจลแห้งก่อนการบวมน้ำ

Y คือน้ำหนักไฮโดรเจลแห้งหลังการบวมน้ำ

Z คือน้ำหนักไฮโดรเจลบวมน้ำอิ่มตัว

2.4 ศึกษาอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล

เป็นการศึกษาอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ขึ้นจากอัตราส่วนที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยชั่งน้ำหนักไฮโดรเจลแห้ง จากนั้นแช่ไฮโดรเจลในน้ำเกลือเป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบเวลานำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักไฮโดรเจลแห้งอีกครั้ง สังเกตผลการทดลองและบันทึกอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล โดยใช้สมการที่ (3)

$$\text{อัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล} = 100-\left[\left(\frac{y}{x}\right)\times 100\right] \quad (3)$$

เมื่อ X คือน้ำหนักไฮโดรแจลแห้งก่อนการบวมน้ำ

Y คือน้ำหนักไฮโดรเจลแห้งหลังการบวมน้ำ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ย่อยสลายง่ายจากวัสดุธรรมชาติ โดยมีสารตั้งต้นคือ PVA เคราติน และไคโตซาน และพิสูจน์คุณสมบัติทางกายภาพ โดยพิจารณาค่าความเป็นเจล ค่าการบวมได้ของเจล และอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล ซึ่งแบ่งผลการทดลองออกเป็น ดังนี้

3.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

3.1.1 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA, เคราติน และไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลักเพียงสารเดียว

ทดลองโดยการเตรียม PVA, เคราติน และไคโตซาน ให้มีความเข้มข้น 10% (w/v) แล้วให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA เคราติน และไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลักเพียงสารเดียว

สารตั้งต้น	การเกิดปฏิกิริยา
PVA	ไม่เกิดปฏิกิริยา
เคราติน	ไม่เกิดปฏิกิริยา
ไคโตซาน	ไม่เกิดปฏิกิริยา

จากผลการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA เคราติน และไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลักเพียงสารเดียว เมื่อสังเกตลักษณะของสารที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าไม่มีการทดลองใดเกิดปฏิกิริยาขึ้น เป็นผลเนื่องจากไฮโดรเจลไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากสารตั้งต้นเพียงชนิดเดียว ต้องมีสารตั้งต้นการสังเคราะห์ร่วมปฏิกิริยา

3.1.2 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA เป็นสารตั้งต้นหลัก

ทดลองโดยการเตรียม PVA 10% (w/v), เคราติน 0.5% (w/v), ไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) แล้วให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที

ตารางที่ 2 ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA เป็นสารตั้งต้นหลัก

สารตั้งต้น	การเกิดปฏิกิริยา
PVA : เคราติน (1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
PVA : ไคโตซาน (1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
PVA : กรดซิตริก (1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
PVA : เคราติน : ไคโตซาน (1:1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
PVA : เคราติน : กรดซิตริก (1:1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
PAV : ไคโตซาน : กรดซิตริก (1:1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
PVA : เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก (1:1:1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา

จากผลการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ PVA เป็นสารตั้งต้นหลัก เมื่อสังเกตลักษณะของสารที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าไม่มีการทดลองใดเกิดปฏิกิริยาขึ้น เป็นผลเนื่องจากอาจมีความร้อนไม่เพียงพอ กรดซิตริกไม่สามารถเป็นตัวเชื่อมประสานในปฏิกิริยานี้ได้ หรือการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟไม่สามารถให้ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาได้

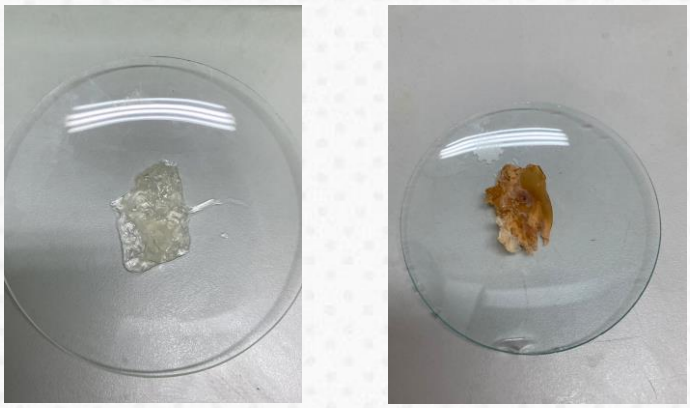
3.1.3 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้เคราตินเป็นสารตั้งต้นหลัก

ทดลองโดยการเตรียมเคราติน 0.5% (w/v), ไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) แล้วให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที

ตารางที่ 3 ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้เคราตินเป็นสารตั้งต้นหลัก

สารตั้งต้น	การเกิดปฏิกิริยา
เคราติน : ไคโตซาน (1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
เคราติน : กรดซิตริก (1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา
เคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก (1:1:1)	เกิดปฏิกิริยา

จากผลการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้เคราตินเป็นสารตั้งต้นหลัก เมื่อสังเกตลักษณะของสารที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าการสังเคราะห์ไฮโดรเจลจากเคราติน ไคโตซาน และกรดซิตริก เกิดปฏิกิริยาขึ้น เป็นผลเนื่องจากมีเคราติน และไคโตซานเป็นสารตั้งต้นการสังเคราะห์สองชนิด และมีกรดซิตริกเป็นตัวเชื่อมปฏิกิริยา



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 แสดงไฮโดรเจลชนิดเคราติน : ไคโตซาน : กรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1 (ก) บวมน้ำ และ (ข) แห้ง

3.1.4 การทดลองการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลัก

ทดลองโดยการเตรียมไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) แล้วให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที

ตารางที่ 4 ผลการทดลองที่ 4 ศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลัก

สารตั้งต้น	การเกิดปฏิกิริยา
ไคโตซาน : กรดซิตริก (1:1)	ไม่เกิดปฏิกิริยา

จากผลการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลโดยใช้ไคโตซานเป็นสารตั้งต้นหลัก เมื่อสังเกตลักษณะของสารที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าการทดลองไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้น เป็นผลเนื่องจากมีไคโตซานเป็นสารตั้งต้นการสังเคราะห์เพียงชนิดเดียว ทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยา และเกิดเป็นไฮโดรเจลได้

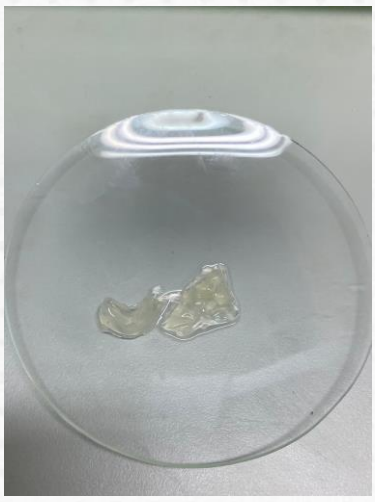
3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

ทดลองโดยการเตรียมเคราติน 0.5% (w/v), ไคโตซาน 0.5% (w/v) และกรดซิตริก 0.5% (w/v) ในอัตราส่วน 1:1:1

ตารางที่ 5 ผลการทดลองที่ 5 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

กระบวนการสังเคราะห์	การเกิดปฏิกิริยา
อุณหภูมิห้อง 37 ℃	ไม่เกิดปฏิกิริยา
เตาไฟฟ้า 100 ℃	ไม่เกิดปฏิกิริยา
ไมโครเวฟ 600 w	เกิดปฏิกิริยา

จากผลการทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ไฮโดรเจล เมื่อสังเกตลักษณะของสารที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าการสังเคราะห์ไฮโดรเจลด้วยคลื่นไมโครเวฟ 600 วัตต์ เกิดปฏิกิริยาได้ ในขณะที่การสังเคราะห์ไฮโดรเจลที่อุณภูมิห้องและเตาไฟฟ้าไม่เกิดปฏิกิริยา มีความเป็นไปได้ว่าเป็นผลเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟมีการทำงานโดยอาศัยคลื่นผ่านเข้าไปในของเหลวทุกทิศทาง ทำให้โมเลกุลของไฮโดรเจลเกิดการสั่น และเสียดสีกัน จึงเกิดเป็นความร้อนและทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และสามารถนำการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสังเคราะห์ปฏิกิริยาสารอินทรีย์ได้ [21]



ภาพที่ 2 แสดงไฮโดรเจลที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ (บวมน้ำ)

3.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

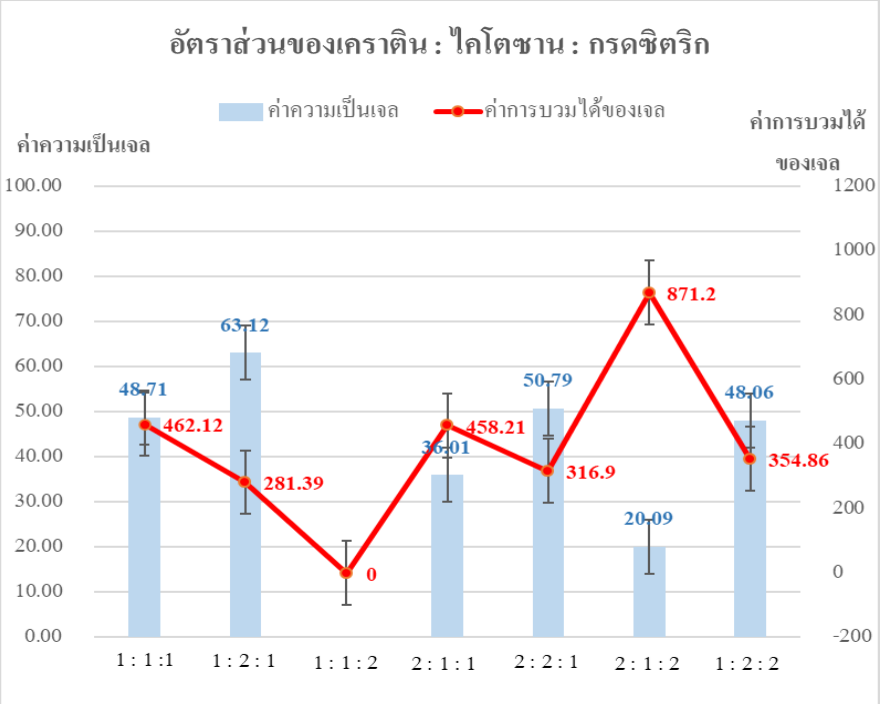
จากผลการทดลองศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล พบว่าอัตราส่วนระหว่างเคราติน ไคโตซาน และกรดซิตริก มีผลต่อค่าความเป็นเจล และค่าความบวมได้ของเจล ซึ่งเมื่อทำการคำนวณค่าความเป็นเจล และค่าการบวมได้ของไฮโดรเจลแต่ละอัตราส่วน พบว่าไฮโดรเจลที่มีค่าความเป็นเจล และค่าการบวมได้ของเจลมากที่สุด สัมพันธ์กัน และมีคุณสมบัติตรงตามต้องการ คือไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากเคราติน ไคโตซาน และกรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1 เป็นผลเนื่องจากอัตราส่วนของเคราติน ไคโตซาน และกรดซิตริกมีความเหมาะสม ต่างจากค่าความเป็นเจล และค่าการบวมได้ของไฮโดรเจลในอัตราส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ค่อยสอดคล้องกันมากนัก เช่นไฮโดรเจลในอัตราส่วน 2:1:2 ที่มีค่าการบวมได้ของเจลสูงถึง 871.20 แต่ในทางกลับกันมีค่าการบวมได้ของเจลเพียง 20.09 เป็นต้น หรือไฮโดรเจลในอัตราส่วน 1:1:2 ที่ไม่สามารถ

สังเคราะห์ขึ้นได้ เป็นผลเนื่องจากมีอัตราส่วนของกรดซิตริกที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมปฏิกิริยามากเกินไป การเพิ่มสัดส่วนของกรดซิตริกเมื่อกำหนดให้สัดส่วนของไคโตซานคงที่จะส่งผลทำให้ค่าความเป็นเจลลดลง [5]

ตารางที่ 6 ผลการทดลองที่ 6 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

อัตราส่วน เคราติน:ไคโตซาน:กรดซิตริก	ครั้งที่	ผลการทดลอง			
		ค่าความเป็นเจล	เฉลี่ย	ค่าการบวมได้ของเจล	เฉลี่ย
1:1:1	1	47.11	48.71 (S.D.=1.74)	452.63	462.12 (S.D.=26.88)
	2	48.46		441.27	
	3	50.57		492.45	
1:2:1	1	61.49	63.12 (S.D.=1.55)	267.29	281.39 (S.D.=12.96)
	2	63.31		284.11	
	3	64.57		292.78	
1:1:2	1	ไม่สามารถสังเคราะห์ไฮโดรเจลได้			
	2				
	3				
2:1:1	1	36.36	36.01 (S.D.=1.69)	587.50	458.21 (S.D.=138.89)
	2	37.50		475.76	
	3	34.18		311.38	
2:2:1	1	49.76	50.79 (S.D.=0.91)	315.53	316.90 (S.D.=1.26)
	2	51.15		318.02	
	3	51.46		317.16	
2:1:2	1	20.09	20.09 (S.D.=1.03)	784.44	871.20 (S.D.=101.57)
	2	19.07		982.93	
	3	21.12		846.23	
1:2:2	1	47.15	48.06 (S.D.=0.85)	354.95	354.86 (S.D.=2.33)
	2	48.84		357.14	
	3	48.19		352.48	

ข้อมูลจากตารางข้างต้นนำมาสร้างกราฟได้ ดังนี้



ภาพที่ 3 แสดงค่าความเป็นเจลและค่าการบวมได้ของเจล เมื่ออัตราส่วนของเคราติน : ไคโตซาน : เคราติน ในแต่ละอัตราส่วน

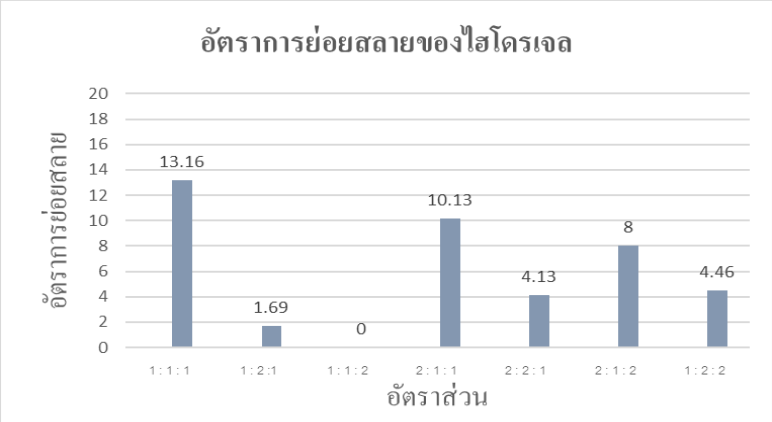
3.4 ศึกษาอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล

ตารางที่ 7 ผลการทดลองที่ 7 ศึกษาอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล

อัตราส่วน เคราติน:ไคโตซาน:กรดซิตริก	ครั้งที่	น้ำหนักไฮโดรเจลแห้งก่อนการทดลอง	น้ำหนักไฮโดรเจลแห้งหลังการทดลอง	น้ำหนักที่ย่อยสลายไป (g/2w)	
				รายครั้ง	เฉลี่ย
1:1:1	1	0.71	0.64	0.07	0.11 (S.D.=0.04)
	2	0.82	0.68	0.14	
	3	0.76	0.65	0.11	
1:2:1	1	1.19	1.15	0.04	0.02 (S.D.=0.02)
	2	1.14	1.14	0	
	3	1.21	1.18	0.03	
1:1:2	1	ไม่สามารถสังเคราะห์ไฮโดรเจลได้			
	2				
	3				
2:1:1	1	0.77	0.69	0.08	0.08 (S.D.=0.02)
	2	0.80	0.71	0.09	
	3	0.79	0.73	0.06	

2:2:1	1	1.16	1.10	0.06	0.04 (S.D.=0.02)
	2	1.24	1.20	0.04	
	3	1.22	1.19	0.03	
2:1:2	1	0.50	0.50	0	0.04 (S.D.=0.04)
	2	0.54	0.46	0.08	
	3	0.47	0.42	0.05	
1:2:2	1	1.06	1.00	0.06	0.05 (S.D.=0.02)
	2	1.17	1.14	0.03	
	3	1.13	1.06	0.07	

ข้อมูลจากตารางข้างต้นนำมาสร้างกราฟได้ ดังนี้



ภาพที่ 4 แสดงอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล เมื่ออัตราส่วนของเคราติน : ไคโตซาน : เคราติน แตกต่างกัน

จากผลการทดลองศึกษาอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล พบว่าอัตราส่วนระหว่างเคราติน ไคโตซาน และกรดซิตริก มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจล ซึ่งเมื่อทำการคำนวณอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจลแต่ละอัตราส่วน พบว่าไฮโดรเจลที่มีอัตราการย่อยสลายสูงสุด คือไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากเคราติน ไคโตซาน และกรดซิตริกในอัตราส่วน 1:1:1 โดยมีอัตราการย่อยสลายเท่ากับ 13.16 กรัม/2 สัปดาห์

4. บทสรุป

สภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ไฮโดรเจลเพื่อประยุกต์ใช้เป็นกระถางต้นไม้ย่อยสลายง่ายจากวัสดุธรรมชาติ คือ สังเคราะห์จากสารตั้งต้นชนิดเคราติน ร่วมกับไคโตซาน และกรดซิตริก ในอัตราส่วน 1:1:1 ด้วยการให้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ กำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที โดยมีค่าความเป็นเจลเท่ากับ 48.71 ค่าการบวมได้ของเจลเท่ากับ 462.12 และอัตราการย่อยสลายของไฮโดรเจลเท่ากับ 13.16 กรัม/2 สัปดาห์

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะสำเร็จได้ เกิดจากการอำนวยความสะดวกจากโรงเรียนสตรีนนทบุรี โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (SMTE) และกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีนนทบุรี ที่ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือด้านกระบวนการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ดร.ปิยฉัตร วัฒนชัย. (2560). **การพัฒนาแผ่นฟิล์มไคโตซานบรรจุคอลลาเจน**. วิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. เข้าถึงได้จาก http://dspace.lib.buu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/1234567890/3770/2563_266.pdf?sequence=3&isAllowed=y

[2] ธัญญภรณ ศรีสุบิน. (2557). **ไฮโดรเจล วัสดุดูดซับฐ้าอัจฉริยะ**. สำนักเทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

[3] นิธินาถ แซ่ตั้ง. (2557). **ยางธรรมชาติ: การประยุกต์ใช้เป็นสารตั้งต้นทดแทนวัตถุดิบจากปิโตรเคมี**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสาตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[4] ประทุมรัตน์ หนูยัง, อธิวัชร์ วิริยะอมรชัย, พิมพาภรณ์ หวานวาจา. (2562). **อิทธิพลของปริมาณเคราตินที่ได้จากการสกัดจากเส้นผมมนุษย์ ที่มีต่อแป้งมันสำปะหลังดัดแปร**. สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมวัสดุและกระบวนการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ระยอง. เข้าถึงได้จาก http://science.buu.ac.th/ojs246/index.php/sci/article/viewFile/2496/2311

[5] ยศธเนศ ทัศนภักด ดร.เกรียงศักดิ์ ส่งศรีโรจน. (2563). **วิธีการสังเคราะห์ไคโตซานไฮโดรเจลอย่างง่ายโดยการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ**. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพ.

[6] วรรณี ศรีนุตตระกูล. (2553). **จากเปลือกกุ้งและกระดองปูสู่ไคโตซาน**. กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน). เข้าถึงได้จาก http://nkc.tint.or.th/nkc53/content/nstkc53-062.html

[7] สุใจ ทานิสุด. (2562). **การเตรียมและตรวจสอบเอกลักษณ์อนุภาคผสมระหว่างเคราตินและไข่ขาวระดับไมโคร ด้วยวิธีการทำให้เกิดอิมัลชันโดยการแพร่ของตัวทำละลาย**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[8] กันตวัฒน์ หมาดสูเรน. (2555). **การเตรียมและการทดสอบของฟิล์มนาโนคอมพอสิตชีวภาพจากไคโตซานและไฮดรอกซีอะพาไทต์**. สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยศิลปากร. เข้าถึงได้จาก http://www.sure.su.ac.th/xmlui/bitstream/id/025182d2-cba7-4899-9df8-11ea0afbe0b2/fulltext.pdf?attempt=3

[9] จิราพร สีหมอก. (ม.ป.ป.). **Effects of glycerol physical property and biodegradable of chitosan film**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ(MTEC).

[10] ดร. สอาด ริยะจันทร์. (2553-2555). **การเตรียมและสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอสิตจากพอลิเมอร์ละลายน้ำและยางธรรมชาติและการประยุกค์ใช้งาน**. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[11] ดร.สุนิษา สุวรรณเจริญ ,อภิรดี บุญคำ พิมใจ สุวรรณวงค์. (2558). **การผลิตไคตินและไคโตซานจากเปลือกกุ้งโดยใช้เอนไซม์ และฤทธิ์ทางชีวภาพ**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. เข้าถึงได้จาก http://www.eresearch.rbru.ac.th/showthesis.php?theid=1647&depid=2

[12] ธวัชชัย ใยเผือก. (2562). **การสำรวจสมบัติทางกลของวัสดุคอมโพสิตเรซิ่นกับเส้นผม**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[13] ธัญลักษณ์ ธัญญะเจริญ. (2560). **การศึกษาวัสดุเชิงประกอบไคโตซานและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เพื่อประยุกต์ใช้**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมและเทคโนโลยีวัสดุ) สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุและสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[14] บวรกิตติ์ เนคมานุรักษ์ โสมธิดา ลิขิตเลิศ. (2561). **ผลกระทบของสารไคโตซานต่อสมบัติทางกลและสมบัติทางความร้อนของฟิล์มพลาสติกชีวภาพพีบีเอสเอที่ผ่านการขึ้นรูปซ้ำ**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. เข้าถึงได้จาก https://repository.rmutr.ac.th/bitstream/handle/123456789/1177/fulltext.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[15] ประสงค์ สีหานาม. (2560). **การเตรียมอนุภาคผสมระหว่างเคราติน**. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[16] ประสงค์ สีหานาม มณฑิรา รุ่งวิสัย. (2559). **เคราตินที่สกัดจากเส้นผมมนุษย์**. ภาควิชาเคมีและหน่วยวิจัยเดมีสร้างสรรค์และนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[17] ปิยะนุช รสเครือ ดารณี ขันเพ็ชร. (2557). **การปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (พี วี เอ)/โซเดียมคาร์บอกซี่เมทิลเซลลูโลส (โซเดียม-ซี เอ็ม ซี) สำหรับประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. เข้าถึงได้จาก https://science.buu.ac.th/ojs246/index.php/sci/article/viewFile/295/391

[18] พูนทรัพย์ วชิยพงษ์. (2548). **สาระน่ารู้ไคติน-ไคโตซาน**. โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ.

[19] วลีพรรณ รกิติกุล. (2563). **การสังเคราะห์ไฮโดรเจลของเพคตินจากผลข้าวปั้นพระฤาษีสำหรับการปลดปล่อยปุ๋ยไนโตรเจน**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. เข้าถึงได้จาก https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rusci/article/view/244924/171970

[20] สายันต์ แสงสุวรรณ วารุณี ตานันต์. (2557). **พอลิเมอร์ดูดซับน้ำได้มาก การสังเคราะห์ การวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้**. ภาควิชาเคมีและศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี.

[21] ชวน คล้ายปาน. (2545). **เตาอบไมโครเวฟ.** โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติ

Development of Herbal Extract Follicle Restoration Essences

วรางคณา นาวิชิต[1*] สาลินี อาจารีย์[1] และ ปานทิพย์ บุญส่ง[1]

[1]สาขาการจัดการนวัตกรรมเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรม (สหวิทยาการ)
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*]Email: s6303091010018@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

โดยธรรมชาติเส้นผมของคนเรามักจะหลุดร่วงทุกวัน โดยที่คนส่วนใหญ่ไม่รู้สึกตัว การทดสอบว่าเส้นผมมีการหลุดผิดปกติหรือไม่มีวิธีการทดสอบที่แพทย์เฉพาะทางใช้ตรวจ คือวิธีที่เรียกว่า Hair Pull Test โดยการจับเส้นผมประมาณ 50 เส้น รูดจากโคนผมถึงปลายผม และหากมีผมร่วงเกิน 10% หรือเกิน 5 เส้น ถือว่าเส้นผมหลุดร่วงผิดปกติ ในปัจจุบันพบว่าคนส่วนใหญ่มักเกิดปัญหาผมร่วงผิดปกติเป็นจำนวนมาก อาจเนื่องมาจากภาวะอาการเครียด รวมถึงการใช้ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเส้นผมที่มีสารเคมีเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมที่ใช้สารสกัดจากธรรมชาติ ทั้งนี้ได้นำผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ 3 ชนิด คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ดอกอัญชัน และว่านหางจระเข้ มาทำการสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียลโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมในลักษณะเป็นสเปรย์ แบบใช้แล้วไม่ต้องล้างออกจำนวน 3 สูตร ในอัตราส่วนสารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: ดอกอัญชัน: ว่านหางจระเข้ ดังนี้คือ สูตรที่ 1 อัตราส่วน 80: 10: 10 สูตรที่ 2 อัตราส่วน 60: 20: 20 สูตรที่ 3 อัตราส่วน 50 : 25 : 25 โดยปริมาตร นำผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติทั้งสามสูตร ทำการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ ค่าสี และประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กับกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครจำนวน 3 คน โดยกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครเป็นกลุ่มที่มีปัญหาการหลุดร่วงของเส้นผมมากกว่าปกติ โดยใช้แบบประเมินประสาทสัมผัส 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกลิ่น ด้านสี และด้านการระเหย หลังจากทดลองใช้ผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรเป็นระยะเวลา 7 วัน เริ่มจากผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ตามลำดับ และทดสอบด้วยวิธี Hair Pull Test ผลการทดลองประเมินประสิทธิภาพทางกายภาพและทางเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีค่า pH ในช่วงความเป็นกรด pH เท่ากับ 4.82, 4.85 และ 5.19 ตามลำดับ ค่าความหนืด ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีความหนืดน้อยมาก สำหรับผลการวัดค่าสี พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมีค่า db : -13.2 db : -16.0 db : -17.2 ตามลำดับ แสดงถึงผลิตภัณฑ์มีโทนสีน้ำเงินเขียว ผลการประเมินจากการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรโดยกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และ ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ทำให้เส้นผมนุ่มสลวย เมื่อทดสอบด้วยวิธี Hair Pull Test มีผมหลุดร่วง 2-5 เส้น ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 พบว่าทำให้เส้นผมหยาบกระด้าง และไม่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผม ทดสอบด้วยวิธี Hair Pull Test มีผมหลุดร่วง 5-10 เส้น ขึ้นไป ด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์พบว่าทุกสูตร มีกลิ่นส้มที่ฉุน มีสีใสและระเหยง่าย

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์บำรุงรากผม, ผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ, สารสกัดจากธรรมชาติ, วิธี Hair Pull Test

Abstract

People typically lose a certain amount of hair on a daily basis and this is barely noticeable. A hair pull test is a simple procedure carried out to measure the severity of hair loss. The dermatologist grasps about 50 hair strands, and gently pull on it to see if 5 or more strands (exceeding 10%) come out at a time. The test is done to determine if excessive hair shedding occurs. Nowadays people are more likely to experience noticeable hair loss, which can be associated with extreme stress or choosing hair products that contain harmful and toxic chemicals. Therefore, this study aims to develop natural herbal essence spray for hair follicle restoration and hair fall control. Aqueous extraction was done with 3 natural plants, namely tangerine peel, butterfly pea flower, and aloe vera. Then, three formulas of washing-free hair follicle booster spray were developed. The herbal ratios of tangerine peel extract: butterfly pea flower extract: aloe vera extract were determined at 80:10:10; 60:20:20; and 50: 25: 25 by volume. The assessment of hair follicle essence efficacy was performed in respect of physical and chemical properties, including pH values, viscosity and product color identification.

Product trials were undertaken with 3 subjects experiencing excessive hair shedding. After a 7-day trial period of each formula, a hair pull test was performed and sensory evaluation survey was used to determine aroma, color and volatility. When assessing physical-chemical properties, the products of 3 formulas were acidic with the pH of 4.82, 4.85 and 5.19 respectively. Each category had a very low viscosity while color values were -13.2 db : -16.0 db : -17.2 , indicating the blue-green spectrum.

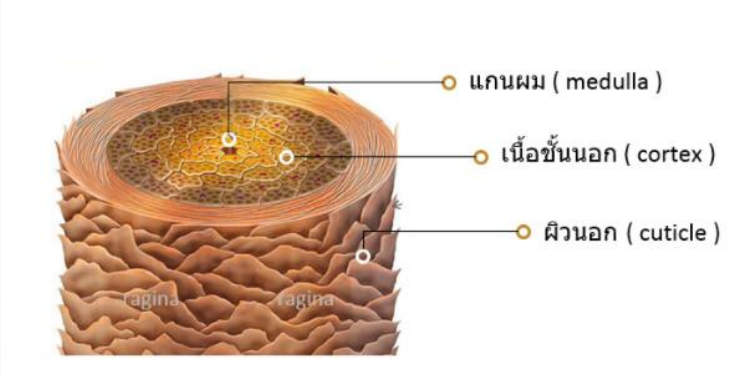
Based on the outcomes of trial phases, Formula 1 and 2 herbal essence spray could make hair soft and silky and only 2-5 strands came out in a pull test. In respect of Formula 3 product, hair tended to be coarse and hair loss remained unimproved. The subjects shredded more than 5-10 hair strands in a pull test. All aqueous essence categories yielded strong, citrus-like notes, coupled with transparent and volatile physical characteristics.

Keywords: follicle booster products, natural products, natural extracts, hair pull test

1. บทนำ

โดยธรรมชาติเส้นผมของคนเรามักจะหลุดร่วงทุกวัน โดยที่คนส่วนใหญ่ไม่รู้สึกตัว สาเหตุเพราะจำนวนของเส้นผมที่ร่วงนั้นน้อยมากจนไม่ทันสังเกต ซึ่งวิธีการทดสอบเส้นผมหลุดร่วง วิธีที่แพทย์ใช้ตรวจก็คือวิธีที่เรียกว่า Hair Pull Test คือการจับเส้นผมประมาณ 50 เส้นรูดจากโคนผมจนถึงปลายผม หากมีผมร่วงเกิน 10% หรือเกิน 5 เส้น ถือว่ามีความผิดปกติและสามารถนำเส้นผมที่ร่วงนี้ไปตรวจเพิ่มเติมเพื่อวินิจฉัยหาสาเหตุของโรคผมร่วงได้ แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะสังเกตสัญญาณอันตรายได้ด้วยตนเอง เมื่อเส้นผมหลุดร่วงมากว่าวันละ 70 – 100 เส้นต่อวัน นั่นคือสัญญาณ “ผมร่วงผิดปกติ” ที่ควรใส่ใจและรีบปรึกษาแพทย์ ปัจจุบันพบปัญหาเส้นผมหลุดร่วงเพิ่มมากขึ้น โดยคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [1] เผยสถิติว่า คนไทยประสบปัญหาผมบาง ผมร่วง ศีรษะล้าน สูงถึงร้อยละ 40 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น สาเหตุของเส้นผมหลุดร่วงนั้นก็มีหลากหลายปัจจัยโดยมีปัจจัยหลักๆ ที่สำคัญอยู่ 2 ปัจจัย คือ 1.ปัจจัยจากภายในร่างกาย เช่น เส้นผมหลุดร่วงเกิดจากกรรมพันธุ์ เส้นผมหลุดร่วงเกิดจากฮอร์โมนผิดปกติและเส้นผมร่วงเกิดจากความเครียด 2. ปัจจัยจากภายนอก

ร่างกาย เช่น เส้นผมร่วงเกิดจากการทำร้ายเส้นผมโดยตรง อย่างการ ยืด ทำสี หนีบผมเป็นประจำทุกวัน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ก็คือปัจจัยภายนอกร่างกายนั้นเอง เพียงแค่ลดพฤติกรรมดังกล่าว ก็จะทำให้ลดโอกาสการหลุดร่วงของเส้นผมลงได้ พร้อมกับการดูแลรักษาเส้นผมควบคู่กันไปด้วย ตัวอย่างการจัดวางรูปดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของเส้นผม หรือ hair shaft (ที่มา:ดัดแปลงมาจาก เส้นผม ส่วนประกอบของเส้นผม : Inspired by LnwShop.com (ragina-thailand.com))

การดูแลเส้นผมให้เส้นผมดกดำและไม่หลุดร่วงมากจนเกินไปตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนวัยอันควรนั้น เป็นสิ่งที่ทุกคนปรารถนา จึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผมขึ้นมากมายตามท้องตลาดเพื่อให้คนที่มีปัญหาการหลุดร่วงของเส้นผมเลือกใช้ โดยผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดนั้นส่วนใหญ่มักจะมีสารเคมี เป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้คนที่มีปัญหาเส้นผมหลุดร่วงอาจเกิดการแพ้ทำให้เส้นผมหลุดร่วงเพิ่มขึ้น หรือระคายเคืองต่อหนังศีรษะได้ ในการค้นพบปัญหาเหล่านี้จึงทำให้เกิดแรงจูงใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติทั้งหมดโดยไม่ใช้สารสังเคราะห์ใดๆ เป็นองค์ประกอบ จึงทำให้โอกาสการระคายเคืองต่อหนังศีรษะน้อยลง ช่วยบำรุงรากผมให้แข็งแรงจนสามารถลดการหลุดร่วงของเส้นผมลงได้ โดยองค์ประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยสารสกัด คือ

1. สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน มีผลช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและยังทำให้รากผมที่เกิดขึ้นใหม่กลับมาแข็งแรงได้อีก ชื่อวิทยาศาสตร์ Citrus reticulata Blanco ลักษณะภายนอก : ผิวผลไม่เรียบ เปลือกผลสีส้ม หรือส้มแกมเขียว เปลือกอ่อน ผิวหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร มีต่อมน้ำมันขนาดเล็กหนาแน่นที่เปลือก บริเวณขอบผิวมักหด และม้วนเข้าด้านใน ผิวผลด้านในสีขาวหรือสีเทาอ่อน เนื้อเปลือกเบา เปราะ เปลือกผลมีกลิ่นหอม รสปร่า ขม และเผ็ดร้อนเล็กน้อย

2. สารสกัดจากดอกอัญชัน มีผลให้เส้นผมสลวยและดกดำ เส้นผมมีน้ำหนักแม้ในผมที่เกิดขึ้นใหม่ละยังช่วยลดอาการผมร่วงและผมบางได้ ชื่อวิทยาศาสตร์ Clitoria ternatea L. ลักษณะภายนอก : ดอกมีสีน้ำเงิน ม่วง หรือขาว ตรงกลางกลีบสีเหลืองหม่นขอบสีขาว รูปดอกถั่ว แต่ละกลีบมีขนาดไม่เท่ากัน มีกลีบใหญ่ที่สุด 1 กลีบ

3. สารสกัดจากว่านหางจระเข้ ส่งผลให้ความชุ่มชื้นกับหนังศีรษะและเส้นผม ทำให้ศีรษะไม่แห้ง ผมนุ่มสลวย รังแคลดลง อาการคันศีรษะก็หายไปด้วย และยังช่วยในการปรับสมุดลของหนังศีรษะจึงทำให้ผมที่งอกใหม่หนาขึ้นเงางาม สุขภาพแข็งแรง หลุดร่วงน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ชื่อวิทยาศาสตร์ Aloe vera (L.) Burm.f. ลักษณะภายนอก : สีเขียวอ่อนหรือเขียวเข้ม ด้านหน้าแบน ด้านหลังโค้งนูน ใบอ่อนมีประสีขาว ขอบใบมีหนามแหลมเล็กขึ้นห่างๆกัน ผิวใบหนา เนื้อใบหนาอวบน้ำมาก ภายในเนื้อใบมีวุ้นใสเป็นเมือก เมื่อกรีดลงไปบริเวณโคนใบจะมีน้ำยางใสสีเหลืองไหลออกมา ตัวอย่างการจัดวางรูปดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เปลือกส้มเขียวหวาน สารสกัดดอกอัญชัน และว่านหางจระเข้

ในงานวิจัยนี้ ได้นำสารสกัดจาก เปลือกส้มเขียวหวาน สารสกัดดอกอัญชัน และว่านหางจระเข้ ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผม จำนวน 3 สูตร เพื่อลดโอกาสการหลุดร่วงของเส้นผมสำหรับคนที่มีปัญหาการหลุดร่วงเส้นผมสามารถกลับมาใช้ชีวิตประจำวันได้ตามปกติ ลดความกังวลลงได้ และวางแผนธุรกิจพอสังเขปที่เตรียมความพร้อมในการนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จำหน่ายในทางพาณิชย์ในอนาคต

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องวัดความหนืด (BROOKFIELD VISCOMETER) เครื่องชั่งดิจิทัล 2 ตำแหน่ง เครื่องวัดค่าความเป็นกรด เบส (pH meter) เครื่องวัดสี เครื่องวัดแสง Hotplate Stirrer เครื่องปั่น กระดาษกรอง เทอร์โมมิเตอร์ น้ำกลั่น ผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ จำนวน 3 ชนิด คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ดอกอัญชัน และว่านหางจระเข้

2.1 ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลกับการพัฒนาสเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ

ในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลกับการพัฒนาสเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาตินี้จะใช้ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญทั้งหมด 3 ชนิด คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ดอกอัญชันและว่านหางจระเข้ โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดนี้ มีงานวิจัยรองรับในเรื่องการบำรุงรากผม ดังนี้

- เปลือกส้มเขียวหวาน ส่งผลการช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและยังทำให้รากผมที่เกิดขึ้นใหม่กลับมาแข็งแรงได้อีกด้วย
- ดอกอัญชัน ส่งผลให้เส้นผมสลวยและดกดำ เส้นผมมีน้ำหนักแม้ในผมที่เกิดขึ้นใหม่ละยังช่วยลดอาการผมร่วงและผมบางได้
- ว่านหางจระเข้ ส่งผมให้ความชุ่มชื้นกับหนังศีรษะและเส้นผม ทำให้ศีรษะไม่แห้ง ผมนุ่มสลวย รังแคลดลง ลดอาการคันศีรษะก็หายไปด้วย และยังช่วยในการปรับสมุดลของหนังศีรษะจึงทำให้ผมที่งอกใหม่หนาขึ้นเงางาม สุขภาพแข็งแรง หลุดร่วงน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด

จากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดแล้วพบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมมากมายวางขายในท้องตลาด ซึ่งมีทั้งรูปแบบ สเปรย์ ครีม ฟองโฟม เซรั่ม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ในท้องตลาดมักจะมีส่วนผสมของสารเคมีสังเคราะห์หลายชนิด จึงอาจทำให้ผู้ใช้เกิดอาการแพ้หรือระคายเคืองได้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติของงานวิจัยนี้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีสารเคมีเจือปน ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ โดยผลิตภัณฑ์ที่จัดทำเป็นรูปแบบสเปรย์ใส สามารถใช้งานง่าย สะดวกในการพกพา

2.2 สัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการหลุดร่วงของเส้นผม

กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร จำนวน 3 คน ก่อนทำการสัมภาษณ์เชิงลึก ได้ทดลองทำวิธีการทดสอบเส้นผมหลุดร่วง Hair Pull Test คือ การจับเส้นผมประมาณ 50 เส้น รูดจากโคนผมจนถึงปลายผม แล้วพบว่า มีปริมาณเส้นผมหลุดร่วงมากกว่า 5 เส้น โดยเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์ ข้อคำถามเป็นลักษณะปลายปิด ข้อคำถามประกอบด้วย

1. ปัญหาเกี่ยวกับเส้นผมหลุดร่วงและผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน
2. ชนิดผลิตภัณฑ์ที่ใช้สระผม บำรุงผมเป็นประจำ
3. หากมีผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและทำให้รากผมแข็งแรงให้ทดลองท่านจะสนใจหรือไม่ และรูปแบบผลิตภัณฑ์แบบใดที่สนใจใช้

ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ นำมาวิเคราะห์ผลเพื่อประกอบข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติต่อไป

2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติ

มีขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังนี้

1. ชั่งเปลือกส้มเขียวหวานจำนวน 100 กรัม (เปลือกส้มเขียวหวาน 6 ลูก) เตรียมน้ำกลั่นสเตอร์ไรด์ไป ให้ความร้อนใน Water Bath ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียล เวลา 5 นาที นำเปลือกส้มเขียวหวานที่ชั่งเตรียมไว้ เทใส่เครื่องปั่นพร้อมเทน้ำกลั่นสเตอร์ไรด์ 100 ml ลงในเครื่องปั่น (อัตราส่วน 1: 1) ปั่นรวมกัน กรองเปลือกส้มเขียวหวานที่ปั่นด้วยผ้าขาวบาง กรองน้ำใสของเปลือกส้มเขียวหวานเพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์

2. ชั่งดอกอัญชัน 60 กรัม (ดอกอัญชัน 1 กำมือ) นำดอกอัญชันที่ชั่งเตรียมไว้เทใส่เครื่องปั่น พร้อมเทน้ำกลั่นสเตอร์ไรด์ที่เตรียมไว้ 100 ml ลงในเครื่องปั่น นำมาปั่นรวมกัน กรองดอกอัญชันที่ปั่นด้วยผ้าขาวบาง กรองน้ำใสของดอกอัญชันเพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์

3. ชั่งว่านหางจระเข้ 60 กรัม (ว่านหางจระเข้ 5 ช้อนโต๊ะ) นำว่านหางจระเข้ชั่งเตรียมไว้เทใส่เครื่องปั่นพร้อมเทน้ำกลั่นสเตอร์ไรด์ที่เตรียมไว้ 60 ml ลงในเครื่องปั่น (อัตราส่วน 1: 1) ปั่นรวมกัน กรองว่านหางจระเข้ที่ปั่นด้วยผ้าขาวบาง กรองน้ำใสของว่านหางจระเข้ เพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์

พัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้สารสกัดทั้ง 3 ชนิด ทั้งหมด 3 สูตร คือ

สูตรที่ 1: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (80: 10: 10 โดยปริมาตร)
สูตรที่ 2: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (60: 20: 20 โดยปริมาตร)
สูตรที่ 3: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (50: 25: 25 โดยปริมาตร)

นำตัวอย่างทั้ง 3 สูตร กรองด้วยกระดาษกรองอีกครั้งเพื่อให้ได้ของเหลวใส นำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ไปประเมินคุณสมบัติ ดังนี้ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ ค่าความใสของเนื้อผลิตภัณฑ์ และ ค่าสี

2.4 การทดลองใช้ผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติในกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครและประเมินประสิทธิภาพ

การทดลองใช้ผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติในกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร จำนวน 3 คน คือ เป็นการใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรที่ 1 วิธีการใช้คือ สเปรย์ที่รากผมให้ชุ่มแล้วหมักทิ้งไว้ 5 นาที โดยที่ไม่ต้องล้างออก ใช้เป็นประจำทุกวันจนกระทั่งครบ 7 วัน หลังจากนั้นทดสอบด้วยวิธี Hair Pull Test ทุกครั้งก่อนเปลี่ยนสูตรเพื่อเปรียบเทียบการหลุดร่วงของเส้นผมหลังใช้ผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงใช้สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ตามลำดับ

ประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติที่พัฒนาขึ้นโดยใช้การประเมินประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่น สี การระเหย โดยให้กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการหลุดร่วงของเส้นผม

ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกนั้นจะใช้การสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร จำนวนทั้งหมด 3 คน โดยมีข้อคำถามประกอบด้วย 1. ปัญหาเกี่ยวกับเส้นผมหลุดร่วงและผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน 2. กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครทดลองทำวิธีการทดสอบเส้นผมหลุดร่วงที่เรียกว่า Hair Pull Test คือ การจับเส้นผมประมาณ 50 เส้น รูดจากโคนผมจนถึงปลายผม 3. ชนิดของผลิตภัณฑ์เดิมที่ใช้สระผมเป็นประจำ และ 4. หากมีผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและทำให้รากผมแข็งแรงให้ทดลองท่านจะสนใจหรือไม่

ผลข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร จำนวน 3 คน ได้ดังนี้

ผลสัมภาษณ์ของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครคนที่ 1 ปัญหาเกี่ยวกับเส้นผมหลุดร่วงและผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน คือ สร้างความรำคาญใจ โดยทดลองทำวิธี Hair Pull Test พบว่ามีเส้นผมหลุดร่วงเกิน 10 % ซึ่งถ้ามีผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและทำให้รากผมแข็งแรงให้ทดลอง จะสนใจมาก

ผลสัมภาษณ์ของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครคนที่ 2 ปัญหาเกี่ยวกับเส้นผมหลุดร่วงและผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน คือ เสียบุคคลิกภาพและไม่มั่นใจ โดยทดลองทำวิธี Hair Pull Test พบว่ามีเส้นผมหลุดร่วงเกิน 10 % ซึ่งถ้ามีผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและทำให้รากผมแข็งแรงให้ทดลอง จะสนใจมาก

ผลสัมภาษณ์ของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครคนที่ 3 ปัญหาเกี่ยวกับเส้นผมหลุดร่วงและผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน คือ สร้างความรำคาญใจ โดยทดลองทำวิธี Hair Pull Test พบว่ามีเส้นผมหลุดร่วงไม่เกิน 10 % ซึ่งถ้ามีผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและทำให้รากผมแข็งแรงให้ทดลอง จะสนใจมาก

3.2 ผลการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติ

ในศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาตินั้นประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่สำคัญทั้งหมด 3 ชนิด คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ดอกอัญชันและว่านหางจระเข้ โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดนี้ ได้จัดทำทั้งหมด 3 สูตร คือ

- สูตรที่1 (แบบมาตรฐาน) : เปลือกส้มเขียวหวาน : ดอกอัญชัน : ว่านหวานจระเข้ (80 : 10 : 10 โดยปริมาตร)
- สูตรที่2: เปลือกส้มเขียวหวาน : ดอกอัญชัน : ว่านหวานจระเข้ (60 : 20 : 20 โดยปริมาตร)
- สูตรที่3: เปลือกส้มเขียวหวาน : ดอกอัญชัน : ว่านหวานจระเข้ (50 : 25 : 25 โดยปริมาตร)

ซึ่งผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติทั้ง 3 ชนิด มีคุณสมบัติที่ส่งผลต่อเส้นผมและรากผม คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ส่งผลการช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมและยังทำให้รากผมที่เกิดขึ้นใหม่กลับมาแข็งแรงได้อีกด้วย ดอกอัญชัน ส่งผลให้เส้นผมสลวยและดกดำ เส้นผมมีน้ำหนักแม้ในผมที่เกิดขึ้นใหม่ละยังช่วยลดอาการผมร่วงและผมบางได้ ว่านหางจระเข้ ส่งผมให้ความชุ่มชื้นกับหนังศีรษะและเส้นผม ทำให้ศีรษะไม่แห้ง ผมนุ่มสลวย รังแคลดลง ลดอาการคันศีรษะก็หายไปด้วย และยังช่วยในการปรับสมุดลของหนังศีรษะจึงทำให้ผมที่งอกใหม่หนาขึ้นเงางาม สุขภาพแข็งแรง หลุดร่วงน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด

3.3 ผลการพัฒนาสเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ และการประเมินสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

การพัฒนาผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาตินั้น ประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่สำคัญทั้งหมด 3 ชนิด คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ดอกอัญชันและว่านหางจระเข้ ได้จัดทำทั้งหมด 3 สูตร คือ

สูตรที่ 1: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (80: 10: 10 โดยปริมาตร)

สูตรที่ 2: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (60: 20: 20 โดยปริมาตร)

สูตรที่ 3: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (50: 25: 25 โดยปริมาตร)

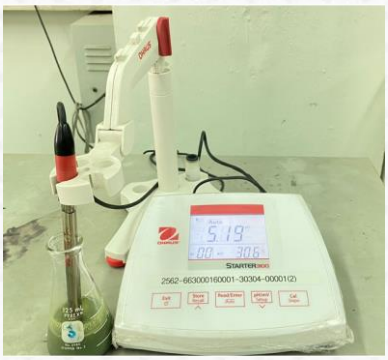
3.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง) โดยเครื่อง pH มิเตอร์ ผลการทดลองได้ดังนี้

ผลการทดลอง สูตรที่ 1 ค่า pH = 4.82 Temp. 32.00 °C พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีค่าความเป็นกรด

ผลการทดลอง สูตรที่ 2 ค่า pH = 4.85 Temp. 30.60 °C พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีค่าความเป็นกรด

ผลการทดลอง สูตรที่ 3: ค่า pH = 5.19 Temp. 30.60 °C พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีค่าความเป็นกรด

ตัวอย่างการจัดวางรูปดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การวัดค่า pH ของผลิตภัณฑ์

3.3.2 ค่าความหนืดโดยเครื่อง BROOKFIELD VISCOMETER ผลการทดลองได้ดังนี้

ผลการทดลอง สูตรที่ 1 ใช้หัววัดหมายเลข 2 ด้วยความเร็วที่ 60 ได้ค่า 1.2

สูตรคำนวณ Dial reading x Factor = Viscosity in cP(mPa*s)

1.2 x 5 = 6 cP(mPa*s)

ดังนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีค่าความหนืดน้อย

ผลการทดลอง สูตรที่ 2 ใช้หัววัดหมายเลข 2 ด้วยความเร็วที่ 60 ได้ค่า 1.2

สูตรคำนวณ Dial reading x Factor = Viscosity in cP(mPa*s)

1.2 x 5 = 6 cP(mPa*s)

ดังนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีค่าความหนืดน้อย

ผลการทดลอง สูตรที่ 3 ใช้หัววัดหมายเลข 2 ด้วยความเร็วที่ 60 ได้ค่า 1.2

สูตรคำนวณ Dial reading x Factor = Viscosity in cP(mPa*s)

1.2 x 5 = 6 cP(mPa*s)

ดังนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีค่าความหนืดน้อย

ตัวอย่างการจัดวางรูปดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การวัดความหนืดของผลิตภัณฑ์

3.3.3 ค่าความใส ค่าสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยเครื่อง Light ผลการทดลองได้ดังนี้

เทียบกับ Standard คือ น้ำสะอาด ได้ค่า L : +39.9 a : +1.4 b : +17.8

ผลการทดลอง สูตรที่ 1 ค่า dE : +27.9 dL : -24.5

da : +1.3 db : -13.2 ดังนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 มีค่าความใสมาก อยู่ในโทนสีเขียว

ผลการทดลอง สูตรที่ 2 ค่า dE : +29.7 dL : -24.8

da : +2.7 db : -16.0 ดังนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีค่าความใสมาก อยู่ในโทนสีเขียว

ผลการทดลอง สูตรที่ 3 ค่า dE : +31.9 dL : -25.2

da : +9.1 db : -17.2 ดังนั้นพบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีค่าความใสมาก อยู่ในโทนสีเขียว

dE หมายถึง พลังงานของเส้นสเปกตรัม

da หมายถึง Redness จะบรรยายถึงแกนสี a+ เป็นสีแดง จนกระทั่ง a - เป็นสีเขียว

dL หมายถึง Lightness จะบรรยายถึงความสว่าง L+ เป็นสีขาว จนกระทั่ง L- เป็นสีดำ

db หมายถึง Yellowness จะบรรยายถึงแกนสี b+ เป็นสีเหลือง จนกระทั่ง b- เป็นสีน้ำเงิน

สูตรคำนวณ $dE=\sqrt{dL^2 + da^2 + db^2}$

ตัวอย่างการจัดวางรูปดังแสดงในภาพที่ 5-6



ภาพที่ 5 การวัดความใส และ ค่าสี ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์บำรุงรากผม 3 สูตร ที่นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร

3.4 ผลการนำผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาติทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร

การพัฒนาผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาตินั้น ประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่สำคัญทั้งหมด 3 ชนิด คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ดอกอัญชันและว่านหางจระเข้ ได้จัดทำทั้งหมด 3 สูตร คือ

สูตรที่ 1: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (80: 10: 10 โดยปริมาตร)

สูตรที่ 2: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (60: 20: 20 โดยปริมาตร)

สูตรที่ 3: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (50: 25: 25 โดยปริมาตร)

กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร จำนวน 3 คน ทดลองใช้ทั้ง 3 สูตร ซึ่งวิธีการใช้ คือสเปรย์ที่รากผม หมักทิ้งไว้ 5 นาที และให้ใช้เป็นประจำโดยระยะเวลาสูตรละ 7 วัน ใช้สูตรที่ 1 ก่อน เมื่อครบกำหนด สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของเส้นผม 1 วัน ด้วยวิธีที่เรียกว่า Hair Pull Test ก่อนเริ่มใช้สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ตามลำดับ ก่อนที่กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร จำนวน 3 คน ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์นั้นจะให้กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครได้ตรวจการหลุดร่วงของเส้นผมด้วยวิธีที่เรียกว่า Hair Pull Test จึงทำให้ทราบผลของการหลุดร่วงของเส้นผม ก่อนและหลังการใช้ผลิตภัณฑ์ได้

ผลการทดลองใช้ของอาสาสมัครคนที่ 1 พบว่า ก่อนทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ สูตรที่ 1 มีการหลุดร่วงของเส้นผมเกิน 10% หรือมากกว่า 5 เส้น เมื่อได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรที่1 และ สูตรที่ 2 จนครบ 7 วัน แล้วพบว่าลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 75 % ผมนิ่มสลวย ซึ่งสูตรที่ 3 มีการลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 25 % และผมกระด้าง ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ฉุนทั้ง 3 สูตร ผลิตภัณฑ์มีสีใส สะดวกต่อการใช้งาน

ผลการทดลองใช้ของอาสาสมัครคนที่ 2 พบว่า ก่อนทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ สูตรที่ 1 มีการหลุดร่วงของเส้นผมเกิน 10% หรือมากกว่า 5 เส้น เมื่อได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรที่1 จนครบ 7 วัน แล้วพบว่าลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 70 % ผมนิ่มสลวย ซึ่งสูตรที่ 3 มีการลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 35 % และผมกระด้าง ฟู ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ฉุนทั้ง 3 สูตร ผลิตภัณฑ์มีสีใส สามารถพกไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

ผลการทดลองใช้ของอาสาสมัครคนที่ 3 พบว่า ก่อนทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ สูตรที่ 1 มีการหลุดร่วงของเส้นผมเกิน 10% หรือมากกว่า 5 เส้น เมื่อได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรที่1 จนครบ 7 วัน แล้วพบว่าลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 50 % ผมนิ่มสลวย ซึ่งสูตรที่ 3 มีการไม่ลดการหลุดร่วงของเส้นผมทำให้ผมแห้ง ควรเปลี่ยนกลิ่นของผลิตภัณฑ์

ผลการประเมินแบบทดสอบประสามสัมผัสของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร 3 คน ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาสเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินแบบทดสอบประสาทสัมผัสของกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร 3 คน

อาสาสมัคร	ผลการตอบแบบทดสอบประสาทสัมผัสของอาสาสมัคร
กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครคนที่ 1	ก่อนทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ สูตรที่ 1 มีการหลุดร่วงของเส้นผมเกิน 10% หรือมากกว่า 5 เส้น เมื่อได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรที่1 และสูตรที่ 2 จนครบ 7 วัน แล้วพบว่าลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 75 % ผมนิ่มสลวย ซึ่งสูตรที่ 3 มีการลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 25 % และผมกระด้าง ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ฉุนทั้ง 3 สูตร ผลิตภัณฑ์มีสีใส สะดวกต่อการใช้งาน
กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครคนที่ 2	ก่อนทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ สูตรที่ 1 มีการหลุดร่วงของเส้นผมเกิน 10% หรือมากกว่า 5 เส้น เมื่อได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรที่1 จนครบ 7 วัน แล้วพบว่าลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 70 % ผมนิ่มสลวย ซึ่งสูตรที่ 3 มีการลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 35 % และผมกระด้าง ฟู ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ฉุนทั้ง 3 สูตร ผลิตภัณฑ์มีสีใส สามารถพกไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครคนที่ 3	ก่อนทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์บำรุงรากผมจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติ สูตรที่ 1 มีการหลุดร่วงของเส้นผมเกิน 10% หรือมากกว่า 5 เส้น เมื่อได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ สูตรที่1 จนครบ 7 วัน แล้วพบว่าลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 50 % ผมนิ่มสลวย ซึ่งสูตรที่ 3 ไม่ลดการหลุดร่วงของเส้นผม ทำให้ผมแห้ง ควรเปลี่ยนกลิ่นของผลิตภัณฑ์

4. บทสรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์รากผมจากสารสกัดทางธรรมชาตินั้น ประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติที่สำคัญทั้งหมด 3 ชนิด คือ เปลือกส้มเขียวหวาน ดอกอัญชันและว่านหางจระเข้ ได้จัดทำทั้งหมด 3 สูตร คือ

สูตรที่ 1: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (80: 10: 10 โดยปริมาตร)

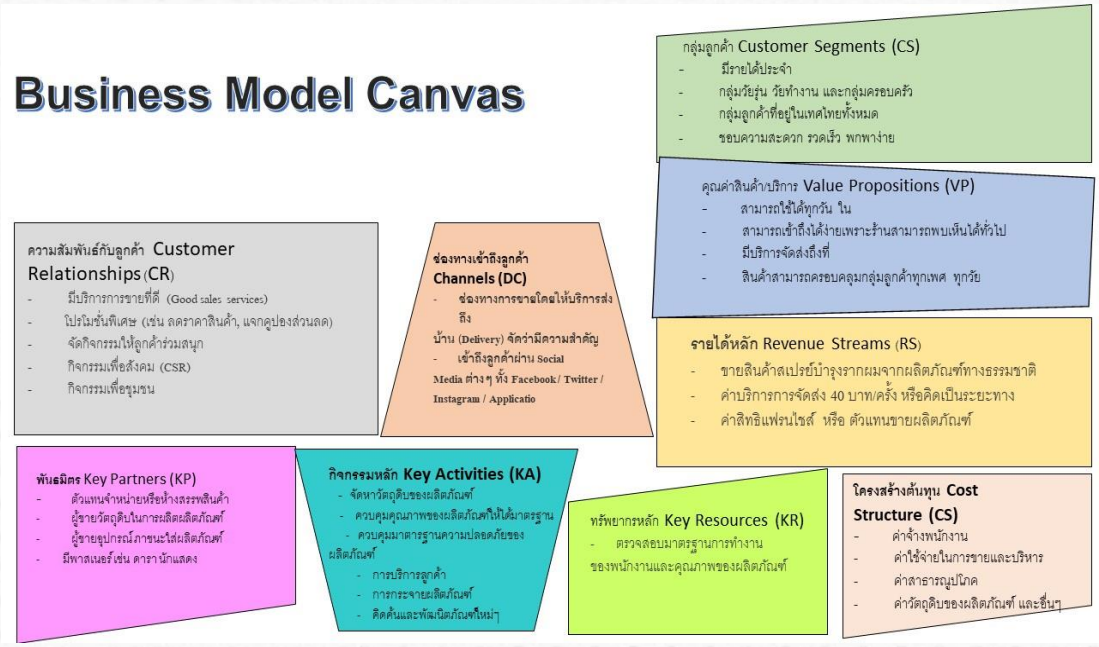
สูตรที่ 2: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (60: 20: 20 โดยปริมาตร)

สูตรที่ 3: สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (50: 25: 25 โดยปริมาตร)

สรุปผลการทดลอง ได้นี้คือ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากสารสกัดจากธรรมชาติทั้ง 3 ชนิด มีคุณสมบัติในการบำรุงรากผมได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้จริง โดยเฉพาะสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 2 เป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้จริง 75% ผลิตภัณฑ์สีใส สเปรย์แล้วระเหยง่ายไม่เหนียว พกพาสะดวก แต่มีกลิ่นค่อนข้างฉุน ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผมได้ 50% ผลิตภัณฑ์สีใส สเปรย์แล้วระเหยง่ายไม่เหนียว พกพาสะดวก ซึ่งมีกลิ่นฉุนของสารสกัดเปลือกส้ม ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 ไม่ช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผม และทำให้เส้นผมกระด้าง ผมฟู ในส่วนของผลิตภัณฑ์มีสีใส สเปรย์แล้วระเหยง่ายไม่เหนียว พกพาสะดวก

ดังนั้นแนวโน้มในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงรากผมจากสารสกัดธรรมชาติทั้ง 3 ชนิด ผู้วิจัยจะเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 ที่มีอัตราส่วนผสมสารสกัดเปลือกส้มเขียวหวานมากที่สุด คือ สารสกัดเปลือกส้มเขียวหวาน: สารสกัดดอกอัญชัน: สารสกัดว่านหางจระเข้ (80: 10: 10 โดยปริมาตร) แต่จะพัฒนาปรับกลิ่นของผลิตภัณฑ์ให้มีกลิ่นที่ไม่ฉุน เพื่อทำให้ผู้บริโภคสนใจในการใช้ผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น

การจัดทำแผนธุรกิจจะใช้หลักการของ Business Model Canvas เป็นแนวทางใช้รวบรวมข้อมูลสำคัญ นำมาวิเคราะห์ วางแผน และประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตสามารถจัดการธุรกิจได้อย่างมีระบบ ซึ่งการวางแผนกำหนดทิศทางธุรกิจ Business Model Canvas คือ เครื่องมือที่ช่วยออกแบบโมเดลธุรกิจ ผ่านองค์ประกอบ 9 อย่าง ประกอบด้วย 1. ลูกค้า (Customer Segments—CS) ผู้ซื้อสินค้าหรือบริการ 2. คุณค่า (Value Propositions—VP) จุดขายของสินค้าหรือบริการ 3. ช่องทาง (Channels—CH) สื่อ แพลตฟอร์ม รูปแบบ และวิธีในการสื่อสารไปถึงลูกค้า 4. ความสัมพันธ์กับลูกค้า (Customer Relationships—CR) วิธีในการรักษาลูกค้าฐานลูกค้า 5. กระแสรายได้ (Revenue Streams—RS) รายได้ของธุรกิจ 6. ทรัพยากรหลัก (Key Resources—KR) สิ่งที่ต้องมีในการดำเนินธุรกิจ 7. กิจกรรมหลัก (Key Activities—KA) กิจกรรมที่ต้องทำเพื่อให้โมเดลธุรกิจอยู่ได้ 8.พันธมิตรหลัก (Key Partners—KP) ส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งการช่วยป้อนวัตถุดิบและการช่วยขาย 9.โครงสร้างต้นทุน (Cost Structure-C$) ต้นทุนทั้งหมดของธุรกิจนี้ ตัวอย่างการจัดวางรูปดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 รูปแบบแผนธุรกิจที่จะนำไปใช้ทางพาณิชย์ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหลักสูตร การจัดการนวัตกรรมเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรม (สหวิทยาการ) ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ และข้อมูลต่างๆ ในการวิจัย รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดุสิต งามรุ่งโรจน์ ที่กรุณาให้ความรู้และให้คำแนะนำการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ และทางเคมี ของงานวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] รองศาสตราจารย์ ดร.พญ.รัชต์ธร ปัญจประทีป. (11 พฤศจิกายน 2564). ผมจะกลับมา แพทย์จุฬาฯวิจัยใช้เลเซอร์ ความเข้มข้นต่ำ เคลียร์ปัญหาผมร่วงจากพันธุกรรมได้ผลใน 6 เดือน. สืบค้นจาก http://www.chula.ac.th/highlight/50025/.

[2] ไชยวัฒน์ ไชยสุต ภบ., ภ.ม (เภสัชเคมี), Ph.D. (Applied Biochemistry). กลไกรักษาอาการผมร่วงของสารเคมี พฤกษเคมีและสารสกัดธรรมชาติโดยการออกฤทธิ์ต่อโฮร์โมน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเภสัชศสาตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ประจำปีงบประมาณ 2551-2553.

[3] บุญญวดี จิระวุฒิ. การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา Aspergillus flavus และลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินโดยสารออกฤทธิ์จากกระเทียม. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 33 ฉบับที่ 1. (2558)15-28.

[4] เฉลิมพร ทองพูน และปิยะวัฒน์ ไกรสร. การใช้สารสกัดจากดอกอัญชันเป็นอินดิเคเตอร์ในการไทเทรตกรด-เบส. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. Rajabhat J.Sic. Humanit. Soc.Sci.16(2), (2015)156-166.

[5] อัจฉรา เหล่าประเสริฐ, ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร, กาญจนา นาคประสม และนักรบ นาคประสม. การหาสภาวะที่เหมาะสมของสารสกัดเพคตินจากเปลือกส้มเขียวหวานโดยเทคนิคไมโคเวฟร่วม. สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 28, ฉบับที่ 10. (2463)1803-1812.

[6] ศิวาพัชญ์ จิรโชติเกศกุล และ ญษมณ ละทัยนิล. การพัฒนาตำรับผลิตภัณฑ์เจลทาผิวจากสารสกัดว่านหางจระเข้. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ ITECH CON, (2019)197-202.

[7] สมเดือน หริรัตน์เสรี และสุวิมล กีรติพิบูล. การสกัดคาโรทีนอยด์จากเปลือกส้มเขียวหวาน Citrus reticulata Blanco. สาขาประมง วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร ศึกษาศาสตร์ มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ การจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33, 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ (2538)331-338.

[8] อรุษา เชาวนลิขิต. การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 3, ฉบับที่ 6 (2564)26-36.

[9] บริษัท ABALLTechno CO, LTD (24 กรกฎาคม 2565). หลักการวัดสี color measuring. สืบค้นจาก http://www.aballtechno.com/article/18/หลักการการวัดสี-color-measuring

การประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองSIR

The Evaluation of Covid - 19 Pandemic Era in Thailand using SIR Simulation

จุฬาตรีคูณ คัทมาร[1] พรธีรา เสาวรส[1] วริศรา ภู่พลับ[1] และ สุธาธินี ศรีชาญชัย[1*]

[1]โรงเรียนสตรีนนทบุรี

[*]Email: modtuan@satrinon.ac.th

บทคัดย่อ

โครงงานเรื่องการประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาด**ของ**โรคโควิด-19 ในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลอง SIR มีวัตถุประสงค์ คือ 1. เพื่อหาแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทย ระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 และ 2. เพื่อคาดการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ภายหลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 เป็นต้นไป โดยแบบจำลอง SIR เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นิยมมาใช้เพื่อจำลองสถานการณ์และคาดการณ์การแพร่ระบาดของโรคต่าง ๆ ในอนาคต และนำข้อมูลที่ได้มาอธิบายการเปลี่ยนแปลงไปของประชากรในกลุ่มต่าง ๆ โดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์ จากการศึกษาทำให้ได้แบบจำลอง SIR ที่สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. แบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทย ระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ r0 คือ 2.0 โดยประชากรกลุ่ม S จะเริ่มเปลี่ยนไปเป็นประชากรกลุ่ม I อย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 20 เม.ย. พ.ศ.2564 ทำให้ประชากรกลุ่ม S ลดลงและประชากรกลุ่ม I เพิ่มขึ้น โดยค่า I มีค่าสูงสุด ณ วันที่ 25 มิ.ย. พ.ศ.2564 หลังจากนั้นประชากรกลุ่ม I จะเริ่มลดลงและเปลี่ยนไปเป็นประชากรกลุ่ม R

2. แบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ คือ 2.2, 1.8 และ 1.6 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้มีค่าสูงขึ้น

3.เปรียบเทียบแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นจริงตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 – 30 มิถุนายน พ.ศ.2565 ทำให้ทราบว่าสถานการณ์ในระยะเวลาที่กำหนดมีแนวโน้มใกล้เคียงกับแบบจำลองที่ r0 = 2.2

อย่างไรก็ตามโครงงานนี้เป็นการสร้างแบบจำลองและประเมินสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยใช้ค่าของตัวแปรที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งในอนาคตอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ดังนั้น จึงอาจมีการดำเนินการหาค่าตัวแปรใหม่ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: โรคโควิด-19, แบบจำลอง SIR

Abstract

The evaluation of Covid - 19 pandemic era in Thailand using SIR simulation was presented. The modelling and prediction of Covid - 19 virus in Thailand between 1st January - 31st October 2021.

The SIR mathematic simulation is utilized in various field of research and epidemic diseases. SIR simulation was illustrated the analyse results using differential equation. The results shown that

1. The SIR simulation in Thailand from 1st January - 31st October 2021 had contact number 2.0. The S population clearly change to I population when 20th April 2021. The highest I population was 25th June 2021 and it slowly decreased.

2. The SIR simulation in Thailand after 31st October 2021 have contact number 2.2, 1.8 and 1.6 respectively.

3. The comparison between simulation prediction and real outbreak shown that 1st November 2021 - 30th June 2022 were significantly trend with r0 = 2.2

However, variable can be changed in period of time, should be adjusted before future illustration.

Keywords: Covid-19, The SIR simulation

1.บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในช่วงปลายปีพ.ศ.2562 เกิดการระบาดของโรคโควิด-19 ครั้งแรกที่เมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน และได้กระจายไปทั่วโลก ซึ่งเกิดจากไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (SARS-CoV-2) ไวรัสโคโรนาเป็นไวรัสวงศ์ใหญ่ ที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ทั้งในมนุษย์และสัตว์ บางสายพันธุ์ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคทางเดินหายใจตะวันออกกลาง (MERS) และโรคระบบทางเดินหายใจเฉียบพลันร้ายแรง (SARS) และล่าสุด คือโรคโควิด-19 [1,2] ซึ่งช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 จำนวนผู้ป่วยโรคโควิด-19 ในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นสลับกันไปเนื่องจากหลากหลายสาเหตุ เช่น จากการกลายพันธุ์ของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ที่ได้ระบาดในประเทศไทย การเดินทางไปยังสถานที่เสี่ยง [3] รวมไปถึงลักษณะการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันตนเองไม่ให้ติดเชื้อของแต่ละบุคคล มาตรการการควบคุมโรคของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่ได้ประกาศใช้และยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง จากสาเหตุดังกล่าว ทำให้การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยนั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และสร้างผลกระทบให้กับประชากรในประเทศเป็นอย่างมาก เช่น ด้านการท่องเที่ยวที่ซบเซาลง เนื่องจากผู้คนไม่สามารถท่องเที่ยวได้ทั้งในประเทศและนอกประเทศ หรือการสูญเสียบุคลากรที่สำคัญเพื่อเป็นกำลังในการพัฒนาประเทศ ต่อมาในวันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 นายกรัฐมนตรีแห่งประเทศไทยมีแถลงการณ์เปิดประเทศให้นักท่องเที่ยวเข้ามาในประเทศเป็นครั้งแรก ให้เดินทางเข้ามาได้โดยไม่มีมาตรการกักตัว [4] แต่ต้องมีประวัติการฉีดวัคซีนครบ 2 เข็ม ตามแถลงการณ์ของกระทรวงสาธารณสุข [5] จึงทำให้ประเทศไทยยังคงต้องคอยเฝ้าระวังโรคโควิด-19 ต่อไป เพื่อลดการสูญเสียของคนในประเทศไทยให้ได้มากที่สุด

คณิตศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย เช่น การนำคณิตศาสตร์มาใช้ในด้านของการแพทย์ โดยใช้คณิตศาสตร์เพื่อจำลองการเกิดและการควบคุมโรคต่าง ๆ จากการศึกษาแบบจำลอง SIR ด้วยการจำลองการแพร่ระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่ เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโดยการฉีดวัคซีน ในจังหวัดภูเก็ต มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ในปี 2563 ผลพบว่าถ้าประชากรผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่เป็นจำนวนน้อย จะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคเพิ่มขึ้น และ ถ้าประชากรผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคเป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคลดลง [6] รวมไปถึงรายงานการวิจัยว่าด้วยการจำลองการแพร่ระบาดของโรคอีสุกอีใส เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดโดยการรณรงค์ให้ความรู้ มหาวิทยาราชภัฏภูเก็ต

ในปี 2560 ผลพบว่าถ้าประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้ออีสุกอีใสมีความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคอีสุกอีใสเป็นจำนวนน้อย จะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคเพิ่มขึ้น และถ้าประชากรที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมีความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคเป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคลดลง [7] และรายงานวิจัยว่าด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การควบคุมการแพร่ระบาดของโรคหัดโดยการฉีดวัคซีน ในจังหวัดภูเก็ต มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ผลพบว่าถ้าประชากรผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมีจำนวนน้อยที่ได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคหัด จะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคเพิ่มขึ้น และถ้าหากประชากรผู้ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อมีจำนวนที่ได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคมากขึ้น จะส่งผลให้การแพร่ระบาดของโรคลดลง จากผลรายงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการป้องกันโรคและใช้เป็นข้อมูลทางการให้กับหน่วยงานที่เฝ้าระวังเรื่องการแพร่ระบาดของโรคได้ [8] จากการศึกษาพบว่าเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นิยมมาใช้เพื่อจำลองสถานการณ์และคาดการณ์การแพร่ระบาดของโรคต่างๆ ในอนาคต โดยในแบบจำลอง SIR ได้มีการแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค (S : Susceptible) กลุ่มผู้ที่ติดโรค (I : Infected) และ กลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค (R : Recovered) และนำข้อมูลที่ได้มาอธิบายการเปลี่ยนแปลงไปของประชากรในกลุ่มต่าง ๆ โดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์ [9]

จากการสร้างแบบจำลอง SIR เพื่อแสดงสถานการณ์การแพร่ระบาดที่สามารถคาดการณ์ได้จากสมการเชิงอนุพันธ์จากกลุ่มประชากร ทั้ง 3 กลุ่มดังกล่าว [10] ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะสร้างแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยและคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 เพื่อเป็นแนวทางในวางแผนมาตรการควบคุมโรค การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคตโดยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม [11] รวมถึงไม่ให้เกิดการระบาดใหญ่ระลอกใหม่อีกครั้ง เช่น การเร่งฉีดวัคซีนเข็มกระตุ้น การผ่อนคลายมาตรการสำหรับผู้เดินทางจากต่างประเทศ เตรียมระบบการรักษาพยาบาลที่เหมาะสมกับอาการและระดับความรุนแรงของโรค การตรวจประวัติการฉีดวัคซีนก่อนเข้าพื้นที่สาธารณะต่าง ๆ เพิ่มความถี่ในการทำความสะอาดพื้นที่มีคนใช้งานเป็นจำนวนมาก เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทย ระยะเวลาตั้งแต่วันที่1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564
2. เพื่อคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ภายหลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 เป็นต้นไป

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ข้อมูลจำนวนกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค (S: Susceptible) กลุ่มผู้ที่ติดโรค (I: Infected) และกลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค (R : Recovered) ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2564
2. เงื่อนไขในการทำแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 คือ โอกาสในการติดโรคโควิด-19 เท่ากัน โอกาสในการพบปะผู้คนเท่ากัน และจำนวนของกลุ่มประชากรคงที่

1.4 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น จำนวนผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค (S: Susceptible) กลุ่มผู้ที่ติดโรค (I: Infected) และ กลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค (R : Recovered) เริ่มต้น

ตัวแปรตาม แบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19

ตัวแปรควบคุม โอกาสในการติดโรคโควิด-19 เท่ากัน โอกาสในการพบปะผู้คนเท่ากัน จำนวนของกลุ่มประชากรคงที่ สายพันธุ์ของเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ β (อัตราการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19) γ (อัตราการหายจากโรคโควิด-19)

ปริมาณการตรวจหาโรคโควิด-19 ในประเทศไทย การหายจากโรคโควิด-19 แล้วสามารถมีโอกาสติดซ้ำ ปริมาณการฉีดวัคซีน และคุณภาพของวัคซีน แนวทางการรักษาสำหรับผู้ป่วยโรคโควิด-19 และแนวทางการป้องกันตนเอง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 โดยโมเดลนี้ย่อมาจากตัวอักษร 3 ตัว คือ กลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค (S : Susceptible) กลุ่มผู้ที่ติดโรค (I : Infected) และ กลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค (R : Recovered)

ค่า β หรือ อัตราการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 คือ ค่าที่แสดงถึงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ของกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค (S : Susceptible) ติดต่อกับกลุ่มผู้ที่ติดโรค (I : Infected) ได้

ค่า γ หรือ อัตราการหายจากโรคโควิด-19 คือ ค่าที่แสดงถึงอัตราการหายจากผู้ติดเชื้อที่อาการดีขึ้น ไปเป็นกลุ่ม ผู้ที่หายจากการติดโรค (R : Recovered)

โรคโควิด-19 คือ โรคติดต่อซึ่งเกิดจากไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (SARS-CoV-2) เกิดการระบาดครั้งแรกที่เมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน และได้กระจายไปทั่วโลก อาการโดยทั่วไป คือ มีไข้ ไอแห้ง อ่อนเพลีย อาจมีอาการอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ไม่สามารถรับรสหรือกลิ่นได้ ปวดตามกล้ามเนื้อ เป็นต้น

ผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรคโควิด-19 ในประเทศไทย คือ ประชากรในประเทศไทยที่ยังไม่ติดโรคโควิด-19 และมีโอกาสที่จะติดโรคโควิด-19

ผู้ที่ติดโรคโควิด-19 ในประเทศไทย คือ ประชากรในประเทศไทยที่ติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ซึ่งก่อโรคโควิด-19 โดยมีสาเหตุหลายปัจจัย เช่น การสัมผัสกับสิ่งของที่อาจมีเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่เกาะอยู่บนพื้นผิวทำให้สามารถก่อโรคโควิด-19 ได้

กลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรคโควิด-19 ในประเทศไทย คือ ประชากรในประเทศไทยที่ได้รับการรักษาและตรวจเพื่อหาเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ที่ก่อโรคโควิด-19 พบว่าไม่พบเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ภายในร่างกายแล้ว

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564

2. สามารถคาดการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ภายหลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 เป็นต้นไป เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนมาตรการการควบคุมโรคในครั้งถัดไป

3. สามารถวางแผนมาตรการการควบคุมโรคโดยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงไม่ให้เกิดการระบาดใหญ่ระลอกใหม่อีกครั้ง เช่น การเร่งฉีดวัคซีนเข็มกระตุ้น ผ่อนคลายมาตรการสำหรับผู้เดินทางจากต่างประเทศ เตรียมระบบการรักษาพยาบาลที่เหมาะสมกับอาการและระดับความรุนแรงของโรค ตรวจประวัติการฉีดวัคซีนก่อนเข้าพื้นที่สาธารณะต่าง ๆ เพิ่มความถี่ในการทำความสะอาดพื้นที่มีคนใช้งานเป็นจำนวนมาก

2.วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การสร้างแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564

2.1.1 การแบ่งกลุ่มประชากรกลุ่ม S กลุ่ม I และกลุ่ม R

โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรคโควิด-19 (S : Susceptible) กลุ่มผู้ที่ติดโรคโควิด-19 (I : Infected) และ กลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรคโควิด-19 (R : Recovered) โดยมีเงื่อนไขเพิ่มเติม คือ โอกาสในการติดโรค

โควิด-19 เท่ากัน โอกาสในการพบปะผู้คนเท่ากัน และจำนวนของกลุ่มประชากรคงที่ กำหนดค่าเริ่มต้นของระบบสมการเชิงอนุพันธ์ สามารถหาได้จากข้อมูลที่บันทึกในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2564 ของการระบาดของโรคโควิด-19 ได้แก่

$S(0)$ คือ จำนวนของประชากรทั้งหมดลบด้วยจำนวนผู้ติดโรคเริ่มต้นและจำนวนผู้ที่หายจากการติดโรค หารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

$I(0)$ คือ จำนวนผู้ติดโรคเริ่มต้นหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

$R(0)$ คือ จำนวนผู้ที่หายจากการติดโรคหารด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด

ซึ่งจำนวนประชากรทั้งหมดหาได้จาก N = S + I + R เมื่อ N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด [12]

2.1.2 การหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนการติดเชื้อของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ (C : Contact Number หรือ r0)

การหาค่าเฉลี่ยที่ผู้ป่วยโรคโควิด-19 (I) 1 คน สามารถแพร่เชื้อให้กับผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรคโควิด-19 (S) ได้กี่คน โดยประยุกต์จากสมการเชิงอนุพันธ์ข้างต้นโดยที่การแพร่ระบาดของโรคจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มผู้ที่ติดโรค (I : Infected) ต้องมากกว่า 1 ดังนี้

$$\frac{dI}{dt} > 0$$
$$\beta IS - \gamma I > 0$$
$$\beta IS > \gamma I$$
$$\beta > \gamma$$
$$\frac{\beta}{\gamma} > 1$$

โดย β คือ อัตราการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หรือจำนวนคนที่เกิดการติดโรคโดยเฉลี่ยต่อวัน

หาได้จาก β = 1/ระยะแพร่เชื้อคือ 7 วัน

γ คือ อัตราการหายจากโรคโควิด-19 หรือจำนวนคนที่หายจากการติดโรคต่อวัน

หาได้จาก γ = 1/ระยะฟื้นตัวคือ 14 วัน

หลังจากคำนวณเสร็จจะได้ว่า $\frac{\beta}{\gamma} > 1$ ซึ่งมีความหมายว่าจะเกิดการแพร่ระบาดของโรค [13]

2.1.3 การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงไปของประชากรกลุ่ม S กลุ่ม I และกลุ่ม R

นำตัวแปรจากข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 มาแสดงความสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรในรูปแบบระบบสมการเชิงอนุพันธ์ได้ [14] ดังนี้

$$\frac{dS}{dt} = -\beta IS \quad (1)$$
$$\frac{dI}{dt} = \beta IS - \gamma I \quad (2)$$
$$\frac{dR}{dt} = \gamma I \quad (3)$$

โดย ค่า $\frac{dS}{dt}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่ม (S: Susceptible) หรือกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค

ค่า $\frac{dI}{dt}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่ม (I : Infected) หรือกลุ่มผู้ที่ติดโรค

ค่า $\frac{dR}{dt}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่ม (R : Recovered) หรือกลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค

2.1.4 การหาค่าของจำนวนประชากรกลุ่ม S กลุ่ม I และกลุ่ม R ที่เกิดขึ้นใหม่

การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละกลุ่มหาได้จากระบบสมการเชิงอนุพันธ์ ดังนี้

ค่า ΔS หรืออัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค = $\frac{dS}{dt} = -\beta IS$

ค่า ΔI หรืออัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่ติดโรค = $\frac{dI}{dt} = \beta IS - \gamma I$

ค่า ΔR หรืออัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค = $\frac{dR}{dt} = \gamma I$

แล้วนำค่าของ ΔS, ΔI, ΔR ไปใช้ในการหาค่าของจำนวนประชากรกลุ่ม S กลุ่ม I และกลุ่ม R ที่เกิดขึ้นใหม่ ดังนี้

ค่า S_{new} หรือค่าใหม่ของกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค = $S(0) + \Delta S$

ค่า I_{new} หรือค่าใหม่ของกลุ่มผู้ที่ติดโรค = $I(0) + \Delta I$

ค่า R_{new} หรือค่าใหม่ของกลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค = $R(0) + \Delta R$

หลังจากได้ค่า $S_{new}, I_{new}, R_{new}$ ให้ดำเนินการทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ เพื่อที่จะสามารถหาค่า $S_{new}, I_{new}, R_{new}$ ในวันถัดไป

2.1.5 การสร้างแบบจำลอง SIR

ในการสร้างแบบจำลองจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยนำค่าต่างๆที่ได้ทำการคำนวณมาใส่ลงในตาราง และทำการหาค่าของวันถัด ๆ ไปด้วยการนำค่า $\Delta S, \Delta I, \Delta R$ มารวมกับค่า SIR เดิม จะทำให้ได้ค่า SIR ใหม่จากนั้นจะสามารถหาค่า $\Delta S, \Delta I, \Delta R$ ใหม่ได้ ทำเช่นนี้กับวันถัดไปเพื่อสร้างแบบจำลองและทำให้สามารถรู้ค่าสูงสุดของการแพร่ระบาดของโรคในช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 ได้ โดยรวมเป็นระยะเวลาทั้งหมด 303 วัน โดยกำหนดให้

- ประชากรในประเทศไทยทั้งหมดมีจำนวน 66,186,727 คน
- จำนวนประชากรที่มีโอกาสติดโรค คือ 66,186415 คน
- จำนวนคนติดโรคในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2564 คือ 279 คน
- จำนวนคนหายจากการติดโรคจากโรคในวันที่1 มกราคม พ.ศ. 2564 คือ 33 คน
- จำนวนประชากรเริ่มต้น $S(0)$ หมายถึง อัตราส่วนของจำนวนประชากรที่มีโอกาสติดโรคต่อจำนวนประชากรในประเทศไทยทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 0.999995286 คน
- จำนวนคนติดโรคเริ่มต้น $I(0)$ หมายถึง อัตราส่วนของจำนวนคนติดโรคในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2564 ต่อจำนวนประชากรในประเทศไทยทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 4.21535E-06
- จำนวนผู้ที่หายจากการติดโรคเริ่มต้น $R(0)$ หมายถึง อัตราส่วนของจำนวนผู้ที่หายจากการติดโรคในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2564 ต่อจำนวนประชากรในประเทศไทยทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 4.98589E-07
- อัตราการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 β หาได้จาก 1 หารด้วยระยะการแพร่เชื้อ คือ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 0.071428571
- อัตราการหายจากโรคโควิด-19 γ หาได้จาก 1 หารด้วยระยะการฟื้นตัว คือ 14 วัน มีค่าเท่ากับ 0.071428571
- ค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ r0 หมายถึง อัตราส่วนของอัตราการแพร่ระบาดของโรคต่ออัตราการหายจากโรค มีค่าเท่ากับ 2.0
- อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของของกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค ΔS คือ -6.0219E-07

- อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่ติดโรค ΔI คือ 3.01093E-07
- อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค ΔR คือ 3.01096E-07
- ค่าใหม่ของกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค S_{new} คือ 0.999994684
- ค่าใหม่ของกลุ่มผู้ที่ติดโรค I_{new} คือ 4.51644E-07
- ค่าใหม่ของกลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค R_{new} คือ 7.99686E-07

ตารางที่ 1 ตารางแสดงวิธีการคำนวณการสร้างแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564

2.2 การสร้างแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564

ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2.1 โดยกำหนดค่าเฉลี่ยที่สามารถแพร่ระบาดได้ (C : Contact Number หรือ r0) ที่แตกต่างกัน 3 ค่าเพื่อแทนค่าแต่ละสถานการณ์ความรุนแรงในการระบาดของโรคโควิด-19 แบ่งได้เป็น

r0 = 2.2 แทนสถานการณ์ที่โรคโควิด-19 มีการระบาดอย่างรุนแรง

r0 = 1.8 แทนสถานการณ์ที่ชะลอการระบาดโรคโควิด-19 ได้

วันที่	จำนวนประชากรเริ่มต้น $S(0)$	จำนวนผู้ติดโรคเริ่มต้น $I(0)$	จำนวนผู้ที่หายจากการติดโรคเริ่มต้น $R(0)$	อัตราการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 β	อัตราการหายจากโรคโควิด-19 γ	อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรค ΔS	อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่ติดโรค ΔI	อัตราการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มผู้ที่หายจากการติดโรค ΔR
1	0.999995286	4.2153E-06	4.9859E-07	0.142857143	0.07142857	-6.0219E-07	3.01093E-07	3.011E-07
2	0.9999946	4.5164E-06	7.9969E-07	0.142857143	0.07142857	-6.452E-07	3.22599E-07	3.226E-07
3	0.9999940	4.839E-06	1.1223E-06	0.142857143	0.07142857	-6.9129E-07	3.45642E-07	3.4565E-07
				.				
				.				
				.				
303	0.20028789	0.0016925	0.79801961	0.142857143	0.07142857	-4.8427E-05	-7.2466E-05	0.00012089

r0 = 1.6 แทนสถานการณ์ที่สามารถควบคุมโรคโควิด-19 ได้ [15]

นำค่าทั้งหมดที่ได้จากค่าเฉลี่ยที่สามารถแพร่ระบาดได้ทั้ง 3 ค่าดังกล่าว มาสร้างแบบจำลอง เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้ติดเชื้อที่จะสามารถเกิดในสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้

2.3 เปรียบเทียบแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นจริง

นำแบบจำลองในข้อ 2.2. มาเปรียบเทียบการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 – 30 มิถุนายน พ.ศ.2565 เพื่อให้ทราบว่าสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้น

จริงในช่วงระยะเวลาที่กำหนดมีแนวโน้มใกล้เคียงกับสถานการณ์ของค่าเฉลี่ยที่สามารถแพร่ระบาดได้ (C : Contact Number หรือ r0) ใดมากที่สุด และทำการหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคมพ.ศ.2565 กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นจริงโดยมีสูตรคือ

$$\text{ค่าความคลานเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าของแบบจำลอง} - \text{ค่าจริง}|}{\text{ค่าจริง}} \times 100$$

3.ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การสร้างแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564

3.1.1 การแบ่งกลุ่มประชากรกลุ่ม S กลุ่ม I และ กลุ่ม R

กำหนดค่าเริ่มต้นของระบบสมการเชิงอนุพันธ์ สามารถหาได้จากข้อมูลที่บันทึกในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2564 ของการระบาดของโรคโควิด-19 จะได้

$S(0)$ = 0.999995286

$I(0)$ = 4.21535 × 10^{-6}

$R(0)$ = 4.98589 × 10^{-7}

3.1.2 การหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนการติดเชื้อของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ (C : Contact Number หรือ r0)

สามารถหาได้จาก $\frac{\beta}{\gamma}$ โดย β = 0.142857143 และ γ = 0.071428571

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนการติดเชื้อของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ คือ 2.0

3.1.3 การหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม S กลุ่ม I และ กลุ่ม R

เมื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละกลุ่มจากระบบสมการเชิงอนุพันธ์จะได้

ΔS = -6.0219 × 10^{-7}

ΔI = 3.01093 × 10^{-7}

ΔR = 3.01096 × 10^{-7}

3.1.4 การหาค่าของจำนวนประชากรกลุ่ม S กลุ่ม I และกลุ่ม R ที่เกิดขึ้นใหม่

จากข้อ 1 และ 3 ทำให้ทราบค่าที่เกิดขึ้นใหม่ของประชากรแต่ละกลุ่ม คือ

S_{new} = 0.999994684

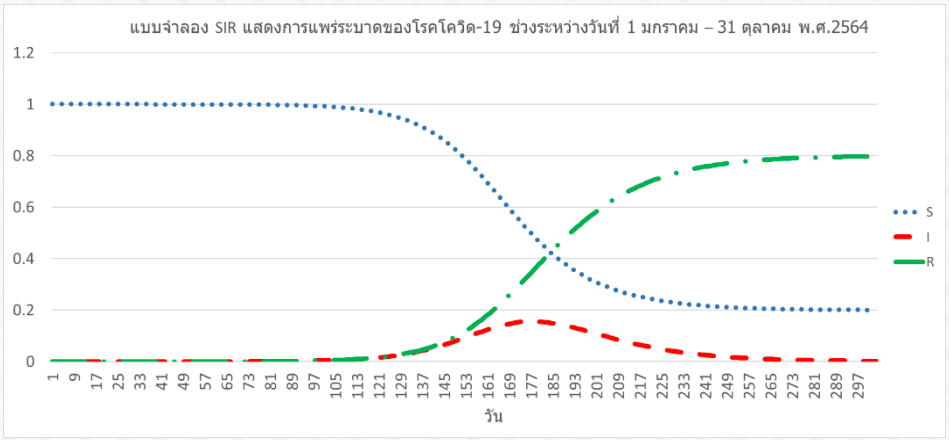
I_{new} = 4.51644 × 10^{-6}

R_{new} = 7.99686 × 10^{-7}

3.1.5 การสร้างแบบจำลอง SIR

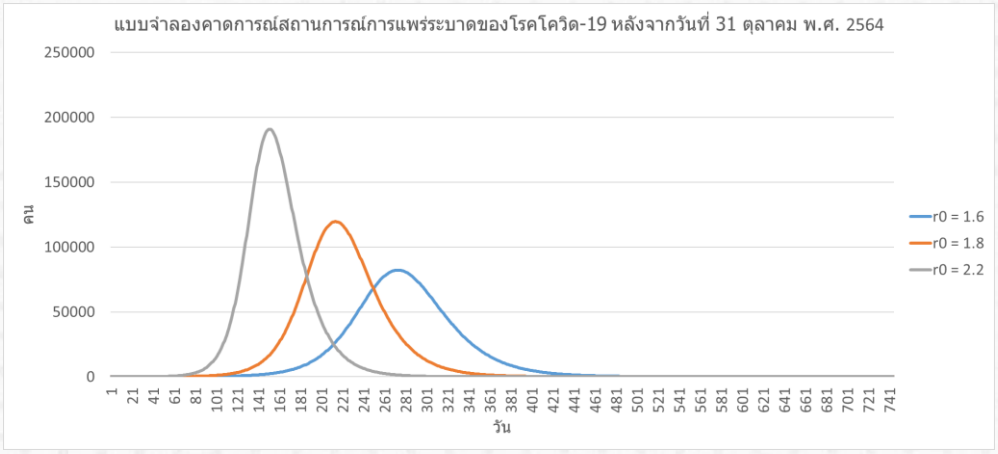
จากแบบจำลอง SIR แสดงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ r0 คือ 2.0 [16] จะเห็นได้ว่าประชากรกลุ่ม S เริ่มเปลี่ยนไปเป็นประชากรกลุ่ม I อย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 20 เมษายน พ.ศ.2564 (วันที่ 110 นับจาก 1 มกราคม พ.ศ. 2564) ทำให้ประชากรกลุ่ม S ลดลงและประชากรกลุ่ม I เพิ่มขึ้น โดยค่า I มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.156046664 ณ วันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ.2564 (วันที่ 176

นับจาก 1 มกราคม พ.ศ.2564) หลังจากนั้นประชากรกลุ่ม I จะเริ่มลดลงและเปลี่ยนไปเป็นประชากรกลุ่ม R จึงทำให้ประชากรกลุ่ม R มีจำนวนเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 แบบจำลอง SIR แสดงการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564

3.2 การสร้างแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564



ภาพที่ 2 แบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564

จากแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ คือ 2.2, 1.8 และ 1.6 ตามลำดับ พบว่า เมื่อ

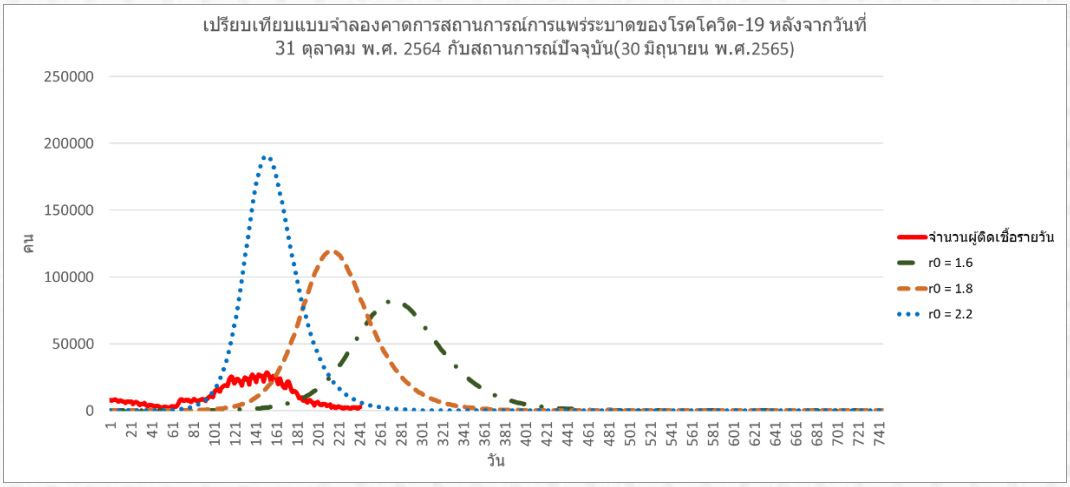
r0 = 2.2 มีจำนวนประชากรกลุ่ม I สูงสุดคือ 190,748 คน ณ วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2565 (วันที่ 151 นับจาก 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564)

r0 = 1.8 มีจำนวนประชากรกลุ่ม I สูงสุดคือ 119,594 คน ณ วันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ.2565 (วันที่ 214 นับจาก 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564) และ

r0 = 1.6 มีจำนวนประชากรกลุ่ม I สูงสุดคือ 82,183 คน ณ วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.2565 (วันที่ 273 นับจาก 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564)

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าเมื่อค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้มีค่าสูงขึ้น จะทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคเร็วขึ้นและมีจำนวนผู้ติดเชื้อสูงขึ้น

3.3 เปรียบเทียบแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจาก วันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2564 กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นจริง



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบแบบจำลองคาดการสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2564 กับสถานการณ์ปัจจุบัน (30 มิถุนายน พ.ศ.2565)

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจาก วันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นจริง [17] พบว่า เมื่อนำจำนวนผู้ติดเชื้อรายวันในระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 – 30 มิถุนายน พ.ศ.2565 มาเทียบกับแบบจำลองคาดการณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 หลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ คือ 2.2, 1.8 และ 1.6 ตามลำดับ ทำให้ทราบว่าสถานการณ์ในระยะเวลาที่กำหนดมีแนวโน้มใกล้เคียงกับแบบจำลองที่ค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ หรือ r0 = 2.2 แทนสถานการณ์ที่โรคโควิด-19 มีการระบาดอย่างรุนแรง เนื่องจากมีการแพร่ระบาดเกิดขึ้นเร็ว โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเมื่อเปรียบเทียบระหว่างจำนวนผู้ติดเชื้อรายวันกับแบบจำลองที่ r0 = 2.2 คือร้อยละ 115.4039 เนื่องจากตัวเลขยอดผู้ติดเชื้อรายวันที่นำมาเทียบโดยอ้างอิงจากการประกาศของกรมควบคุมโรค เป็นยอดที่ไม่ได้รวมกับผู้เข้าข่ายติดเชื้อหรือพบว่าติดเชื้อโดยใช้การตรวจ ATK เช่น ในวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ.2565 มีจำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่ 23,945 คน ติดเชื้อเข้าข่าย/ATK 24,059 คน วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ.2565 มีจำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่ 27,071 คน ติดเชื้อเข้าข่าย/ATK 23,157 คน วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ.2565 มีจำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่ 24,996 คน ติดเชื้อเข้าข่าย/ATK 25,859 คน เป็นต้น จึงทำให้ตัวเลขยอดผู้ติดเชื้อที่นำมาเทียบต่ำกว่าที่ควรจะเป็น อีกหนึ่งปัจจัย คือ การกลายพันธุ์ของไวรัส เช่น สายพันธุ์โอมิครอน ซึ่งสามารถแพร่กระจายได้เร็วกว่าสายพันธุ์ที่ผ่านมา 2-5 เท่า ทำให้มีการติดเชื้อได้ง่าย รวดเร็ว และยังสามารถที่จะหลบหลีกภูมิคุ้มกันได้จึงอาจทำให้ผู้ที่เคยติดเชื้อไวรัสสายพันธุ์อื่น ๆ แล้วติดสายพันธุ์โอมิครอนได้อีก [18] โดยบางรายไม่แสดงอาการ [19] รวมถึงมาตรการการควบคุมโรคของรัฐบาล การปิดประเทศ ซึ่งทำให้ยอดผู้ติดเชื้อลดลง หรือการเปิดประเทศ การผ่อนปรนมาตรการต่าง ๆ ซึ่งทำให้ยอดผู้ติดเชื้อเพิ่มขึ้น

โรคโควิด-19 ในปัจจุบันมีแนวโน้มของยอดผู้ติดเชื้อลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในวันที่ 15 เมษายน พ.ศ.2565 มียอดผู้ติดเชื้อ 20,289 คน วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ.2565 มียอดผู้ติดเชื้อ 6,094 คน วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ.2565 มียอดผู้ติดเชื้อ 2,263 คน วันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ.2565 มียอดผู้ติดเชื้อ 1,795 ซึ่งหลังจากวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ.2565 เป็นต้นไปมีการประกาศให้เป็นระยะ Post pandemic และจะเปลี่ยนผ่านสู่โรคประจำถิ่น ทำให้สามารถเปิดประเทศได้ ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนเตรียมการรับมือให้ครอบคลุมทุกด้านเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงไม่ให้

เกิดการระบาดใหญ่ระลอกใหม่อีกครั้ง เช่น ด้านสาธารณสุข เร่งฉีดวัคซีนเข็มกระตุ้น เน้นการระบาดที่เป็นกลุ่มและผู้ป่วยปอดอักเสบ ผ่อนคลายมาตรการสำหรับผู้เดินทางจากต่างประเทศ ด้านการแพทย์ เตรียมระบบการรักษาพยาบาลที่เหมาะสมกับอาการและระดับความรุนแรงของโรค ดูแลผู้ป่วยที่เสี่ยงอาการรุนแรงและมีอาการรุนแรง รวมทั้งภาวะ Long COVID ด้านสังคม การเปิดประเทศ บริหารจัดการด้านกฎหมายในทุกหน่วยงานให้สอดคล้องกับการปรับตัวเข้าสู่ระยะ Post pandemic ผ่อนคลายมาตรการทางสังคม ลดการจำกัดการเดินทางและการรวมตัวของผู้คน และการได้รับวัคซีนและยารักษาที่มีประสิทธิภาพอย่างทั่วถึง โดยทุกภาคส่วนต้องดำเนินการตามมาตรการป้องกันตัวเอง ด้านการสื่อสารและประชาสัมพันธ์ ร่วมสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องให้แก่ประชาชนเพื่อให้สามารถดำเนินชีวิตร่วมกับโควิด-19 ได้อย่างปลอดภัยและสร้างความร่วมมือของประชาชน [20]

4. บทสรุป

จากวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาแบบจำลอง SIR การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทย ระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม – 31 ตุลาคม พ.ศ.2564 จะได้แบบจำลองซึ่งมีค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ r0 คือ 2.0 พบว่าประชากรกลุ่ม I มีค่าสูงสุด ณ วันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ.2564 (วันที่ 176 นับจาก 1 มกราคม พ.ศ.2564) 2) เพื่อคาดการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ภายหลังจากวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2564 เป็นต้นไป โดยกำหนดค่าเฉลี่ยของโรคโควิด-19 ที่สามารถแพร่ระบาดได้ คือ 2.2, 1.8 และ 1.6 ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทยในช่วงระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 – 30 มิถุนายน พ.ศ.2565 พบว่ามีแนวโน้มการแพร่ระบาดใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ r0 = 2.2 เนื่องจากเกิดการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็ว

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะสำเร็จได้ เกิดจากการอำนวยความสะดวกจากโรงเรียนสตรีนนทบุรี โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (SMTE) และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสตรีนนทบุรี ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้านกระบวนการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] World Health Organization. (2563). **What are the symptoms of COVID-19**. Coronavirus disease (COVID-19).

[2] สยมพร ศิรินาวิน. (2563). **"โควิด-19" ความรู้ สู่ปัญญา พัฒนาการปฏิบัติ**. กรุงเทพ ฯ: คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิยาลัยมหิดล.

[3] สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ. (2563). **สถานกรณ์ Covid-19**. สืบค้นจาก https://www.nrct.go.th/covid19/daily

[4] รัฐบาลไทย. (2564). **สถานการณ์ต่าง ๆ ในประเทศไทย**. สืบค้นจาก https://www.thaigov.go.th/.

[5] กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. **(2564). มาตรการควบคุมโรคโควิด-19**. สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/.

[6] วัชรพงษ์ แก้วรัตนะ, อนุวัตร จิรวัฒนพาญิช. **ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การควบคุมการแพร่ระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่โดยการฉีดวัคซีน ในจังหวัดภูเก็ต**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.(ม.ป.ป.).

[7] อนุวัตร จิรวัฒนพาณิช และคณะ. 2560. **ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ SEIR สำหรับการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคอีสุกอีใสโดยโดยการรณรงค์ให้ความรู้**. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต. 13(2)254-275.

[8] พัชรี จันทร์กุล, อนุรักษ์ วีระประเสริฐสกุล. **ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การควบคุมการแพร่ระบาดของโรคหัดโดยการฉีดวัคซีน ในจังหวัดภูเก็ต**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต. (ม.ป.ป.).

[9] สุวิทย์ กิระวิทยา. 2563.**ทำความเข้าใจการระบาดของโรคโควิด-19 ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์**. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร. 73(2)36-44.

[10] New Naveen. (2563). **SIR model คืออะไร? และใช้อธิบายการระบาดของโรคได้อย่างไร**. Dataน่าฟาด, สืบค้นจาก https://medium.com/data%E0%B8%99%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%9F%E0%B8%B2%E0%B8%94/sir-model-%E0%B8%84%B9%84%E0%B8%A3

[11] ภาณุวัฒน์ เลิศสิทธิชัย. (2563). **แบบจำลองโรคระบาดเบื้องต้น**. สืบค้นจาก https://www.rama.mahidol.ac.th/surgery/sites/default/files/public/News/Covid19/แบบจำลองโรคระบาดเบื้องต้น%20๑%20รศ.นพ.ภาณุวัฒน์%20เลิศสิทธิชัย.pdf

[12] กวิน เอี่ยมตระกูล และนรพัชร์ อัศววัลลภ. (2564). **การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์คาดการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโควิด-19**: thaipublica. สืบค้นจาก https://thaipublica.org/2021/05/epidemic-sir-model/

[13] ยง ภู่วรวรรณ, ยืน ภู่วรวรรณ. (2563). **โมเดลวิทยาการคำนวณ กับการระบาด.** สืบค้นจากhttps://learningcovid.ku.ac.th/course/?c=4&l=3.

[14] Kai Sasaki. (2565). **COVID-19 dynamics with SIR model.** สืบค้นจาก https://www.lewuathe.com/covid-19-dynamics-with-sir-model.html.

[15] วัฒนา พันธุ์พืช, สมปอง ทรัพย์สุทธิภาษ และ ประเวช อรรจวัฒนวงศ์ ไตรวิทย์ รัตนโรจนพงศ์. (2564). **รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการโคโรน่าไวรัสสายพันธุ์ใหม่ (โควิด-19): องค์ความรู้ด้านงานวิจัย ไวรัสวิทยาการศึกษาข้อมูลด้านการตรวจ วินิจฉัย การรักษา และการพัฒนาวัคซีน.** สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข. (2564).

[16] Our World in Data. (2563). **COVID-19 Data Explorer**. สืบค้นจาก https://ourworldindata.org/

[17] กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2563). **DDC Covid-19 Interactive Dashboar ข้อมูลประจำวันประจำประเทศไทย**. สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/covid19-dashboard/.

[18] กระทรวงสาธรณสุข. (2564). **สายพันธุ์ของโรคโควิด-19**. สืบค้นจากhttps://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/all/02/176491/

[19] วรฉัตร เรสลี. (2564). **Covid-19 สายพันธุ์โอมิครอน ทำไมถึงต้องจับตามอง**. โรงพยาบาลศิครินทร์. สืบค้นจาก https://www.sikarin.com/health/covid19/covid-19-omicron-ทำไมถึงต้องจับตามอง.

[20] กระทรวงสาธรณสุข. (2565). **ประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับสถานการณ์โรคโควิด 19.** สืบค้นจาก https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/04/174882/.

เครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์

Napping Notifications During Online Learning

ยศธร โชระเวก[1*] ดารารัตน์ วงศ์สุภา[1] และ ทิพย์รัตน์ จันทร์สิงห์[1]

[1]วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[*] Email: s6303052420115@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอหลักการออกแบบ รูปแบบการทำงาน อุปกรณ์และการสร้าง รวมถึงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญของเครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ เครื่องนี้ตรวจสอบการเผลอหลับจากอาการการสัปหงก และใช้อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใช้เป็นเงื่อนไขในการปิดการแจ้งเตือน โดยอาการสัปหงกจะพิจารณาจากมุมเมื่อก้มศีรษะ ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่ามุมและอัตราการเต้นของหัวใจให้เหมาะสมกับตนเองผ่านแอปพลิเคชัน จากผลการทดสอบเครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ พบว่าการวัดค่ามุมมีค่าความผิดสูงสุดเท่ากับ 3% และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจจากวงจรที่สร้างขึ้นมีค่าความผิดพลาดสูงสุด 10.15% ในส่วนของการแจ้งเตือนสามารถทำงานได้โดยไม่พบข้อผิดพลาด

คำสำคัญ: สัปหงก, อัตราการเต้นของหัวใจ, การแจ้งเตือน

Abstract

This article presents design concept, working principle, devices, implementation and important electronics circuit of napping notifications during online learning. The proposed equipment detects head motion that shows signs of drowsing off. User's heart rate is indicated condition to stop notification. Angle of the head is analyzed to identify drowsing off.The device allows users to set head angle and heart rate that is suitable for them via the application. From experimental results, the head angle measurement shows maximum error of 3% and heart rate measurement from realized circuit has maximum error equal to 10.15%. As for notifications is capable of operating without error.

Keywords: drowse off, Heart Rate, Notification.

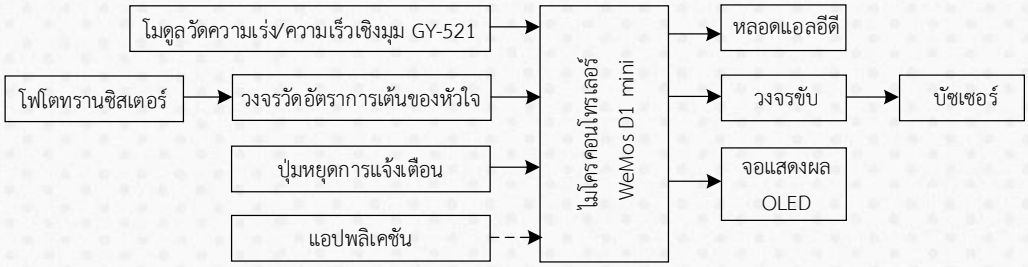
1. บทนำ

ในปีพ.ศ. 2563-2565 การเรียนผ่านระบบออนไลน์เป็นรูปแบบหลักของการจัดการเรียนการสอนในประเทศไทย แนวโน้มการเรียน การอบรมและการประชุมในรูปแบบออนไลน์จะเข้ามาเป็นมามีบทบาทในชีวิตมากขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การเรียนออนไลน์ประสบความสำเร็จคือความพร้อมของผู้เรียน [1] การพักผ่อนไม่เพียงพอส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเรียนโดยตรงเนื่องจากทำให้ภาวะบกพร่องของความคิด [2] จากเหตุผลดังกล่าว จึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องแจ้งเตือน

การเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ขึ้น โดยพิจารณาการเผลอหลับจากอาการสัปหงกซึ่งการตรวจจับอาการสัปหงกหรือการพยักหน้าได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง [3-5] ส่วนงานที่นำเสนอนี้จะใช้โมดูลวัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมในการวัดมุมก้ม/เงยของศีรษะเพื่อตีความอาการสัปหงก และหากมีการสัปหงกซ้ำจะใช้อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใช้เป็นเงื่อนไขในการปิดการแจ้งเตือน ซึ่งค่ามุมของศีรษะและอัตราการเต้นของหัวใจผู้ใช้สามารถตั้งค่าให้เหมาะสมกับตนเองผ่านแอปพลิเคชัน

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 กำหนดรูปแบบการทำงานของเครื่อง

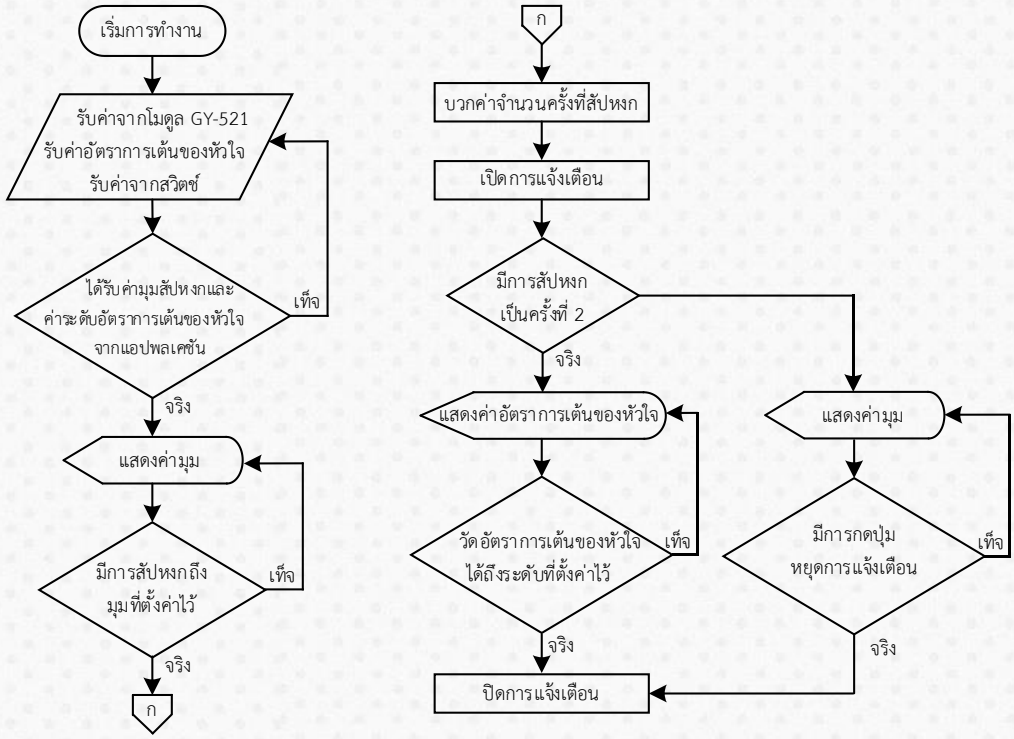


ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์

เครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ คณะผู้จัดทำได้ออกแบบการทำงานของเครื่องโดยมีบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องดังภาพที่ 1 โดยตรวจสอบการเผลอหลับของผู้ใช้งานจากอาการสัปหงก ซึ่งจะใช้โมดูลวัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม GY-521ที่ประมวลผลด้วยไอซี MPU6050 ในการวัดค่ามุมก้ม/เงยของศีรษะ และมีการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ร่วมกับวงจรกรองความถี่ ค่าทั้งสองจะแสดงบนหน้าจอของเครื่อง หากมีการก้มศีรษะเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ในแอปพลิเคชั่น เครื่องจะแจ้งเตือนผู้ใช้งานด้วยแสงและเสียงผ่านหลอดแอลอีดีและบัซเซอร์ ตามลำดับ ซึ่งผู้ใช้งานต้องกดปุ่มหยุดการแจ้งเตือน โดยเครื่องมีไมโครคอนโทรลเลอร์ WeMos D1 mini เป็นตัวประมวลผล

2.2 กำหนดขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแสดงในภาพที่ 2 เมื่อเริ่มการทำงาน เครื่องจะทำการวัดมุมก้ม/เงยของศีรษะและอัตราการเต้นของหัวใจ หากผู้ใช้งานมีการก้มศีรษะจนถึงมุมที่กำหนดไว้ (สัปหงก) เครื่องจะแจ้งเตือนผ่านหลอดแอลอีดีและบัซเซอร์ ในการสัปหงกครั้งแรกผู้ใช้งานสามารถกดปุ่มเพื่อหยุดการแจ้งเตือนได้ แต่หากผู้ใช้งานมีการสัปหงกในครั้งที่ 2 ผู้ใช้งานไม่สามารถปิดการแจ้งเตือนได้ในทันที โดยจะสามารถปิดการแจ้งเตือนได้ก็ต่อเมื่อผู้ใช้งานต้องมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นผู้ใช้งานจึงจำเป็นต้องลุกเดินหรือออกกำลังกายเบา ๆ ให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ เพื่อปิดการแจ้งเตือน ทำให้ร่างกายให้ตื่นตัวแล้วไม่กลับไปหลับซ้ำอีก ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่ามุมของศีรษะและระดับอัตราการเต้นของหัวใจที่ตนเองต้องการผ่านแอปพลิเคชันได้เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานของแต่ละบุคคล



ภาพที่ 2 แผนผังการทำงานของเครื่อง

2.3 การตรวจจับการสัปหงกและการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ

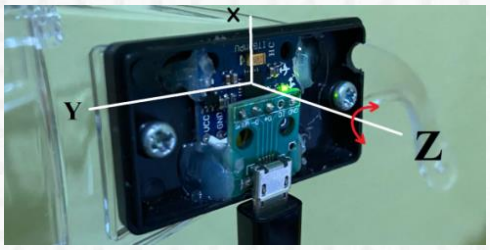
2.3.1 การตรวจจับการสัปหงก

การตรวจจับการสัปหงกจะใช้โมดูลวัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม GY-521 [6] วัดค่าการเปลี่ยนแปลงมุมก้ม/เงยของศีรษะ โดยโมดูล GY-521 มีไอซีประมวลผลเบอร์ MPU6050 วัดค่าความเร่งเชิงเส้นและนำมาคำนวณเป็นมุมที่หมุนรอบแกน Z ดังในภาพที่ 3 ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้จากเซนเซอร์นั้นต้องผ่านการกรองความถี่ต่ำเสียก่อนเพื่อลดสัญญาณรบกวน เมื่อได้ค่าความเร่งของทั้ง 3 แกน x, y และ z ที่ถูกกรองสัญญาณมาแล้วสามารถนำมาคำนวณค่ามุม โดยในการออกแบบเครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ จะใช้ค่าเฉพาะมุมที่หมุนรอบแกน z ดังสมการสมการที่ (1) โดยหากค่ามุมที่ได้มีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ก็พิจารณาว่าผู้ใช้เกิดอาการสัปหงก

$$\text{ค่ามุมที่หมุนรอบแกน } x = \arctan\left(\frac{-fX_g}{-fY_g}\right) \quad (1)$$

เมื่อ $-fX_g$ คือ ค่าความเร่งที่ผ่านการฟิลเตอร์แล้วของแกน x

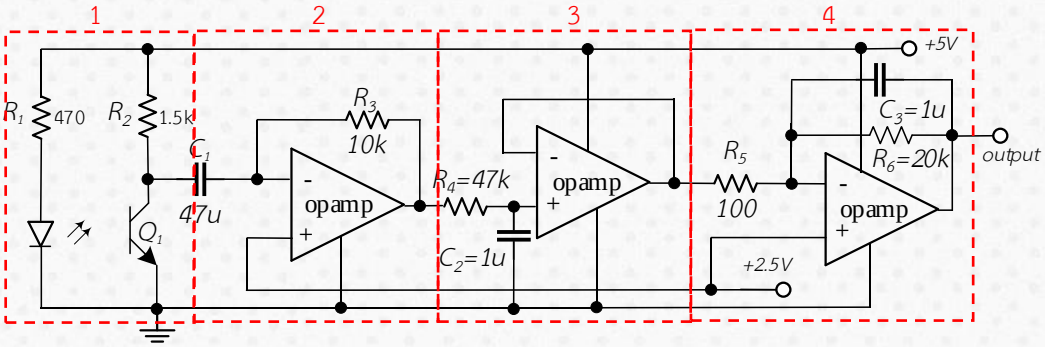
$-fY_g$ คือ ค่าความเร่งที่ผ่านการฟิลเตอร์แล้วของแกน y



ภาพที่ 3 แนวแกนของโมดูลวัดความเร่งเชิงเส้น GY-521

2.3.2 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ในงานนี้ใช้การวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจด้วยแสง (Optical Heart Rate) หรือ Photoplethysmogram (PPG) เป็นการวัดสัญญาณที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของเลือดจากการบีบตัวของหัวใจ กล่าวคือ ในช่วงที่หัวใจบีบตัวเลือดจะถูกฉีดออกไปยังหลอดเลือดทำให้ปริมาตรของเลือดในหลอดเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้การดูดกลืนของแสงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และในช่วงที่หัวใจคลายตัวก็จะทำให้ปริมาตรของเลือดในหลอดเลือดลดลงและส่งผลทำให้การดูดกลืนแสงในช่วงนี้ลดลงมาต่ำสุดด้วย โดยจะใช้โอดเปล่งแสงเป็นตัวกำเนิดแสงมีลักษณะเป็นแสงสีเขียวมีค่าความยาวคลื่นประมาณ 500-565 นาโนเมตร และมีโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับแสงและสัญญาณที่ได้จากโฟโตทรานซิสเตอร์ต้องการจัดการสัญญาณตามภาพที่ 4 ดังนี้ ส่วนที่ 1 สัญญาณที่ได้จากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจจากนิ้วมือมีโฟโตทรานซิสเตอร์ Q_1 เป็นตัวรับแสง ส่วนที่ 2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน สามารถคำนวณหาค่าความถี่ได้จากสมการ $F_{c1}=1/(2\pi R_3C_1)$ โดยจะได้ความถี่เท่ากับ 0.34Hz ส่วนที่ 3 เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน เพื่อตัดสัญญาณรบกวนความถี่สูง สามารถค่าความถี่ได้จากสมการ $F_{c2}=1/(2\pi R_4C_2)$ = 3.39Hz ส่วนที่ 4 เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสทำหน้าที่ขยายสัญญาณแบบกลับเฟสซึ่งมีอัตราขยาย (A_V) เท่ากับ $-R_6/R_5$ หรืออัตราขยาย 200 เท่า



ภาพที่ 4 วงจรวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

จากวงจรข้างต้นทำให้ความถี่ที่ต่ำกว่า 0.34Hz และความถี่ที่สูงกว่า 3.39Hz ถูกกรองออก เมื่อคำนวณเป็นอัตราการเต้นของหัวใจตามสมการที่ (2) จะสามารถวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้ในช่วง 20-203 ครั้ง/นาที

อัตราการเต้นของหัวใจ (BPM) = ความถี่ × 60 (2)

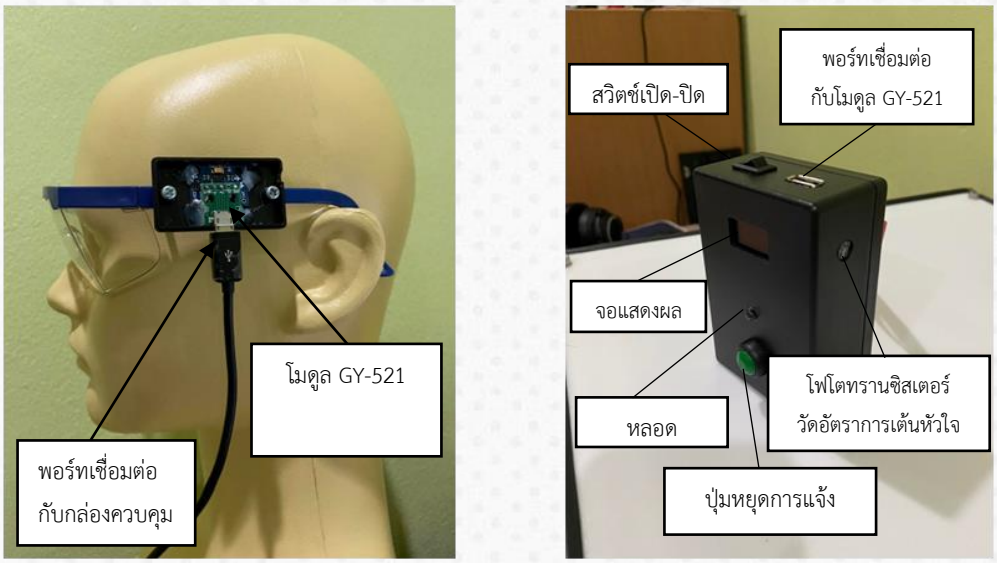
2.4 การออกแบบโครงสร้างและแอปพลิเคชัน

2.4.1 โครงสร้างของเครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์

แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักได้แก่ 1. โครงสร้างส่วนที่ติดตั้งกับศีรษะของผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 5(ก) โดยจะติดตั้งโมดูลวัดความเร่งและความเร็วเชิงมุม GY- 521 เพื่อการวัดค่ามุมก้ม/เงยของศีรษะไว้กับแว่นตาที่มีน้ำหนักเบาเพื่อตรวจจับอาการสัปหงก 2. โครงสร้างกล่องควบคุมการทำงานของเครื่อง ภายในประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์, วงจรรวมของระบบ, จอแสดงผล OLED, บัซเซอร์, หลอดไฟแสดงการแจ้งเตือน, สวิตช์เปิด-ปิดการทำงาน, พอร์ทสำหรับเชื่อมต่อกับโมดูล GY-521 และโฟโตทรานซิสเตอร์สำหรับวัดอัตราการเต้นของหัวใจจากนิ้วมือ แสดงดังรูปที่ 5(ข)

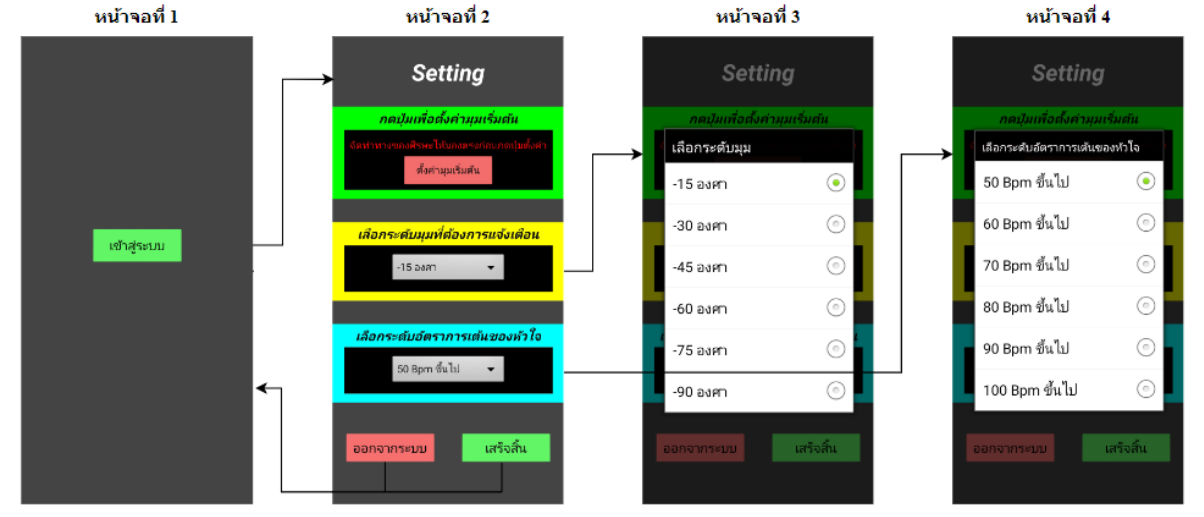
2.4.2 การออกแบบแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันถูกสร้างขึ้นโดยใช้เอ็มไอทีแอปอินเวนเตอร์ (MIT App Inventor) โดยมีหน้าจอทั้งหมด 4 หน้าจอ ดังแสดงในภาพที่ 6



(ก) ส่วนที่ติดตั้งกับศีรษะกับผู้ใช้งาน (ข) กล่องควบคุม

ภาพที่ 5 โครงสร้างของเครื่อง



ภาพที่ 6 หน้าจอแอปพลิเคชัน

หน้าจอที่ 1 เป็นหน้าเริ่มต้นในการเข้าสู่ระบบแอปพลิเคชัน

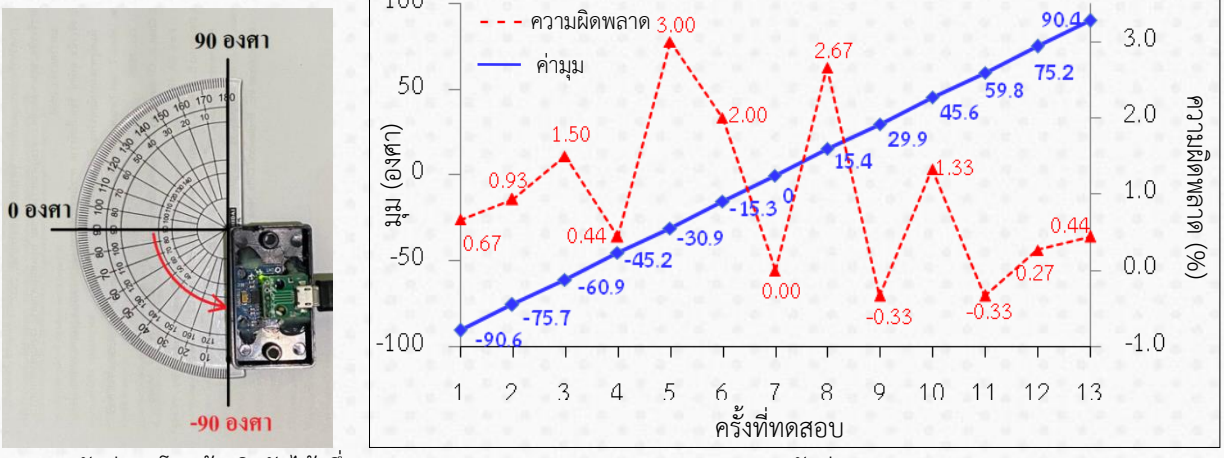
หน้าจอที่ 2 เป็นหน้าของการตั้งค่าต่างๆ ประกอบด้วยปุ่มตั้งค่ามุมเริ่มต้น, ตั้งค่ามุมสัปหงก, ตั้งค่าระดับอัตราการเต้นของหัวใจ, ออกจากระบบ และปุ่มเสร็จสิ้น

หน้าจอที่ 3 เป็นหน้าจอของการเลือกค่ามุมสัปหงกที่ต้องการให้แจ้งเตือนโดยสามารถเลือกได้ 6 ระดับคือ -15, -30, -45, -60, -75, และ -90 องศา

หน้าจอที่ 4 เป็นหน้าของการเลือกระดับอ้างอิงของอัตราการเต้นของหัวใจที่ต้องการ โดยสามารถเลือกได้ 6 ระดับคือ 50, 60, 70, 80, 90, และ 100 ครั้งต่อนาที

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ความถูกต้องในการวัดค่ามุมด้วยโมดูลวัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม GY-521

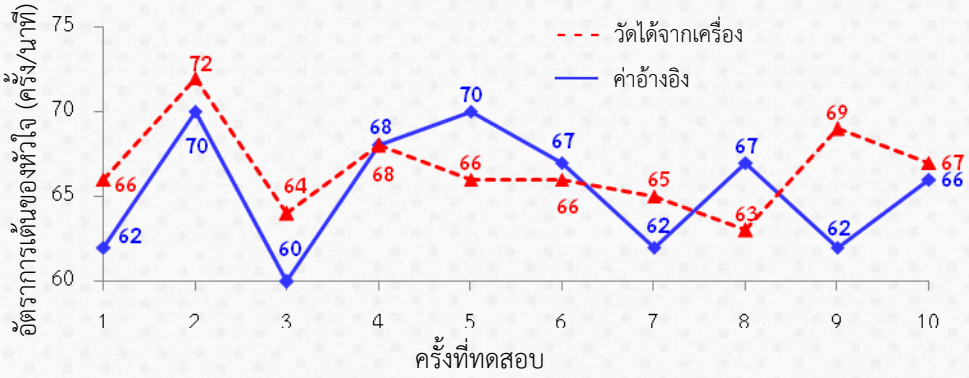


(ก) การวัดค่ามุมโดยอ้างอิงกับไม้ครึ่งวงกลม (ข) กราฟแสดงผลการวัดค่ามุมจาก GY-521

ภาพที่ 7 วิธีการวัดและผลการวัดมุมด้วยโมดูล GY-521

ทดสอบการอ่านค่ามุมจากโมดูล GY-521 โดยเปรียบเทียบค่ามุมที่อ่านได้ผ่านฟังก์ชัน Serial Monitor กับค่ามุมที่วัดได้จากไม้ครึ่งวงกลม ดังภาพที่ 7(ก) ทำการทดสอบทั้งหมด 13 มุม (90 องศา ถึง -90 เก็บผลการวัดทุก 10 องศา) โดยค่ามุมที่ 0 องศา คือ ตำแหน่งของศีรษะขณะมองตรง ค่ามุม 0 องศาถึง -90 องศา คือการก้มศีรษะ และค่ามุม 0 องศา ถึง -90 องศา คือการก้มศีรษะ ผลการทดสอบแสดงในกราฟรูปที่ 7(ข) จากกราฟจะเห็นได้ว่าผลการวัดมุมที่ -30 องศา มีค่าความผิดพลาดในการวัดสูงสุดคือ สามารถวัดค่ามุมได้เท่ากับ -30.9 องศา หรือคิดเป็นความผิดพลาดเท่ากับ 3%

3.2 การทดสอบการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจจากวงจรที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 8 กราฟเปรียบเทียบผลการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของเครื่องที่นำเสนอกับเครื่องมืออ้างอิง

การทดสอบหาความถูกต้องของการวัดอัตราการเต้นหัวใจ ทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยการวางนิ้วมือบนเครื่องที่สร้างขึ้น ณ จุดวัด แล้วทำการอ่านค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ทำการทดสอบวัดค่าซ้ำทั้งหมด 10 ครั้ง ผลการวัดจะเปรียบเทียบกับเครื่องมืออ้างอิง Fingertip Oximeter รุ่น LK-87 ผลการวัดและเปรียบเทียบค่าแสดงในกราฟรูป

ที่ 8 จะเห็นว่าค่าอัตราการเต้นของหัวใจจากเครื่องที่สร้างขึ้นมีค่าผิดพลาดคือ การทดสอบครั้งที่ 9 มีค่าความผิดพลาดในการวัดสูงสุดคือ วัดค่าได้ 62 ครั้ง/นาที จากค่าอ้างอิง 69 ครั้ง/นาที คิดเป็นค่าผิดพลาดเท่ากับ 10.15% และจากผลการทดสอบสามารถหาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการวัดอัตราการเต้นหัวใจได้เท่ากับ 1.8%

3.3 การทดสอบการใช้งานโดยรวมของเครื่อง

การทดสอบนี้จะให้อาสาสมัครทำการใส่เครื่องที่สร้างขึ้นแล้วทำลองใช้เครื่องโดยตั้งค่ามุมของศีรษะและอัตราการเต้นของหัวใจ จากนั้นก้มศีรษะจนถึงมุมที่กำหนด และสังเกตการณ์แจ้งเตือนของเครื่อง จากการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ถูกต้องตามการทำงานของเครื่องที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยไม่พบความผิดพลาด

4. บทสรุป

เครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ โดยตรวจสอบการเผลอหลับของผู้ใช้งานจากอาการสัปหงก ซึ่งจะใช้โมดูลตรวจจับความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมรุ่น GY-ในการอ่านค่ามุมก้ม 521/เงยของศีรษะ และมีการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถตั้งค่ามุมของศีรษะและระดับอัตราการเต้นของหัวใจผ่านแอปพลิเคชันได้ จากผลการทดสอบเครื่องแจ้งเตือนการเผลอหลับขณะเรียนออนไลน์ มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของการอ่านค่ามุมเท่ากับ 3.0% ค่าความผิดพลาดสูงสุดของการวัดอัตราการเต้นของหัวใจจากวงจรที่สร้างขึ้น 10.15% ในส่วนของการแจ้งเตือนด้วยเสียง, ไฟแอลอีดี สามารถทำงานได้โดยไม่พบข้อผิดพลาด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พชร ลิ่มรัตนมงคล และ จิรัชมา วิเชียรปัญญา. ปัจจัยแห่งความสำเร็จของการเรียนออนไลน์ของผู้เรียนโครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย. รังสิตสารสนเทศ. 19(2014)54-63.

[2] มลฤดี พงศ์อมร, พรพล พิมพาพร และ นิรอมลี มะกาเจ. ผลของการงีบหลับกลางวันในภาวะอดนอนที่มีต่อความคล่องแคล่วว่องไวเชิงปฏิกิริยา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา. 14(2014)63-72.

[3] S. Kawato and J. Ohya. Real-time detection of nodding and head-shaking by directly detecting and tracking the between-eyes in Proceedings Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (Cat. No. PR00580), France, 2000. 40-45.

[4] Y. Chen, Y. Yu and J. Odobez. Head Nod Detection from a Full 3D Model. 2015 IEEE International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW), Santiago, Chile, 2015, pp. 528-536.

[5] S. Ota, M. Jindai, T. Yasuda and Y. Sejima, "Development of nodding detection using neural network based on communication characteristics. 2017 56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), Japan, 2017, 943-945.

[6] Invensense Inc. (15 July 2022). MPU-6000/MPU-6050 Product Specification. Available: https://Invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf.

อิทธิพลของท่อทางเข้าแบบท่อลูกฟูกที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน

Influence of corrugated feeding pipes on energy efficiency of an impinging stream dryer

อัศวิน ยอดรักษ์[1*] และ ฉัตรชัย นิมมล[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*]Email: aswin.y@eng.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อลูกฟูกและแนวคิดของการป้อนวัสดุที่ต้องการอบแห้งเข้าระบบหลายรอบ (อบแห้ง 1 รอบและ 2 รอบ) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนสำหรับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีความชื้นสูง โดยกากถั่วเหลืองถูกนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับทดสอบการอบแห้ง ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลือง และ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้ง ได้ถูกประเมิน ผลที่ได้ทั้งหมดจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกรณีใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อเรียบ จากการศึกษา พบว่าความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งและตามการลดลงของอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง โดยความชื้นต่ำสุดของกากถั่วเหลืองที่ได้จากการอบแห้งในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 14% (d.b.) ในขณะที่ความชื้นของกากถั่วเหลืองที่อบแห้งรอบที่ 1 ลดลงน้อยกว่ากรณีอบแห้งรอบที่ 2 ในทุกเงื่อนไขการอบแห้ง สำหรับความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวม ($SEC_{overall}$) ของกระบวนการอบแห้ง พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งและอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองส่งผลให้ $SEC_{overall}$ มีค่าลดลง โดยความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมของกระบวนอบแห้งสำหรับงานวิจัยนี้มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.75 MJ/kg_{water}

คำสำคัญ: การอบแห้งเข้าระบบหลายรอบ, วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร, ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวม

Abstract

In this research, a corrugated feeding pipes and multi-pass drying concept (one-pass and two-pass drying) was applied to increase the energy efficiency of pneumatic dryer for high-moisture agricultural waste. Okara was used as the test material. The effects of various operating parameters on the final moisture content of dried okara and energy efficiency of dryer were evaluated. Comparison was also made with the smooth feeding pipe result. It was found from the study that the final moisture content of okara decreased with an increase in drying temperature and a decrease in okara feed rate. The lowest value of final moisture content of 14% (d.b.) was found in this study. The amount of moisture reduction of okara during one-pass drying was smaller than that during two-pass drying at all drying condition. Regarding the overall specific energy consumption ($SEC_{overall}$) of the drying process, the results showed

that an increase in drying temperature and the okara feed rate led to a decrease in $SEC_{overall}$. The lowest value of $SEC_{overall}$ was found to be 1.75 MJ/kg_{water}.

Keywords: multi-pass drying, agricultural waste, the overall specific energy consumption

1. บทนำ

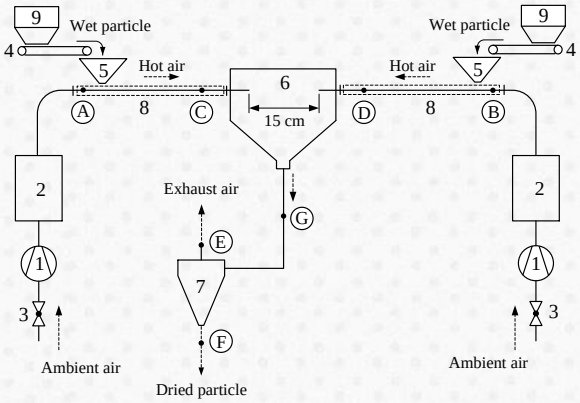
อุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมักก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้ง (waste) อยู่เสมอ ในกรณีที่วัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นมีปริมาณมาก การจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ถือเป็นเรื่องสำคัญมาก ตัวอย่างของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญ คือ กากถั่วเหลือง (okara) ที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง โดยปกติแล้ว กากถั่วเหลืองที่เหลือจากกระบวนการดังกล่าวถือเป็นวัสดุที่มีความชื้นที่ผิวสูงมากและมักเน่าเสียอย่างรวดเร็ว การอบแห้ง (drying) ถือเป็นวิธีที่ช่วยให้กากถั่วเหลืองมีความชื้นลดลง ส่งผลให้สามารถนำกากถั่วเหลืองที่มีความชื้นลดลงจัดการต่อไปด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเผาหรือการฝังกลบ เป็นต้น แต่เนื่องจากกากถั่วเหลืองที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวยังคงมีคุณค่าทางอาหารหลงเหลืออยู่ กล่าวคือ มีทั้งใยอาหาร (fiber) โปรตีน (protein) และไขมัน (fat) [1] ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำกากถั่วเหลืองดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ (เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ รวมไปถึงใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารสำหรับมนุษย์ เป็นต้น) เครื่องอบแห้งแบบกระแสชน (impinging stream dryer) ถือเป็นหนึ่งในเครื่องอบแห้งที่สามารถอบแห้งวัสดุที่มีความชื้นสูงได้ดี ถึงแม้ว่าเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนสามารถลดความชื้นของวัสดุลงได้มากเมื่อเทียบกับระยะเวลาที่วัสดุอยู่ในระบบ [2-4] ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนที่มีค่าค่อนข้างสูง แต่ยังมีความเป็นไปได้ที่เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมีค่าสูงขึ้นอีก หนึ่งในวิธีที่สามารถทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้นได้คือการเพิ่มกลไกบางอย่างให้กับท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุ (feeding pipe) ทั้งสองข้างที่เชื่อมต่อกับห้องอบแห้ง ซึ่งท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบดั้งเดิมจะมีลักษณะเป็นท่อเรียบ (smooth pipe) ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลระหว่างวัสดุที่นำมาอบแห้งและตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้ง [5-6]

ด้วยเหตุที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนากระบวนการลดความของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยเฉพาะสำหรับกากถั่วเหลือง ด้วยการใช้เครื่องอบแห้งแบบกระแสชนที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง โดยกลไกสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือการใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุที่มีลักษณะเป็นท่อลูกฟูก (corrugated pipe) ซึ่งผิวท่อมีลักษณะเป็นคลื่น (ไม่เรียบ) โดยรูปแบบของท่อลักษณะนี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถช่วยให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (heat transfer coefficient) ให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ท่อที่มีผิวเรียบ [7-9] นอกจากนี้ยังได้ทำการเพิ่มความสามารถในการลดความชื้นออกจากกากถั่วเหลืองให้สูงขึ้นโดยการป้อนกากถั่วเหลืองเข้าระบบหลายรอบ (multi-pass drying)

2. การดำเนินการทดลอง

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

แผนผังของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนแสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ พัดลมแรงดันสูง (high-pressure blowers) จำนวน 2 ชุด ชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้า (electric heaters) จำนวน 2 ชุด โกลบวาล์ว (globe valves) สายพานป้อนวัสดุ (belt feeder) จำนวน 2 ชุด ห้องอบแห้ง (drying chamber) และไซโคลน (cyclone) ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวเชื่อมต่อกันด้วยระบบท่อ



(1) high-pressure blowers; (2) electric heaters; (3) globe valves; (4) belt feeder;
(5) hopper; (6) drying chamber; (7) cyclone; (8) feeding pipes; (9) hopper

รูปที่ 2.1 แผนผังของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนที่ใช้ในงานวิจัย

ห้องอบแห้ง (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.254 m) ไซโคลน และระบบท่อ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.050 m) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ห้องอบแห้งมีลักษณะเป็นภาชนะที่ประกอบด้วยส่วนบนที่เป็นทรงกระบอกและส่วนล่างที่เป็นทรงกรวย ด้านบนปิดทึบ ในขณะที่ด้านล่างของส่วนที่เป็นกรวยเป็นช่องทางออกของวัสดุอนุภาคและอากาศร้อน ห้องอบแห้งเชื่อมต่อกับท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุ (feeding pipes) ที่ผนังด้านข้างทั้งสองด้านซึ่งอยู่ในแนวตรงข้ามกัน (ท่อ A-C และท่อ B-D) ปลายของท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุข้างต้นจะยื่นเข้าไปภายในห้องอบแห้ง โดยระยะห่างระหว่างปลายทั้งสองด้านของท่อดังกล่าวหรือระยะชน (impinging distance) ถูกกำหนดไว้ที่ 15 cm ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งทั้งหมดถูกหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วเพื่อลดความร้อนสูญเสีย อากาศร้อนที่ใช้เป็นตัวกลางในการอบแห้งถูกจ่ายเข้าสู่ห้องอบแห้งแต่ละด้านด้วยพัดลมแรงดันสูงขนาด 5 kW จำนวน 2 ตัว (Crelec, HB-629, Shanghai, China) โดยพัดลมดังกล่าวสามารถสร้างอัตราการไหลของอากาศได้ 5.2 m^3/min ที่ความดัน 280 mbar อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ป้อนเข้าสู่ห้องอบแห้ง (จุด A และ B ในรูปที่ 2.1) ถูกสร้างจากชุดทำความร้อนแบบใช้ไฟฟ้าขนาด 15 kW จำนวน 2 ชุด ที่ทำงานเป็นอิสระต่อกัน และถูกควบคุมด้วยชุดควบคุมแบบ PID (DHC, DHC1T-D, Wenzhou, China) ซึ่งมีความแม่นยำ $\pm$1°C โดยใช้อุณหภูมิของอากาศร้อนที่จุด A และ B เป็นตัวกำหนดการทำงาน อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry-bulb temperature, T_d) และอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet-bulb temperature, T_w) ของอากาศที่เข้าและออกจากเครื่องอบแห้ง (จุด A และ C ในรูปที่ 2.1 ตามลำดับ) จะถูกวัดและบันทึกอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบพกพา (Vaisala, HM70, Helsinki, Finland) ความเร็วของอากาศภายในท่อทางเข้า (inlet pipes) ทั้งสองข้างของห้องอบแห้งสามารถปรับได้ด้วยโกลบวาล์ว ความเร็วของอากาศดังกล่าวถูกวัดที่จุด D และ E (ในรูปที่ 2.1) ด้วยท่อปิโตท์ (pitot tube) ที่เชื่อมต่อกับเครื่องวัดความเร็วลมอเนกประสงค์ (Testo, 445, Lenzkirch, Germany) ซึ่งมีความแม่นยำ $\pm$0.2 m/s ปริมาณวัสดุที่เข้าสู่เครื่องอบแห้งถูกควบคุมด้วยสายพานป้อนวัสดุที่สามารถปรับความเร็วได้

กระบวนการอบแห้งเริ่มจากวัสดุอนุภาคชื้น (wet particle) ถูกป้อนเข้าสู่ระบบผ่านฮอปเปอร์ (hopper) ทั้งสองด้านโดยอาศัยสายพานป้อนวัสดุที่สามารถปรับความเร็วได้ วัสดุอนุภาคชื้นที่เข้าสู่ระบบจะถูกลำเลียงโดยอากาศร้อนซึ่งถูกผลิตจากพัดลมแรงดันสูงและชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้าเข้าสู่ห้องอบแห้งผ่านทางท่อทางเข้า วัสดุอนุภาคชื้นและอากาศร้อนซึ่งถูกลำเลียงเข้าสู่ห้องอบแห้งผ่านท่อทางเข้าดังกล่าวจะชนกับอากาศร้อนและวัสดุอนุภาคชื้นอีกกระแสหนึ่งที่เข้าสู่ห้องอบแห้งผ่านท่อทางเข้าซึ่งติดตั้งอยู่ฝั่งตรงข้าม ผลของการชนกันของกระแสการไหลของตัวกลางที่ใช้การอบแห้ง (ในที่นี้คืออากาศร้อนทั้งสองกระแส) จะทำให้ความชื้นสามารถถ่ายเทออกจากวัสดุอนุภาคชื้นอย่างรวดเร็ว (เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสการ

ไหลในบริเวณดังกล่าวสูงมาก) จากนั้นวัสดุอนุภาคชื้นและอากาศร้อนซึ่งเป็นตัวกลางที่ใช้ในการอบแห้งจะไหลออกจากห้องอบแห้งเข้าสู่ไซโคลน วัสดุอนุภาคที่ผ่านการอบแห้งแล้ว (dried particle) จะถูกแยกออกจากอากาศชื้น (moist air) ด้วยไซโคลนซึ่งติดตั้งที่ทางออกของห้องอบแห้ง

2.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

กากถั่วเหลืองซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองถูกใช้เป็นวัสดุในการทดลองอบแห้ง ก่อนนำมาทดลอง กากถั่วเหลืองข้างต้นต้องได้รับการนำน้ำส่วนเกินออก หลังจากนำน้ำส่วนเกินออกแล้วจะนำกากถั่วเหลืองมาร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดของรูเปิดประมาณ 2 x 2 mm กากถั่วเหลืองที่ได้จึงมีลักษณะเป็นผงคล้ายอนุภาคซึ่งมีความชื้นประมาณ 311 ถึง 355% (d.b.) ซึ่งถือเป็นลักษณะของกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับการทดลอง

2.2 วิธีทดลอง

ก่อนเริ่มทำการทดลอง พัดลมแรงดันสูงและชุดทำความร้อนจะทำงานก่อน เมื่ออุณหภูมิอากาศขาเข้า (จุด A และ B ในรูปที่ 2.1) หรืออุณหภูมิอบแห้ง (drying temperatures, T) เพิ่มสูงจนถึงค่าที่กำหนด กากถั่วเหลืองถูกป้อนเข้าระบบผ่านทางสายพานป้อนวัสดุในอัตราการป้อนที่กำหนด การเก็บตัวอย่างกากถั่วเหลืองเริ่มดำเนินการเมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงตัว (steady state) ตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่ผ่านการอบแห้งจะถูกเก็บที่ช่องทางออกด้านล่างของไซโคลน (จุด F ในรูปที่ 2.1) ตัวอย่างกากถั่วเหลืองถูกนำไปหาความชื้นด้วยการนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 h (AOAC) [10]

การทดลองกระทำที่อุณหภูมิอบแห้ง 120 140 และ 160°C และอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง (feeding rates, W_p) 12 24 และ 36 $kg_{dry\ solid}$/h โดยอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองที่ป้อนเข้าสู่ระบบในแต่ละด้านของห้องอบแห้งจะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการป้อนแต่ละค่าที่กล่าวข้างต้น ในงานวิจัยนี้ การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน กล่าวคือ ส่วนแรกจะทำการทดลองโดยการป้อนกากถั่วเหลืองผ่านเครื่องอบแห้งเพียง 1 รอบ (one-pass drying) ในขณะที่ส่วนที่สองจะทำการทดลองโดยป้อนกากถั่วเหลืองผ่านเครื่องอบแห้ง 2 รอบ (two-pass drying) ซึ่งทำได้โดยการนำกากถั่วเหลืองที่ผ่านการอบแห้งรอบที่ 1 ป้อนกลับเข้าสู่ระบบการอบแห้งอีกครั้ง ความเร็วของอากาศที่ทางเข้าสู่ระบบอบแห้ง (วัดที่จุด A และ B ในรูปที่ 2.1) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีค่าคงที่เท่ากับ 25 m/s ตลอดการทดลอง การทดลองในเงื่อนไขข้างต้นจะกระทำทั้งกรณีท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุ (ท่อ A-C และ ท่อ B-D) เป็นท่อเรียบและท่อลูกฟูก โดยท่อลูกฟูกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทำจากท่อเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.050 m ที่นำมาผ่านกระบวนการกดขึ้นรูปให้ผิวท่อมีลักษณะเป็นคลื่นตลอดความยาว 2 m โดยมีระยะพิตช์ระหว่างยอดคลื่นเท่ากันตลอด (1 cm)

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยผลที่ได้ในแต่ละการทดลองได้แสดงในรูปของค่าเฉลี่ยซึ่งนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Test ค่าเฉลี่ยถูกพิจารณาให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อ p =0.05 การทดสอบทางสถิตินี้กระทำโดยใช้โปรแกรม IBM® SPSS® Statistics (IBM Corporation, Somers, NY)

2.3 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกระบวนการอบแห้ง

ความสิ้นเปลืองพลังงานของกระบวนการอบแห้งประกอบไปด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่พัดลมแรงดันสูงและชุดทำความร้อน โดยความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสามารถวัดโดยตรงด้วย Kilowatt-hour meter ในงานวิจัยนี้ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) ถูกใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการอบแห้ง โดยค่า SEC สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ [11]

$$SEC = E/m_w \qquad (2.1)$$

เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกระบวนการอบแห้ง (MJ/kg_{water}) E คือ พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่พัดลม แรงดันสูงหรือชุดทำความร้อน (MJ) และ m_w คือปริมาณน้ำ (ความชื้น) ที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลือง (kg) ซึ่งประเมินได้จากความแตกต่างระหว่างความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองซึ่งประเมินได้จากสมการต่อไปนี้

$$m_w = W_p(X_i - X_o)t \qquad (2.2)$$

เมื่อ t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)

งานวิจัยนี้จะพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะแยกเป็นความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสำหรับการอบแห้งรอบที่ 1 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสำหรับการอบแห้งรอบที่ 2 และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมของกระบวนการอบแห้ง (overall specific energy consumption) สำหรับการคำนวณความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสำหรับการอบแห้งรอบที่ 1 และรอบที่ 2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองจะเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองสำหรับแต่ละรอบการอบแห้ง ในขณะที่การคำนวณความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมของกระบวนการอบแห้ง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะเป็นผลรวมของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้งทั้งสองรอบ และปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองจะเป็นผลรวมของปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองทั้งสองรอบการอบแห้ง เช่นกัน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ความชื้นของกากถั่วเหลือง

ตารางที่ 3.1 แสดงความชื้นสุดท้าย (X_o) และความชื้นที่ลดลง ($X_i - X_o$) ของกากถั่วเหลือง ในกรณีของความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลือง พบว่า ทั้งกรณีอบแห้งรอบที่ 1 และรอบที่ 2 อุณหภูมิอบแห้ง (T) และอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง (W_p) ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลือง กล่าวคือ ความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศร้อน (ตัวกลางในการอบแห้ง) และอุณหภูมิผิวของกากถั่วเหลืองจะเพิ่มสูงขึ้นตาม ส่งผลให้แรงขับเคลื่อนสำหรับการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสาร (ความชื้น) มีค่าเพิ่มขึ้น ความชื้นที่ผิวของกากถั่วเหลืองจึงระเหยได้มากกว่า ความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองยังมีแนวโน้มลดลงเมื่อลดอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่ออัตราการป้อนกากถั่วเหลืองลดลง (อัตราส่วนระหว่างมวลของกากถั่วเหลืองและอากาศร้อนมีค่าน้อย) ภาระทางความร้อนของเครื่องอบแห้งในการระเหยความชื้นของกากถั่วเหลืองจะลดลง อากาศร้อนจึงสามารถระเหยความชื้นในกากถั่วเหลืองได้มากขึ้น แนวโน้มของปรากฏการณ์ดังกล่าวจะมีลักษณะคล้ายกันทั้งกรณีใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อเรียบและท่อลูกฟูก นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อลูกฟูกมีแนวโน้มทำให้ความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองที่ได้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ท่อเรียบ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการใช้ท่อลูกฟูกทำให้การไหลของอากาศร้อนมีความปั่นป่วนสูง ความหนาของชั้นฟิล์มของอากาศที่อยู่รอบผิวของกากถั่วเหลืองที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับอากาศร้อนจึงลดลงมากกว่า ความต้านทานต่อการถ่ายเทความร้อนและมวลสารที่ผิวของกากถั่วเหลืองจึงลดลง ส่งผลให้ความชื้นระเหยออกจากกากถั่วเหลืองได้มาก หากพิจารณาอิทธิพลของรอบการอบแห้งที่มีต่อความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลือง จะพบว่า กากถั่วเหลืองที่ได้หลังการอบแห้งรอบที่ 2 จะมีความชื้นต่ำกว่ากากถั่วเหลืองที่ได้หลังการอบแห้งรอบที่ 1 ในทุกเงื่อนไขการอบแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากกากถั่วเหลืองที่ได้หลังการอบแห้งรอบที่ 2 มีระยะเวลาอยู่ในระบบอบแห้งมากกว่า

ตารางที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของกากถั่วเหลืองหลังการอบแห้ง

ชนิดท่อ	T (°C)	W_p ($kg_{dry\ solid}$/h)	X_o (% d.b.)		$X_i - X_o$ (% d.b.)	
			After one-pass drying	After two-pass drying	One-pass drying	Two-pass drying
ท่อเรียบ	120	12	120 ± 9.1^{e}	103 ± 6.0^{i}	188 ± 6.2^{h}	14 ± 2.5^{a}
		24	254 ± 5.9^{i}	164 ± 3.4^{l}	100 ± 4.8^{bc}	37 ± 4.1^{bc}
		36	265 ± 2.8^{m}	173 ± 2.7^{m}	72 ± 1.0^{a}	56 ± 3.2^{de}
	140	12	108 ± 6.6^{d}	65 ± 3.2^{f}	201 ± 3.3^{i}	34 ± 4.5^{b}
		24	197 ± 5.9^{h}	88 ± 4.7^{g}	130 ± 1.7^{d}	53 ± 3.7^{d}
		36	244 ± 9.9^{k}	121 ± 5.6^{j}	93 ± 3.1^{b}	79 ± 3.1^{g}
	160	12	94 ± 5.6^{c}	17 ± 1.6^{a}	209 ± 5.5^{j}	61 ± 3.2^{e}
		24	185 ± 3.5^{g}	35 ± 1.7^{c}	147 ± 8.5^{e}	79 ± 4.5^{g}
		36	222 ± 4.5^{j}	88 ± 3.6^{g}	107 ± 4.7^{c}	100 ± 2.3^{i}
ท่อลูกฟูก	120	12	116 ± 4.6^{de}	95 ± 2.5^{h}	214 ± 4.5^{j}	43 ± 2.9^{c}
		24	211 ± 3.7^{i}	144 ± 3.8^{k}	134 ± 3.7^{d}	61 ± 2.5^{e}
		36	241 ± 2.6^{k}	163 ± 3.6^{l}	99 ± 3.0^{bc}	89 ± 2.9^{h}
	140	12	82 ± 1.3^{b}	53 ± 0.9^{e}	242 ± 3.2^{k}	58 ± 3.1^{de}
		24	159 ± 3.5^{f}	68 ± 3.0^{f}	178 ± 5.9^{g}	81 ± 5.7^{g}
		36	214 ± 3.8^{ij}	94 ± 1.8^{h}	131 ± 3.6^{d}	106 ± 7.5^{j}
	160	12	40 ± 1.1^{a}	14 ± 1.3^{a}	271 ± 2.4^{l}	72 ± 2.3^{f}
		24	124 ± 2.7^{e}	24 ± 1.3^{b}	200 ± 3.0^{i}	104 ± 5.5^{i}
		36	178 ± 3.4^{g}	42 ± 2.5^{d}	154 ± 1.5^{f}	130 ± 4.0^{j}

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันหมายความว่าค่าที่ระบุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อพิจารณาความชื้นที่ลดลง ($X_i - X_o$) ของกากถั่วเหลือง (ดูรูปที่ 3.1 ประกอบ) พบว่า สำหรับการอบแห้งรอบที่ 1 การใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงและอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองต่ำส่งผลให้ความชื้นของกากถั่วเหลืองลดลงมากกว่า ($X_i - X_o$ มีค่ามากกว่า) เมื่อเทียบกับการใช้อุณหภูมิอบแห้งต่ำและอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองสูง ทั้งนี้เป็นผลจากความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองที่ได้มีค่าต่ำกว่าด้วยเหตุผลที่กล่าวข้างต้น สำหรับการอบแห้งรอบที่ 2 แนวโน้มของผลที่ได้จะคล้ายกับผลที่ได้ในการอบแห้งรอบที่ 1 เฉพาะในกรณีของอุณหภูมิอบแห้ง อย่างไรก็ตาม ในกรณีของอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง ผลที่ได้จะมีลักษณะตรงข้าม กล่าวคือ การใช้อัตราการป้อนกากถั่วเหลืองสูงจะส่งผลให้ความชื้นของกากถั่วเหลืองลดลงมากกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะในการอบแห้งรอบที่ 2 กากถั่วเหลืองซึ่งมีอัตราการป้อนสูงที่เข้าสู่ระบบ (หลังผ่านการอบแห้งรอบที่ 1) ยังคงมีความชื้นสูงอยู่ (X_o มีค่ามาก) อันเป็นผลจากความชื้นระเหยออกจากกากถั่วเหลืองในปริมาณน้อย โดยจะต่างจากกรณีใช้อัตราการป้อนต่ำที่ความชื้นส่วนใหญ่ระเหยออกออกไประหว่างการอบแห้งรอบที่ 1 แนวโน้มของปรากฏการณ์ที่สังเกตพบมีลักษณะคล้ายกันทั้งกรณีใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อเรียบและท่อลูกฟูก นอกจากนี้ การใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อลูกฟูกมีแนวโน้มทำให้ความชื้นของกากถั่วเหลืองลดลงมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ท่อเรียบในทำนองเดียวกับค่าความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลือง หากพิจารณาอิทธิพลของรอบการอบแห้งที่มีต่อความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลือง จะพบว่าความชื้นของกากถั่วเหลืองที่อบแห้งรอบที่ 2 ลดลงน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองที่อบแห้งรอบที่ 1 ในทุกเงื่อนไขการอบแห้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความชื้นของกากถั่วเหลืองส่วนใหญ่ได้ระเหยออกไปในระหว่างการอบแห้งรอบที่ 1 ความแตกต่างของปริมาณความชื้นที่สังเกตนี้จะเห็นได้ชัดเจนที่อัตราการป้อนกากถั่วเหลืองต่ำ โดยที่สภาวะดังกล่าว ความชื้นของกากถั่วเหลืองจะเหยออกในระหว่างการอบแห้งรอบที่ 1 ในปริมาณมาก

เมื่อพิจารณาค่าความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองที่ได้หลังการอบแห้งดังตารางที่ 3.1 พบว่า ในกรณีใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อเรียบ ความชื้นต่ำสุดของกากถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 17% (d.b.) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อกากถั่วเหลืองผ่าน

การอบแห้งรอบที่ 2 ที่อุณหภูมิ 160°C และอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง 12 $kg_{dry\ solid}$/h ส่วนในกรณีใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อลูกฟูก ความชื้นต่ำสุดของกากถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 14% (d.b.) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อกากถั่วเหลืองผ่านการอบแห้งรอบที่ 2 ที่อุณหภูมิ 160°C และอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง 12 $kg_{dry\ solid}$/h เช่นเดียวกัน

3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

ตารางที่ 3.2 แสดงความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกระบวนการอบแห้ง หรือ SEC เนื่องจากในงานวิจัยนี้พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่พัดลมแรงดันสูงมีค่าไม่ต่างกันมากนักในแต่ละเงื่อนไขการอบแห้ง ดังนั้นแนวโน้มของค่า SEC สำหรับกระบวนการอบแห้งจึงขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้าและปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลือง (m_w) เท่านั้น

ตารางที่ 3.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกระบวนการอบแห้งที่เงื่อนไขต่างๆ

ชนิดท่อ	T (°C)	W_p ($kg_{dry\ solid}$/h)	SEC (MJ/kg_{water})		
			One-pass drying	Two-pass drying	Overall drying
ท่อเรียบ	120	12	3.21	43.76	5.93
		24	3.03	13.55	4.38
		36	2.82	6.00	3.15
	140	12	3.22	29.11	5.45
		24	2.49	9.52	3.52
		36	2.35	4.20	2.51
	160	12	3.31	16.28	5.07
		24	2.37	6.35	3.06
		36	2.19	3.35	2.25
ท่อลูกฟูก	120	12	3.07	15.04	5.06
		24	2.46	9.60	3.33
		36	2.20	4.42	2.30
	140	12	2.89	20.18	4.61
		24	1.94	7.20	2.64
		36	1.78	3.69	1.95
	160	12	2.79	16.43	4.37
		24	1.90	5.64	2.47
		36	1.62	3.02	1.75

ในกรณีของการอบแห้งรอบที่ 1 พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้ค่า SEC ลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น (ค่า $X_i - X_o$ เพิ่มขึ้น) ดังที่กล่าวก่อนหน้านี้ ถึงแม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งทำให้ชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้าต้องทำงานมากขึ้นซึ่งส่งผลให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองในกรณีนี้กลับเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อค่า SEC กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองมีค่ามากกว่าการเพิ่มขึ้นของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้ง ดังนั้น ค่า SEC ในกรณีที่เพิ่มอุณหภูมิอบแห้งจึงมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองส่งผลให้ SEC มีค่าลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง ถึงแม้ว่าการเพิ่มอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองทำให้การลดลงของความชื้นของกากถั่วเหลืองมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีใช้อัตราการป้อนสูงก็ตาม (ดูตารางที่ 3.1) แต่เนื่องจากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลือง (m_w)

คำนวณจากทั้งอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง (W_p) และการลดลงของความชื้นของกากถั่วเหลือง ($X_i - X_o$) ตามสมการที่ 2.2 ดังนั้น อัตราการป้อนกากถั่วเหลืองที่มากกว่า (ในกรณีของงานวิจัยนี้) จึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าค่า $X_i - X_o$ มีค่าน้อยกว่าก็ตาม สำหรับผลกระทบของท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุที่มีต่อค่า SEC ของการอบแห้งในรอบที่ 1 พบว่า การใช้ท่อลูกฟูกมีแนวโน้มทำให้ค่า SEC มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ท่อเรียบในทุกเงื่อนไขการอบแห้ง ถึงแม้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งสำหรับกรณีใช้ท่อลูกฟูกจะมากกว่ากรณีใช้ท่อเรียบเพียงเล็กน้อยอันเนื่องจากความดันลดที่เกิดขึ้นในระบบมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย แต่ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองสำหรับกรณีใช้ท่อลูกฟูกก็มีค่ามากกว่ามากดังที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ดังนั้นค่า SEC สำหรับกรณีใช้ท่อลูกฟูกจึงมีค่าต่ำกว่า

ในกรณีของการอบแห้งรอบที่ 2 พบว่า ผลกระทบของทั้งอุณหภูมิอบแห้งและอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองที่มีต่อค่า SEC มีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีอบแห้งรอบที่ 1 กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้งและอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองจะส่งผลให้ค่า SEC มีค่าลดลง เป็นที่สังเกตว่าจากตารางที่ 3.1 ว่าการเพิ่มอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองสำหรับการอบแห้งรอบที่ 2 มีแนวโน้มทำให้การลดลงของความชื้นของกากถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นดังที่กล่าวก่อนหน้านี้ เมื่อพิจารณาร่วมกับการเพิ่มอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง (ตามสมการที่ 2.2) จึงทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถัวเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่า SEC ลดลงดังที่กล่าวข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีอบแห้งรอบที่ 1 พบว่าค่า SEC ในกรณีอบแห้งรอบที่ 2 มีค่าสูงกว่ามาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองในกรณีอบแห้งรอบที่ 2 มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกรณีอบแห้งรอบที่ 1 โดยเฉพาะที่อัตราการป้อนกากถั่วเหลืองต่ำที่สุดที่ใช้ในงานวิจัย (12 $kg_{dry\ solid}$/h) ซึ่งปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองของทั้งสองกรณีมีความแตกต่างกันมาก ในขณะที่พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งสำหรับทั้งสองกรณีมีค่าไม่ต่างกันมากนัก สำหรับผลกระทบของท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุที่มีต่อค่า SEC สำหรับการอบแห้งในรอบที่ 2 พบว่า การใช้ท่อลูกฟูกมีแนวโน้มทำให้ค่า SEC มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ท่อเรียบในทุกเงื่อนไขการอบแห้งเช่นเดียวกับกรณีการอบแห้งรอบที่ 1

เมื่อพิจารณาความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมของกระบวนการอบแห้ง หรือ($SEC_{overall}$ พบว่า การเพิ่มอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองส่งผลให้ค่า $SEC_{overall}$ ลดลง ด้วยเหตุที่กระบวนการอบแห้งใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่ใกล้เคียงกันที่อัตราการป้อนกากถั่วเหลืองทุกค่า ดังนั้น การใช้อัตราการป้อนกากถั่วเหลืองที่มากจึงทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองมีค่ามากและส่งผลให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมของกระบวนการอบแห้งมีค่าต่ำกว่า สำหรับผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อค่า $SEC_{overall}$ พบว่า ค่า $SEC_{overall}$ ลดลงเมื่ออุณหภูมิอบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานไฟฟ้าสำหรับชุดทำความร้อนด้วยไฟฟ้า แต่ปริมาณน้ำรวมที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลือง (จากทั้งสองรอบของการอบแห้ง) ก็เพิ่มขึ้นมากด้วยเช่นกัน ด้วยเหตุที่ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากกากถั่วเหลืองเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่า $SEC_{overall}$ สำหรับงานวิจัยนี้ ดังนั้นการใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงจึงส่งผลให้ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมีค่าลดลงดังที่กล่าว สำหรับผลกระทบของท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุที่มีต่อค่า $SEC_{overall}$ ของกระบวนการอบแห้ง พบว่า การใช้ท่อลูกฟูกมีแนวโน้มทำให้ค่า $SEC_{overall}$ ของกระบวนการอบแห้งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ท่อเรียบในทุกเงื่อนไขการอบแห้งด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับที่กล่าวในกรณีการอบแห้งรอบที่ 1

จากตารางที่ 3.2 จะพบว่า ค่า $SEC_{overall}$ ของกระบวนการอบแห้งที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าอยู่ในช่วง 1.75 ถึง 5.93 MJ/kg_{water} โดยค่า $SEC_{overall}$ ต่ำที่สุดของกระบวนการอบแห้งในงานวิจัยนี้คือ 1.75 MJ/kg_{water} ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อลูกฟูกที่อุณหภูมิอบแห้ง 160°C และอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง 36 $kg_{dry\ solid}$/h นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้ท่อลูกฟูกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (พิจารณาจากความแตกต่างของค่า $SEC_{overall}$ สำหรับกรณีใช้ท่อลูกฟูกและท่อเรียบในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง) ได้ระหว่าง 13.81 ถึง 26.98% ในช่วงเงื่อนไขที่ทำการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับค่า $SEC_{overall}$ ที่ได้จากการอบแห้งกากถั่วเหลืองด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนซึ่งใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้งของ Choicharoen et al. (2011) [12] พบว่า $SEC_{overall}$ ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่ามาก นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งกากถั่วเหลืองด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนของ Choicharoen et al. (2011) [12] ซึ่งใช้ไอน้ำ

ร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการอบแห้ง พบว่า $SEC_{overall}$ ที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังคงมีค่าต่ำกว่าเช่นกัน หากเปรียบเทียบกับการอบแห้งกากถั่วเหลืองด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาเตดเบดของ Wachiraphansakul and Devahastin (2005) [13] พบว่า $SEC_{overall}$ ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าเช่นกัน รวมถึงยังมีค่าใกล้เคียงกับความ $SEC_{overall}$ ที่ได้จากการอบแห้งกากถั่วเหลืองด้วยเครื่องอบแห้งแบบเจ็ตสเปาเตดเบดของ Wachiraphansakul and Devahastin (2007) [14]

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชนสำหรับลดความชื้นของกากถั่วเหลืองโดยใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุที่มีลักษณะเป็นท่อลูกฟูก รวมถึงการใช้แนวคิดของการป้อนวัสดุอบแห้งเข้าระบบหลายรอบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิสูงและอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองต่ำส่งผลให้ความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำและอัตราการป้อนกากถั่วเหลืองสูง การใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อลูกฟูกช่วยให้ความชื้นสุดท้ายของกากถั่วเหลืองมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ท่อเรียบ หากพิจารณาปริมาณความชื้นของกากถั่วเหลืองที่ลดลง พบว่า ความชื้นของกากถั่วเหลืองที่อบแห้งรอบที่ 1 มีแนวโน้มลดลงน้อยกว่ากรณีอบแห้งรอบที่ 2 ในทุกเงื่อนไขการอบแห้ง โดยความชื้นต่ำสุดของกากถั่วเหลืองที่ได้หลังผ่านการอบแห้งในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 14% (d.b.) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อใช้ท่อลำเลียงอากาศร้อนและวัสดุแบบท่อลูกฟูก ในกรณีประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการอบแห้ง พบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวม ($SEC_{overall}$) ของกระบวนการอบแห้ง ลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งและอัตราการป้อนกากถั่วเหลือง นอกจากนี้การใช้ท่อลูกฟูกมีแนวโน้มทำให้ค่า $SEC_{overall}$ ของกระบวนการอบแห้งมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ท่อเรียบในทุกเงื่อนไขการอบแห้ง โดยความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวมของกระบวนอบแห้งสำหรับงานวิจัยนี้มีค่า 1.75 MJ/kg_{water}

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย ตามสัญญาเลขที่ ENG-60-22 รวมไปถึงภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นต่อการทำงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Taruna, I., Jindal, V.K., 2002, “Drying of soy pulp (okara) in a bed of inert particles”, Drying Technology, 20, 1035-1051.

[2] Sathapornprasath, K., 2006, “Development and study of an impinging stream dryer for particulate materials,” Ph.D. thesis, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

[3] Nimmol, C., Devahastin, S., 2010, “Evaluation of performance and energy consumption of an impinging stream dryer for paddy,” Applied Thermal Engineering, 30, pp. 2204–2212.

[4] Nimmol, C., Sathapornprasath, K., Devahastin, S., 2012, “Drying of high-moisture paddy using a combined impinging stream and pneumatic drying system,” Drying Technology, 30, pp. 1854–1862.

[5] Akpinar, E.K., Bicer, Y., Midilli, A., 2003, "Modeling and experimental study on drying of apple slices in a convective cyclone dryer," Journal of Food Process Engineering, 26 (6), pp. 515–541.

[6] ÖZbey, M., Soylemez, M.S., 2005, "Effect of swirling flow on fluidized bed drying of wheat grains," Energy Conservation and Management, 46 (9&10), pp.1495–1512.

[7] Ağra, Ö., Demir, H., Atayılmaz, Ş.Ö., Kantaş, F., Dalkılıç, A.S., 2011, "Numerical investigation of heat transfer and pressure drop in enhanced tubes," International Communications in Heat and Mass Transfer, 38(10), pp. 1384–1391.

[8] Xiao-wei, L., Ji-an, M., Zhi-xin, Li., 2011, "Roughness enhanced mechanism for turbulent convective heat transfer," International Journal of Heat and Mass Transfer, 54(9-10), pp. 1775–1781.

[9] García, A., Solano, J.P., Vicente, P.G., Viedma, A., 2012, "The influence of artificial roughness shape on heat transfer enhancement: Corrugated tubes, dimpled tubes and wire coils," Applied Thermal Engineering, 35, pp. 196–201.

[10] AOAC, 1984, Official Methods of Analysis (14th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

[11] Nimmol, C., Devahastin, S., Sawasdisevi, T., Soponronnarit, S., 2007, "Drying and heat transfer behavior of banana undergoing combined low-pressure superheated steam and far-infrared radiation drying," Applied Thermal Engineering, 27, pp. 2483–2494.

[12] Choicharoen, K., Devahastin, S., Soponronnarit, S., 2011, "Comparative evaluation of performance and energy consumption of hot air and superheated steam impinging stream dryers for high-moisture particulate materials," Applied Thermal Engineering, 31, pp. 3444–3452.

[13] Wachiraphansakul. S., Devahastin, S., 2005, "Drying kinetics and quality of soy residue (okara) dried in a jet spouted bed dryer", Drying Technology, 23(6), pp. 1229-1242.

[14] Wachiraphansakul, S., Devahastin, S., 2007, "Drying kinetics and quality of okara dried in a jet spouted bed of sorbent particles", LWT – Food Science and Technology, 40(2), pp. 207-219.

การนำเสนอความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวต่อสถานบันเทิงด้วยการนับความถี่ของคำ
Presentation opinions on entertainment venues by word frequency

จิดาภา แสงคำ[1] สุทธาทิพย์ สุธาธรรม[1] เตชสิต เลิศไกร[1] และ นริศรา นาคเมธี[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: narisara.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การนำเสนอความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงด้วยความถี่ของคำ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการนำเสนอความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงโดยใช้เทคนิคการประมวลภาษาธรรมชาติ และเพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานการนำเสนอความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงด้วยความถี่ของคำ เครื่องมือหลักในการพัฒนา คือ Google Colab ใช้ในการเขียนโปรแกรมตัดคำจากข้อความแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้บริการสถานบันเทิงและ Google Data Studio ใช้ในการแสดงผลคำและความถี่จากความคิดเห็นของผู้ใช้บริการในรูปแบบของกราฟและ Word Cloud จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16

คำสำคัญ: การประมวลผลภาษาธรรมชาติ เวิร์ดคลาวด์

Abstract

The purpose of presentation opinions on entertainment venues by word frequency is to develop the word-frequency presentation of the entertainment venue by using natural language processing techniques and to evaluate the satisfaction of using word frequencies in the presentation of opinions on entertainment venues. The main development tools of this research. Google Colab is a tool for programming to extract words from entertainment venue tourist reviews and Google Data Studio is used to be a data visualization tool for reporting word frequency of entertainment venue comments in graph and Word cloud. From user satisfaction assessment, it found the overall satisfaction of the users was very good, with an average of 4.61.

Keywords: Natural Language Processing Analysis, Word Cloud

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในการดำเนินธุรกิจและการสื่อสารกับผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสื่อสารผ่านเว็บไซต์และช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ เช่น Facebook Twitter Instagram ที่นอกจากจะเป็นช่องทางประชาสัมพันธ์ของผู้ประกอบการแล้วนั้น สื่อสังคมออนไลน์ยังสามารถเป็นช่องทางการรับฟังความคิดเห็นของ

ผู้บริโภคได้อีกด้วย ในมุมมองของผู้ประกอบการความคิดเห็นของผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของสินค้าและบริการให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคยิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันผู้บริโภคก็ได้นำข้อมูลทั้งจากเว็บไซต์และสื่อสังคมออนไลน์ที่ผู้ประกอบการเป็นผู้ให้ข้อมูล และความคิดเห็นหรือรีวิวของผู้บริโภคที่เคยใช้สินค้าหรือบริการและมาแบ่งปันประสบการณ์ของตนเองผ่านเว็บไซต์และสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้สินค้าและบริการ [1], [2]

สำหรับธุรกิจสถานบันเทิงก็เช่นเดียวกับธุรกิจอื่นๆ ที่ผู้ประกอบการได้นำเว็บไซต์และสื่อสังคมออนไลน์มาใช้ในการสื่อสารประชาสัมพันธ์ธุรกิจและรับฟังความคิดเห็นของผู้บริโภค ส่วนผู้บริโภคเองก็นำข้อมูลที่ได้รับทั้งจากผู้ประกอบการและความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีเคยใช้บริการมาประกอบการตัดสินใจเลือกใช้บริการ อย่างไรก็ตามการที่ผู้บริโภคต้องอ่านข้อมูลทั้งจากเว็บไซต์และความคิดเห็นของผู้บริโภคจำนวนมากที่มาแบ่งปันประสบการณ์ของตนเองนั้น ทำให้ผู้บริโภคต้องใช้เวลานานในการอ่านและประมวลผลข้อมูล และยังทำให้ตัดสินใจได้ยาก เพราะความคิดเห็นของผู้บริโภคที่เข้ามาแบ่งปันประสบการณ์นั้นมีทั้งด้านบวกและลบ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ในการนำเสนอความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงด้วยความถี่ของคำที่พบในรีวิวของผู้ใช้บริการสถานบันเทิง เพื่อให้ผู้บริโภคท่านอื่นๆ ได้ตัดสินใจง่ายและเร็วมากขึ้น ซึ่งการนำเสนอความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงด้วยความถี่ของคำได้มีการใช้เทคนิคการประมวลภาษาธรรมชาติและการทำเหมืองข้อความมาช่วย

การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing) คือ การทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจความหมายของข้อความภาษามนุษย์ที่สื่อสารออกมา [3] การทำเหมืองข้อความ (Text mining) เป็นการค้นหาข้อมูลประเภทข้อความที่มีจำนวนมาก โดยใช้การสกัดคำ ค้นหารูปแบบ และความสัมพันธ์ที่อยู่ในข้อความ เพื่อให้เกิดความหมาย และทำให้ข้อความสามารถเข้าถึง วิเคราะห์ และประมวลผลในเวลาที่รวดเร็ว และผู้ใช้สามารถเข้าใจและใช้ประโยชน์จากเอกสารที่เก็บไว้เป็นจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4][5] ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติและการทำเหมืองข้อความภาษาไทยเพื่อสกัดองค์ความรู้ที่ซ่อนอยู่มาใช้ประโยชน์ เช่น ผลงานวิจัยของสันติ [6] นำเสนอเทคนิคการตัดคำแบบผสมผสานเพื่อวิเคราะห์ความรู้สึกเชิงบวกเชิงลบจากความคิดเห็นของผู้เข้าพักโรงแรมที่มาแบ่งปันประสบการณ์ผ่านเว็บไซต์อโกด้า ผลงานวิจัยของรตานา [7] ได้วิเคราะห์คำค้นที่ผู้ใช้บริการห้องสมุดใช้ค้นหาข้อมูลบน ระบบโอแพคของสำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร โดยการนำเทคนิคการทำเหมืองข้อความ พร้อมแสดงผลการวิเคราะห์และสรุปข้อมูลคำค้นในรูปแบบ Word cloud เพื่อช่วยสนับสนุนการวางแผนการจัดกิจกรรมและการจัดหาทรัพยากรสารสนเทศให้ตรงตามความต้องการและความสนใจของผู้ใช้บริการ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 กระบวนการก่อนการประมวลผล (Pre-Processing) ประกอบด้วย

2.1.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลความคิดเห็นการใช้บริการสถานบันเทิงจำนวน 4 แห่ง ที่ปรากฏใน Google Map ในเดือน กรกฎาคม 2564 และจัดเก็บข้อมูลความคิดเห็นในรูปแบบ Text file

2.1.2 ขั้นตอนการทำความสะอาดข้อมูล เนื่องจากความคิดเห็นที่เก็บรวบรวมได้เป็นข้อความที่เขียนในลักษณะภาษาพูดซึ่งผู้เขียนมักใช้อักขระพิเศษ เช่น + , ? ... และตัวเลขในการสื่อสารความรู้สึก ดังนั้นจึงต้องมีการนำอักขระพิเศษออกก่อน

2.2 กระบวนการประมวลผล (Processing) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลที่คณะผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา Python และเรียกใช้ Library PyThaiNLP ซึ่งมีขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.2.1 การตัดคำ (Word Tokenize) เนื่องจากภาษาไทยเป็นภาษาที่จัดอยู่ในกลุ่ม Non-segmentation language คือ การเขียนคำต่อกันโดยไม่มีเว้นวรรคหรือเครื่องหมายวรรคตอน และรูปแบบความคิดเห็นที่เก็บรวมรวมมาส่วน

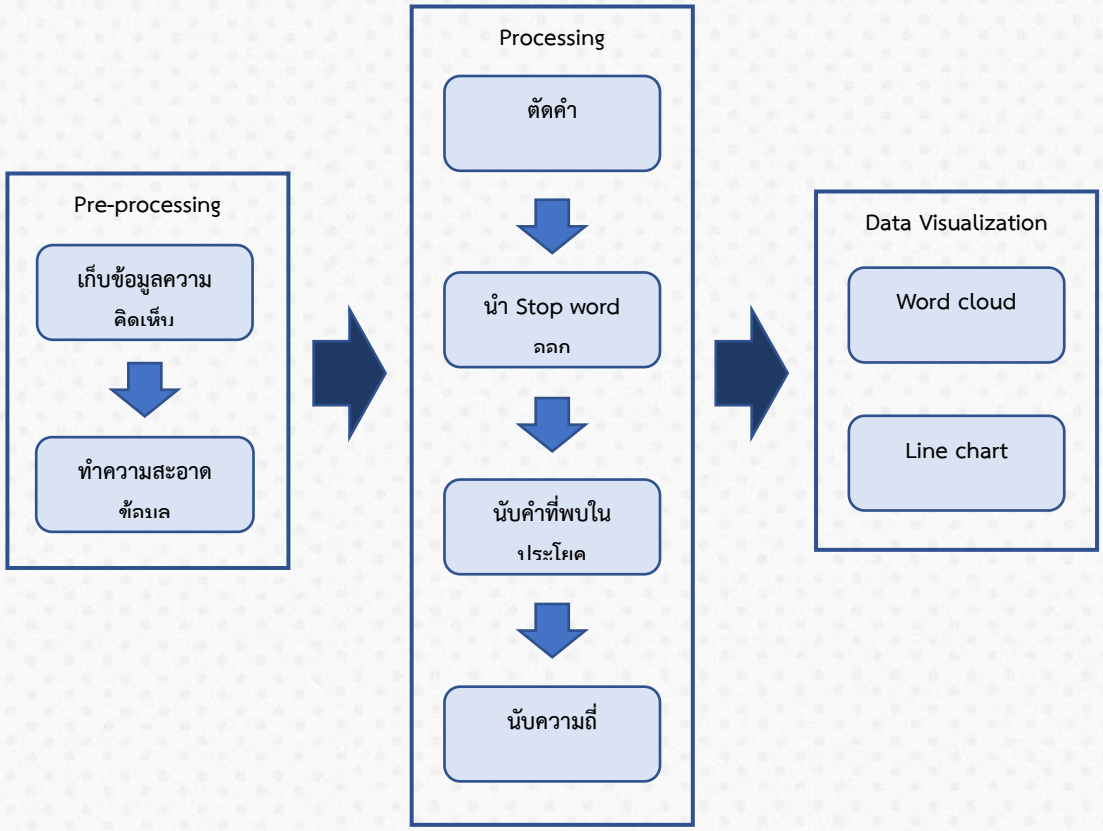
ใหญ่เขียนในลักษณะ 1 ความคิดเห็น 1 ประโยคหรือ 1 วลี ดังนั้นหากต้องการประมวลผลข้อความจึงต้องทำการตัดคำออกเป็นคำ (Word) ก่อน โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคการตัดคำแบบคำแบบยาวที่สุด

2.2.2 การตัด Stop word ออก เนื่องจากคำเหล่านี้ไม่สื่อความหมายหรือสื่อความสำคัญ แต่พบบ่อยจึงต้องนำออก

2.2.3 การนับจำนวนคำ (Word Count) เป็นการนับจำนวนคำในประโยคความคิดเห็นหลังจากตัด Stop word

2.2.4 การนับความถี่คำ (Word Frequency) คือ ขั้นตอนการนับความถี่ของคำพบในความคิดเห็น

2.3 การนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization) คณะผู้วิจัยทำได้นำเสนอข้อมูลความถี่ของคำออกมาในรูปแบบของ Word cloud เพื่อแสดงคำที่พบในการแสดงความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงมากที่สุดไปน้อยที่สุด โดยใช้ Google Data studio มาใช้เป็นเครื่องมือในการนำเสนอ



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้บริการสถานบันเทิงจำนวน 4 แห่ง ที่ปรากฏใน Google Map ในเดือนกรกฎาคม 2564 พบว่า คำที่พบมากที่สุด 10 อันดับแรก คือ ดี เพลง บรรยากาศ เป็นกันเอง บริการ เพราะ สนุก ดนตรี ดีมาก อาหาร รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

จาก Word cloud ในภาพที่ 2 สามารถเห็นคำว่า “ดี” ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากถูกนำเสนอด้วยตัวอักษรขนาดใหญ่และหนาพิเศษทำให้เห็นอย่างชัดเจน แสดงว่า “ดี” เป็นคำที่ถูกใช้บ่อยในการแสดงความคิดเห็น ส่วนคำที่มีขนาดตัวอักษรและความหนารองลงมาตามลำดับ คือ เพลง บรรยากาศ บริการ และเพราะ เมื่อพิจารณาความถี่คำที่พบมากที่สุด 10 อันดับแรก คณะผู้วิจัยสามารถจำแนกประเภทคำที่พบบ่อยในข้อความความเห็นต่อสถานบันเทิงเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ คำนาม ซึ่ง

ประกอบด้วยคำว่า เพลง บรรยากาศ บริการ ดนตรี และอาหาร ส่วนกลุ่มที่สอง คือ คำวิเศษณ์ ซึ่งประกอบด้วยคำว่า ดี เป็นกันเอง เพราะ สนุก ดีมาก และเมื่อพิจารณาคำนามและคำวิเศษณ์ที่พบในความคิดเห็นของผู้ใช้บริการต่อสถานบันเทิงพบว่าผู้ใช้บริการสถานบันเทิงให้ความสำคัญหรือสนใจใน 3 เรื่องหลัก คือ เพลงและดนตรี บรรยากาศ บริการ ส่วนอาหารเป็นสิ่งที่ผู้ใช้บริการให้ความสำคัญเป็นอันดับรองลงมา

ตารางที่ 1 คำที่พบมากที่สุดในความคิดเห็นของผู้ใช้บริการต่อสถานบันเทิง 10 อันดับแรก

Word	Frequency	Word	Frequency
ดี	27	เพลง	21
บรรยากาศ	19	เป็นกันเอง	19
บริการ	17	เพราะ	16
สนุก	12	ดนตรี	10
ดีมาก	10	อาหาร	8



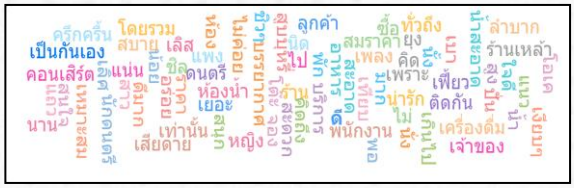
ภาพที่ 2 Word cloud แสดงคำที่ถูกใช้ในข้อความแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้บริการต่อสถานบันเทิง



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 3 ภาพ Word cloud แสดงความถี่ของคำที่พบในข้อความแสดงความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงแต่ละแห่ง (ก) สถานบันเทิงที่ 1 (ข) สถานบันเทิงที่ 2 (ค) สถานบันเทิงที่ 3 (ง) สถานบันเทิงที่ 4

ในภาพที่ 3 Word cloud แสดงคำที่พบในความคิดเห็นต่อของแต่ละสถานบันเทิง จะเห็นว่าขนาดและความหนาตัวอักษรของคำที่แสดงออกมาไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องมาจากจำนวนความคิดเห็นของผู้ใช้บริการสถานบันเทิงแต่ละแห่งที่งานวิจัยนี้นำมาวิเคราะห์อยู่ในช่วง 10-26 ความคิดเห็นต่อสถานบันเทิง เมื่อสกัดคำออกมาความถี่ของคำที่พบจึงแตกต่างกันไม่มากนัก อย่างไรก็ตามปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มจำนวนการเก็บความคิดเห็นเพื่อนำมาวิเคราะห์มากขึ้น

4. บทสรุป

การนำเสนอความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงด้วยความถี่ของคำในรูปแบบของ Word cloud จะทำให้ผู้บริโภคทราบว่าสถานบันเทิงแต่ละแห่งถูกกล่าวถึงในเรื่องใดหรือด้านใดมากที่สุดได้อย่างชัดเจนเพื่อใช้ประกอบการตัดสินเลือกใช้บริการสถานบันเทิง นอกจากนั้นแล้วการนำเสนอความคิดเห็นต่อสถานบันเทิงด้วยความถี่ยังแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้บริการสถานบันเทิงให้ความสำคัญหรือสนใจใน 3 เรื่องหลัก คือ เพลงและดนตรี บรรยากาศ บริการ หากผู้ประกอบการสถานบันเทิงนำข้อมูลที่ได้นี้ไปปรับปรุง/พัฒนาสถานบันเทิงของตนให้ดนตรีและเพลงเพราะ บรรยากาศสนุกสนาน บริการดีและเป็นกันเอง ก็จะทำให้มีผู้มาใช้บริการสถานบันเทิงเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ ในงานวิจัยนี้พบว่าความคิดเห็นคำที่เก็บรวบรวมได้มักมีการเขียนแบบเล่นเสียง เช่น คำว่า “มาก” เขียนเป็น “ม๊ากกก” หรือ “มากกกกก” หรือคำว่า “อร่อย” เขียนเป็น “หร่อย” หรือ “อร่อยยยยยยย” จึงทำให้ผลลัพธ์จากการตัดคำคลาดเคลื่อน และต้องมีการแก้ไขคำเหล่านี้ก่อนจึงจะตัดคำได้อย่างถูกต้อง และหากมีการนำเทคนิค n-gram มาใช้ในการพิจารณาคำที่อยู่ติดกันในความคิดเห็นของผู้ใช้บริการก็จะช่วยทำให้เข้าใจสิ่งที่ผู้ใช้บริการได้ดียิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 และขอขอบพระคุณ Google Map สำหรับข้อมูลความคิดเห็นของสถานบันเทิงทั้ง 4 แห่ง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] บุณยาพร วุฒิธรรมคุณ. การรีวิวร้านอาหารผ่านสื่อสังคมออนไลน์กับการตัดสินใจเลือกร้านอาหารสำหรับการรับประทานนอกบ้านของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสื่อสารการตลาดดิจิทัล มหาวิทยาลัยกรุงเทพ 2559.

[2] ภาวิตา ไอยวริญญ์. ศึกษาเนื้อหาการรีวิวของผู้ใช้บริการเว็บไซต์ทริปแอดไวเซอร์ ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์นิเทศ-ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสื่อสารการตลาดดิจิทัล มหาวิทยาลัยกรุงเทพ 2561.

[3] A. Kao, S. R. Poteet. Natural Language Processing and Text Mining. Springer, Washington, 2006.

[4] วรรณวิภา วงศ์วิไลสกุล. เหมืองข้อความและการประยุกต์ใช้. Panyapiwat Journal. 4(May, 2013)157-165.

[5] กานดา แผ่วัฒนากุล, ปราโมทย์ ลือนาม. การวิเคราะห์เหมืองความคิดเห็นบนเครือข่ายสังคม. วารสารการจัดการ-สมัยใหม่. 11(ก.ค.-ธ.ค. 2556)11-20.

[6] สันติ สุขเกษม. การวิเคราะห์รูปแบบความคิดเห็นของข้อมูลโรงแรมโดยใช้เทคนิคการตัดคำแบบผสมผสาน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 2561.

[7] รตานา ยามาเจริญ. การวิเคราะห์คำค้น ในรูปแบบ Word cloud เพื่อสนับสนุนงานบริการสารสนเทศของห้องสมุด. PULINET Journal. 6 (พ.ค.-ส.ค. 2562)79-84.

การจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงในกระบวนการ การรีไซเคิลขวดพลาสติก PET กรณีศึกษา : บริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกแห่งหนึ่ง

Process Risk Prioritization Recycling of PET Plastic Bottles Case Study: Plastic Resin Manufacturer Company

จิรวัฒน์ กีรติภูบดี[1*] และ เดชรัตน์ สัมฤทธิ์[1]

[1]สาขาโลจิสติกส์และระบบขนส่งทางราง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

[*] Email: dettoy999@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เสนอกรอบการตัดสินใจหลายเกณฑ์แบบฟัซซี (Fuzzy MCDM) โดยอ้างอิงจากวิธีโหมดความล้มเหลวและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA) สำหรับการจัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยงด้านโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิล ขั้นตอนกรอบงานที่เสนอสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ (i) FMEA ของความเสี่ยงด้านโลจิสติกส์ย้อนกลับได้รับการระบุผ่านการทบทวนวรรณกรรมที่ครอบคลุมและตรวจสอบโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (ii) กำหนดมาตราส่วนที่สามารถวัดได้สำหรับเกณฑ์ต่าง ๆ รวมไปถึงความรุนแรง (S) โอกาสในการเกิด (O) ความสามารถในการตรวจจับ (D) , ต้นทุน (C) ระดับความยากในการแก้ไขปัญหา (F) และเวลา (T), (iii) คำนวณน้ำหนักเชิงปรนัยของเกณฑ์โดยใช้วิธี Shannon entropy (v) จัดลำดับความสำคัญของโหมดความล้มเหลวโดยใช้ Fuzzy TOPSIS ผู้ผลิตพลาสติกรีไซเคิลในประเทศไทยถูกใช้เป็นกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่าความเสี่ยงของความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (FM5) มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ ความเสี่ยงด้านสินค้าคงคลัง (FM7) และความเสี่ยงด้านการขนส่ง (FM6) ตามลำดับ โดยผลการศึกษานี้อาจจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิชาการและผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิลเพื่อการลดความเสี่ยงโลจิสติกส์ย้อนกลับ

คำสำคัญ: โลจิสติกส์ย้อนกลับ โลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติก การบรรเทาความเสี่ยง

Abstract

A This study proposes a fuzzy multi-criteria decision-making framework (Fuzzy MCDM) based on failure mode effect analysis (FMEA) for prioritizing risk for reverse logistics risks in the recycle plastic industry. The proposed framework steps can be divided into four phases as follows; (i) FMEA of reverse logistics risks is identified through extensive literature review and validated by a group of experts, (ii) defined the measurable scales for criteria including severity (S), occurrence (O), detectability (D), cost (C), degree of difficult to solve problems (F), and time (T), (iii) compute the objective weights of criteria by utilizing Shannon entropy method, (iv) prioritize the failure modes by applying Fuzzy TOPSIS, Recycle plastic manufacturers in Thailand are used as a case study. The results showed that relationship risk with

stakeholders (FM5) was the most important, followed by inventory risk (FM7) and transportation risk (FM6), respectively. The results of this study may benefit to scholars and practitioners involved in recycle plastic industry to mitigate reverse logistics risks.

Keywords: Reverse logistics, Reverse logistics in the plastic industry, Risk mitigation

1. บทนำ

การเติบโตของประชากรที่มีเพิ่มมากขึ้นมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีใหม่ ๆ ทำให้มีการเติบโตของบรรจุภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น การใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น มากเกินไปทำให้เกิดขยะจำนวนมาก ขยะพลาสติกเป็นปัญหาสำคัญสำหรับโลกโดยมีปริมาณขยะพลาสติก 3-4% จากขยะมูลฝอยทั้งหมด [13] ปัญหาที่เกิดจากการทำลายหรือฝังกลบขยะ และการผลิตพลาสติกที่ไม่เป็นระบบทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ขยะพลาสติกมีปริมาณ 400 ตันต่อปี และการย่อยสลายของพลาสติกจะมีอายุถึง 300 ปี ทำให้พลาสติกที่อยู่ในดินจะค่อย ๆ ปล่อยก๊าซมีเทน [13] ผลกระทบจากขยะจำนวนมากนั้นส่งผลกระทบเชิงลบกับสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาจากเศรษฐกิจแบบเชิงเส้นเป็นเศรษฐกิจแบบหมุนเวียน โดยเน้นการใช้ทรัพยากรที่ใช้งานแล้ว นำกลับมาใช้ประโยชน์แทนการทิ้งให้เป็นขยะ แต่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ในระบบเศรษฐกิจแบบหมุนเวียน [3] [5] เศรษฐกิจแบบหมุนเวียนเป็นหนึ่งในแนวคิด BCG Model ที่มี 3 ส่วนหลัก ๆ คือเศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) ระบบเศรษฐกิจชีวภาพ มุ่งเน้นการบริหารจัดการทรัพยากรชีวภาพเพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเน้นการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าสูง เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยการคำนึงถึงการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และทั้ง เศรษฐกิจชีวภาพและเศรษฐกิจหมุนเวียนที่กล่าวมานั้น อยู่ภายใต้เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) เศรษฐกิจสีเขียวเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการพัฒนาเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ยังมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาควบคู่กับการพัฒนาสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนไปพร้อม ๆ กัน

การดำเนินการโลจิสติกส์ย้อนกลับเป็นการดำเนินการอย่างเป็นระบบในห่วงโซ่อุปทานอย่างเหมาะสม [2] ผลประโยชน์ของเศรษฐกิจและการรับผิดชอบต่อสังคมเป็นตัวผลักดันสำคัญในการขับเคลื่อนกระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับของบริษัทต่าง ๆ [1] ในบางประเทศเริ่มมีการบังคับใช้กฎหมายในการกระตุ้นให้เกิดการใช้กระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับในวงกว้าง ทำให้ผู้ผลิตขาดประสิทธิภาพที่มีต่อกระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับที่มีความซับซ้อน [4] บางองค์กรไม่เห็นด้วยและต่อต้านต่อกระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับเพราะผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับ อาจส่งผลกระทบโดยตรงกับผลิตภัณฑ์เดิมที่มีการผลิตเป็นสินค้าใหม่อยู่ก่อนแล้ว

อย่างไรก็ตามโลจิสติกส์ย้อนกลับอาจมีปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อกระบวนการต่าง ๆ จึงต้องมีการบริหารความเสี่ยง โดยการบริหารความเสี่ยงในโลจิสติกส์ย้อนกลับนั้นมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มมูลค่าให้กับห่วงโซ่อุปทานในทิศทางย้อนกลับ และมุ่งเน้นการลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม นักวิจัยส่วนใหญ่จะศึกษาในส่วนของการจัดการความเสี่ยงในโซ่อุปทาน (SCRM) แต่ยังมีการศึกษาด้านการจัดการความเสี่ยงโลจิสติกส์ย้อนกลับ (RLRM) ที่จำกัด [7] ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นอาจเป็นสิ่งที่ขัดขวางกิจกรรมทางด้านโลจิสติกส์ย้อนกลับทำให้การดำเนินการด้านโลจิสติกส์ย้อนกลับเกิดปัญหาและไม่มีประสิทธิภาพต่อองค์กร

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาในส่วนของการจัดการความเสี่ยงโลจิสติกส์ย้อนกลับ ในอุตสาหกรรมพลาสติกโดยจะระบุความเสี่ยงก่อนโดยการทบทวนวรรณกรรมและการสำรวจ จากนั้นจะวิเคราะห์ความเสี่ยง และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบปัจจัยเสี่ยงที่ระบุ เพื่อวิเคราะห์และระบุปัจจัยเสี่ยงที่เกิดขึ้นในโลจิสติกส์ย้อนกลับ จากนั้นนำปัจจัยเสี่ยงมาวิเคราะห์ด้วยการหาน้ำหนักเกณฑ์ของวิธี FMEA ด้วยวิธี Shanon’s entropy และจะทำการจัดลำดับของปัจจัยเสี่ยง ด้วยวิธี Fuzzy TOPSIS เพื่อพิจารณาและทำการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบและมีความสำคัญมากที่สุดเพื่อตอบคำถามงานวิจัยว่า :
RQ1: อะไรคือปัจจัยเสี่ยงการปฏิบัติการของโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิลในประเทศไทย

RQ2: น้ำหนักของเกณฑ์ความเสี่ยงใดมีความสำคัญกว่ากัน

RQ3: ลำดับปัจจัยเสี่ยงการปฏิบัติการใดมีความสำคัญมากที่สุดในโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิล

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์และจัดการกับความเสี่ยงโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิลซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีงานวิจัยที่ศึกษาโลจิสติกส์ย้อนกลับในส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ แต่ยังมีการศึกษาโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมพลาสติกที่จำกัด งานวิจัยนี้จึงศึกษาในส่วนของโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิล โดยมีการวิเคราะห์เกณฑ์ของความเสี่ยงที่พิจารณาจากวิธี FMEA ซึ่งเกณฑ์พิจารณาความเสี่ยงของ FMEA นั้นมีทั้งหมด 3 เกณฑ์คือ การเกิดขึ้น (O) ความรุนแรง (S) การตรวจจับ (D) ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่มีการใช้ของวิธี FMEA อย่างแพร่หลาย แต่ในงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์เกณฑ์เพิ่มเติมนอกเหนือจากเกณฑ์ดั้งเดิมของวิธี FMEA ในการจัดการกับความเสี่ยง เกณฑ์ที่จะวิเคราะห์เพิ่มมี 3 เกณฑ์ได้แก่ C (Cost) คือความเสียหายของต้นทุนจะมีมากแค่ไหนเมื่อเกิดความเสี่ยง เกณฑ์ต่อมาคือ F (Degree of difficulty to fixed problem) คือความยากง่ายในการแก้ไขความเสี่ยง และเกณฑ์ T (Time) คือ เวลาที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาความเสี่ยง เพื่อให้การวิเคราะห์ได้หลายมิติมากขึ้นนอกเหนือจากเกณฑ์ FMEA แบบดั้งเดิม เนื่องจากการวิเคราะห์ FMEA แบบดั้งเดิมเป็นการใช้ค่า RPN เพื่อวัดระดับความเสี่ยงสำหรับการคำนวณ RPN (S*O*D) นั้นยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่เนื่องจากค่า RPN มีความแปรผันของผลลัพธ์สูงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากเกณฑ์ S,O,D อาจให้ค่า RPN ที่เท่ากัน แต่ความเสี่ยงที่แตกต่างกันอาจมีระดับความเสี่ยงต่างกัน [13] โดยในงานวิจัยนี้จะมีเกณฑ์วิเคราะห์รวมแล้วทั้งหมด 6 เกณฑ์คือ S, O, D, C, F, T

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขอบเขตการวิจัย

2.1.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและหาปัจจัยเสี่ยงด้วยการทบทวนวรรณกรรม และการสำรวจปัจจัยเสี่ยงการปฏิบัติการ ที่มีผลกระทบต่อกระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิล โดยมีขอบเขตดังนี้

1. ศึกษาปัจจัยเสี่ยงของโลจิสติกส์ย้อนกลับในระดับปฏิบัติการ
2. ศึกษาและเก็บข้อมูลจากบริษัทที่ทำธุรกิจรีไซเคิลพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก
3. เกณฑ์ความเสี่ยงที่ศึกษาเป็นอิสระต่อกัน

2.1.2 ขอบเขตด้านประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

การประเมินปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อโลจิสติกส์ย้อนกลับโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้วยวิธีการจัดทำแบบสอบถามเพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกับโลจิสติกส์ย้อนกลับ ผู้เชี่ยวชาญจะอยู่ระหว่าง 5 หรือมากสุดถึง 50 คน [10] [8] ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการจัดตั้งผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการประเมินความเสี่ยงและเพื่อประเมินหาน้ำหนักเกณฑ์แต่ละความเสี่ยงโดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญดังนี้

ตารางที่ 2.1 ผู้เชี่ยวชาญระดับผู้บริหารในอุตสาหกรรมพลาสติก

ตำแหน่ง	ประสบการณ์
ผู้จัดการฝ่ายผลิต	8 ปี
ผู้จัดการฝ่ายผลิต	8 ปี
ผู้จัดการฝ่ายโลจิสติกส์	7 ปี
ผู้จัดการโรงงาน	10 ปี
ผู้จัดการโรงงาน	9 ปี
ผู้จัดการฝ่ายผลิต	10 ปี
ผู้จัดการฝ่ายผลิต	12 ปี

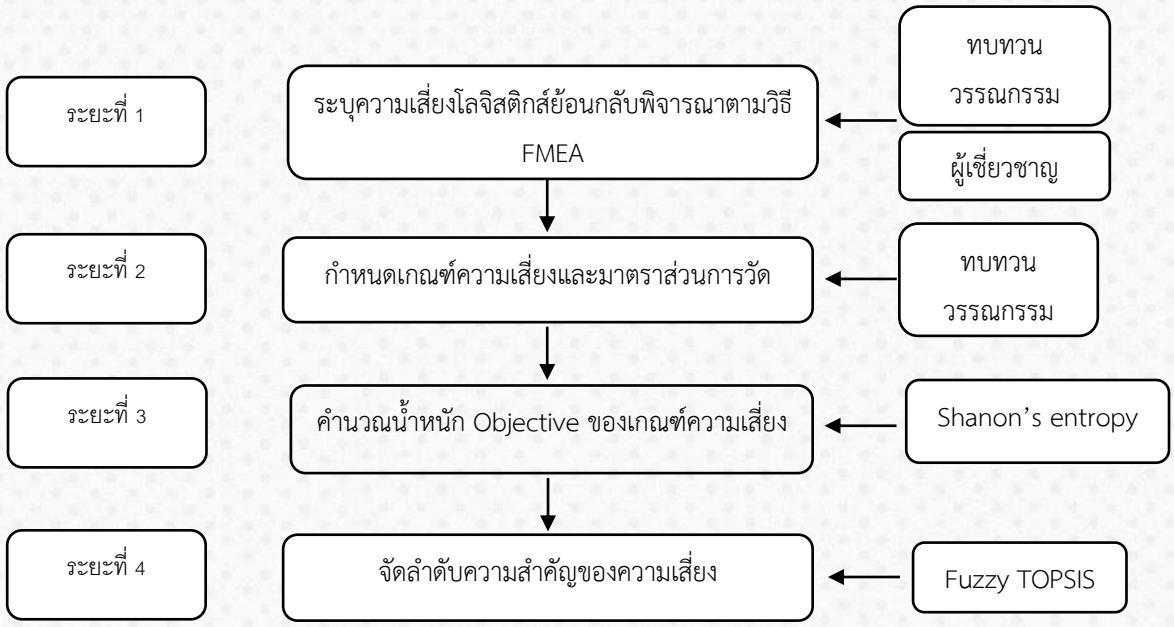
1. ผู้เชี่ยวชาญระดับผู้บริหารในอุตสาหกรรมพลาสติกจำนวน 7 คน ดังตารางที่ 2.1
2. ผู้เชี่ยวชาญบริษัทกรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกแห่งหนึ่ง จำนวน 5 คน/บริษัท (Focus group) ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผู้เชี่ยวชาญบริษัทกรณีศึกษา

ตำแหน่ง	ประสบการณ์
พัฒนาธุรกิจรีไซเคิล	4 ปี
หัวหน้าฝ่ายพัฒนาธุรกิจรีไซเคิล	25 ปี
ผู้จัดการโรงงาน	20 ปี
ผู้จัดการฝ่ายผลิต	15 ปี
ผู้จัดการฝ่ายวางแผน	10 ปี

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังแผนภูมิที่ 2.1



แผนภูมิที่ 2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

2.2.1 ระยะที่ 1 (Phase I) ระบุความเสี่ยงโลจิสติกส์ย้อนกลับที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิลโดยพิจารณาจาก FMEA การศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล จะทำการทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความเสี่ยงโลจิสติกส์ย้อนกลับ รวมไปถึงความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน และการจัดการขยะพลาสติก จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อยืนยันความเสี่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญ และระบุความเสี่ยงที่มีความสำคัญกับโลจิสติกส์ย้อนลับในอุตสาหกรรมพลาสติก โดยได้ปัจจัยเสี่ยงจากการทบทวนวรรณกรรม และจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญมีทั้งหมด 11 ความเสี่ยง คือ ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (FM1) ความเสี่ยงด้าน

ปริมาณและความต้องการ (FM2) ความเสี่ยงด้านเทคโนโลยี (FM3) ความเสี่ยงด้านการจัดการข้อมูล (FM4) ความเสี่ยงของความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (FM5) ความเสี่ยงด้านการขนส่ง (FM6) ความเสี่ยงด้านสินค้าคงคลัง (FM7) ความเสี่ยงด้านการปฏิบัติการ (FM8) ความเสี่ยงด้านชีวอนามัย และความปลอดภัย (FM9) ความเสี่ยงด้านความรู้และประสบการณ์ (FM10) และความเสี่ยงด้านซัพพลายเออร์ (FM11)

2.2.2 ระยะที่ 2 (Phase II) กำหนดเกณฑ์ความเสี่ยงและมาตราส่วนการวัด การศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล จากการทบทวนวรรณกรรมเกณฑ์จากวิธี FMEA คือ S (severity), O (occurrence), D (detection) และเกณฑ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มจากวิธี FMEA คือเกณฑ์ C (cost), F (degree of difficulty to eliminate risks), และ T (Time) โดยมีมาตราส่วนเกณฑ์การวัดน้ำหนักสำหรับการประเมิน FMs [6] ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การวัดน้ำหนัก Objective สำหรับการประเมิน FMs

ความรุนแรง (S)	**โอกาสในการเกิด (O)**	**ความสามารถในการตรวจจับ (D)**	**ต้นทุน (C)**	**ความยากง่ายในการแก้ไขความเสี่ยง (F)**	**เวลา (T)**	**ตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม (TFN)**
ไม่มีผลกระทบ	แทบเป็นไปไม่ได้	เกือบจะแน่นอน	เกือบไม่มีค่าใช้จ่าย	แทบไม่มีปัญหา	แก้ไขได้ทันที	(0, 1, 2)
ผลกระทบทางอ้อมน้อยมาก	เป็นไปไม่ได้	สูงมาก	น้อยมาก	มีปัญหา	ใช้เวลาน้อยมาก	(1, 2, 3)
ผลกระทบทางอ้อม	น้อยมาก	สูง	น้อย	ต่ำ	ใช้เวลาน้อย	(2, 3, 4)
ต่ำมาก	น้อย	สูงปานกลาง	ต่ำ	ค่อนข้างต่ำ	ใช้เวลาน้อยถึงปานกลาง	(3, 4, 5)
ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	(4, 5, 6)
ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำปานกลาง	สูงปานกลาง	ใช้เวลาน้อยปานกลาง	(5, 6, 7)
สูง	สูงปานกลาง	น้อย	สูงปานกลาง	สูง	ใช้เวลานานปานกลาง	(6, 7, 8)
สูงมาก	สูง	น้อยมาก	สูง	สูงมาก	ใช้เวลานาน	(7, 8, 9)
อันตรายที่มีการเตือน	สูงมาก	เป็นไปไม่ได้	สูงมาก	สูงมากที่สุด	ใช้เวลานานมาก	(8, 9, 10)
อันตรายที่ไม่มีการเตือน	เกือบแน่นอน	เกือบเป็นไปไม่ได้	ค่าใช้จ่ายสูงมาก	เกือบเป็นไปไม่ได้	แทบจะแก้ไม่ได้	(9, 10, 10)

2.2.3 ระยะที่ 3 (Phase III) คำนวณน้ำหนัก Objective ของเกณฑ์ความเสี่ยง วิธีหาน้ำหนักของ Shanon's entropy ถูกนำมาใช้ครั้งแรกกับ Thermodynamics จนไปถึงระบบสารสนเทศ [9] งานวิจัยนี้จะใช้เพื่อหาน้ำหนักของเกณฑ์ โดยมีเกณฑ์ตัดสินใจภายใต้กรอบวิธีของ FMEA คือ S, O, D, C, F, T และมีทางเลือกเป็นความเสี่ยงโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติก (FMs) ประเมินตามเกณฑ์ ดังตารางที่ 2.3 และมีวิธีดังนี้

1.) ปรับเมทริกซ์การตัดสินใจให้เป็นมาตรฐาน

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}} \tag{1}$$

2.) คำนวณ entropy ในแต่ละคอลัมน์

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} P_{ij} \cdot \ln P_{ij}}{\ln n} \tag{2}$$

3.) คำนวณเวกเตอร์ของ normalized weight

$$W_i = \frac{1 - E_i}{\sum_{i=1}^{m} (1 - E_i)} \tag{3}$$

2.2.4 ระยะที่ 4 (*Phase IV*) จัดลำดับความสำคัญของความเสี่ยง ในส่วนนี้จะเป็นการจัดลำดับความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมพลาสติกรีไซเคิล โดยจะใช้วิธี *Fuzzy TOPSIS* เพื่อจัดลำดับความเสี่ยงทั้งหมด 11 ความเสี่ยง (*FM1-FM11*) มีวิธีดังนี้ [11]

1.) กำหนดเกณฑ์การจัดอันดับสำหรับตัวแปรทางภาษาด้วยเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง และมาตราส่วนการวัด ดังตารางที่ 2.3 และนำไปคำนวณน้ำหนักของเกณฑ์การประเมิน งานวิจัยนี้ใช้วิธี Shanon's entropy เพื่อหาน้ำหนักของเกณฑ์

2.) สร้างเมททริกซ์คลุมเครือสำหรับทางเลือกโดยพิจารณาจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ที่มีทางเลือก m และ n เกณฑ์

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \end{array} \\ \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \end{array} \tag{4}$$

โดยที่ r_{mn} คืออันดับของ A_m ทางเลือกตามเกณฑ์ C_n

3.) ปรับเมทริกซ์การตัดสินใจให้เป็นมาตรฐานและพิจารณาเกณฑ์แต่ละตัวว่าเป็น benefit หรือ cost

$$\tilde{B} = \left[p_{ij} \right]_{m \times n} \tag{5}$$

โดยที่ i = 1, 2, 3, 4, 5,..., m และ j = 1, 2, 3, 4, 5,..., n

$$\tilde{p} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^*}, \frac{m_{ij}}{u_j^*}, \frac{u_{ij}}{u_j^*} \right) and\, u_j^* = \max u_{ij} \text{ (benefit)} \quad (6)$$

$$\tilde{p} = \left(\frac{l_j^*}{u_{ij}}, \frac{l_j^*}{m_{ij}}, \frac{l_j^*}{l_{ij}} \right) and\, l_j^* = \max l_{ij} \text{ (cost)} \quad (7)$$

4.) ปรับเมทริกซ์การตัดสินใจให้เป็นมาตรฐาน

$$\tilde{p}_{ij} = \frac{l + 2m + u}{4} \quad (8)$$

5.) นำเมทริกซ์การตัดสินใจมาตรฐานมาถ่วงน้ำหนัก

$$\tilde{V} = \left[\tilde{V}_{ij} \right]_{m \times n} \quad (9)$$

โดยที่ i = 1, 2, 3,..., m and j = 1, 2, 3,..., n

และ $\tilde{V} = \tilde{p}_{ij} x w_j$ (10)

6.) กำหนด อุดมคติทางบวก (positive idea solution: A^+) และอุดมคติทางลบ (Negative idea solution: A^-) ดังสมการต่อไปนี้

$$A^+ = v_1^+, ..., v_n^+ \text{ ,โดยที่ } v_i^+ = \max v_{ij} \text{ if } j \in J; \min v_{ij} \text{ if } j \in J' \text{ , } J = 1,2,3,4,5,...n \quad (11)$$

$$A^- = v_1^-, ..., v_n^- \text{ ,โดยที่ } v_i^- = \min v_{ij} \text{ if } j \in J; \max v_{ij} \text{ if } j \in J' \text{ , } J = 1,2,3,4,5,...n \quad (12)$$

7.) คำนวณระยะทาง $d_i^+ \; A_i, A^+$ และ $d_i^- \; A_i, A^-$ ของแต่ละทางเลือก จากอุดมคติทางบวก (positive idea solution: A^+) และอุดมคติทางลบ (Negative idea solution: A^-) ดังสมการต่อไปนี้

$$d_i^+ \; A_i, A^+ = \sum_{j=1}^{n} v_{ij} - v_{ij}^{+\,2}{}^{\frac{1}{2}}, \text{ i = 1,..., m} \quad (13)$$

$$d_i^- \; A_i, A^- = \sum_{j=1}^{n} v_{ij} - v_{ij}^{-\,2}{}^{\frac{1}{2}}, \text{ i = 1,..., m} \quad (14)$$

8.) คำนวณสัมประสิทธิ์ความใกล้ CC_i ของแต่ละทางเลือก ดังสมการต่อไปนี้

$$CC_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} d_i^- \; A_i, A^-}{\sum_{j=1}^{n} d_i^- \; A_i, A^- + \sum_{j=1}^{n} d_i^+ \; A_i, A^+}, \text{ i = 1,..., m} \quad C_i \in 0,1 \quad (15)$$

9.) หาลำดับทางเลือก

ทางเลือกต่างๆจะถูกจัดอันดับตาม CC_i ไปสู่ทางที่ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อย ตัววัดสัมประสิทธิ์ความใกล้ CC_i เป็นฟังก์ชันของทางเลือกระหว่าง อุดมคติทางบวก (positive idea solution: A^+) และอุดมคติทางลบ (Negative idea solution: A^-) ทางเลือกที่ดีที่สุดควรจะเป็น อุดมคติทางบวก และอยู่ห่างจากจุดอุดมคติเชิงลบมากที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ความสำคัญของเกณฑ์ความเสี่ยง

3.1.1 ในการวิเคราะห์น้ำหนักของเกณฑ์ความเสี่ยงจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดด้วยวิธี Shanon's entropy จากการประเมินตามเกณฑ์น้ำหนัก Objective ดังตารางที่ 2.3 พบว่าความสามารถในการตรวจจับ (D) มีความสำคัญมากที่สุด

W_{obj} = 0.336 รองลงมาคือเวลาในการแก้ไขปัญหา (T) ความรุนแรง (S) ความยากง่ายในการแก้ไขปัญหา (F) โอกาสในการเกิด (O) ตามลำดับ (W_{obj} =0.181, 0.171, 0.166, 0.098) และ ต้นทุน (C) มีความสำคัญน้อยที่สุด W_{obj} = 0.048 ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ความเสี่ยง Objective

เกณฑ์ความเสี่ยง	น้ำหนัก (W_{obj})
S	0.171
O	0.098
D	0.336
C	0.048
F	0.166
T	0.181

3.2 ลำดับความสำคัญของความเสี่ยง

เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักของเกณฑ์ Objective ด้วยวิธี Shanon's entropy แล้ว จะทำการวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญของความเสี่ยงด้วยวิธี Fuzzy TOPSIS พบว่าความเสี่ยงของความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (FM5) มีความสำคัญมากที่สุด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ลำดับความสำคัญของความเสี่ยง

ปัจจัยเสี่ยง	ลำดับความสำคัญ
ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม FM1	6
ความเสี่ยงด้านปริมาณและความต้องการ FM2	11
ความเสี่ยงด้านเทคโนโลยี FM3	4
ความเสี่ยงด้านการจัดการ ข้อมูล FM4	5
ความเสี่ยงของความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย FM5	1
ความเสี่ยงด้านการขนส่ง FM6	3
ความเสี่ยงด้านสินค้าคงคลัง FM7	2
ความเสี่ยงด้านการปฏิบัติการ FM8	10
ความเสี่ยงด้าน ชีวอนามัย และความปลอดภัย FM9	7
ความเสี่ยงด้านความรู้และประสบการณ์ FM10	9
ความเสี่ยงด้านซัพพลายเออร์ FM11	8

จากการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของความเสี่ยง พบว่าความเสี่ยงของความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (FM5) มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือความเสี่ยงด้านสินค้าคงคลัง (FM7) และความเสี่ยงด้านการขนส่ง (FM6) ตามลำดับ

4. บทสรุป

จากการวิจัยพบว่าความสำคัญของความเสี่ยงอาจส่งผลกระทบทางลบต่อการปฏิบัติการได้ ความสำคัญของความเสี่ยงที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ทำให้เห็นว่าการปฏิบัติการนั้นมีความเสี่ยงและความเสี่ยงนั้นสามารถเกิดขึ้นได้เสมอ เมื่อเกิดความเสี่ยงขึ้นก็ต้องมีการใช้กลยุทธ์ลดความเสี่ยง และบรรเทาความเสี่ยง แต่ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นไม่สามารถคาดเดาได้ว่าความเสี่ยงไหนมีความสำคัญมากกว่ากัน และเมื่อมีความเสี่ยงเกิดขึ้นอาจจะส่งผลกระทบต่อความเสียหาย ส่งผลให้เกิดความรุนแรงตามมา แต่เมื่อทราบว่าความเสี่ยงใดที่มีความสำคัญ จะสามารถเลือกวิธีและมีการวางแผนการจัดการกลยุทธ์เพื่อรับมือกับความเสี่ยงนั้น ๆ เป็นอันดับต้น ๆ เพื่อการบรรเทาและลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ก่อนที่ความเสี่ยงนั้นจะส่งผลไปในทางที่รุนแรง และแก้ไขได้ยาก

งานวิจัยนี้ได้มีการระบุความเสี่ยงออกมาเป็น 11 ความเสี่ยงคือ ความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม (FM1) ความเสี่ยงด้านปริมาณและความต้องการ (FM2) ความเสี่ยงด้านเทคโนโลยี (FM3) ความเสี่ยงด้านการจัดการข้อมูล (FM4) ความเสี่ยงของความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (FM5) ความเสี่ยงด้านการขนส่ง (FM6) ความเสี่ยงด้านสินค้าคงคลัง (FM7) ความเสี่ยงด้านการปฏิบัติการ (FM8) ความเสี่ยงด้านชีวอนามัย และความปลอดภัย (FM9) ความเสี่ยงด้านความรู้และประสบการณ์ (FM10) และความเสี่ยงด้านซัพพลายเออร์ (FM11) จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงพบว่าความเสี่ยงของความสัมพันธ์กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (FM5) มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือความเสี่ยงด้านสินค้าคงคลัง (FM7) และความเสี่ยงด้านการขนส่ง (FM6) ตามลำดับ

ดังนั้นการจัดลำดับความเสี่ยงจึงมีความสำคัญ และช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีขอบเขตการเก็บข้อมูลอุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทยเท่านั้น งานวิจัยในอนาคตสามารถนำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงและเก็บข้อมูลในบริบทอื่น ๆ เพื่อลำดับความสำคัญของความเสี่ยง เนื่องจากในทุกบริบทมีความเสี่ยงที่แตกต่างกันออกไป และความเสี่ยงที่แตกต่างกันนี้ ก็ยังมีกลยุทธ์ และการบรรเทาความเสี่ยงที่แตกต่างกันออกไปด้วยเช่นกัน แนวทางของงานวิจัยนี้อาจเป็นทางเลือกให้กับนักวิจัยในอนาคต เพื่อการประเมินความเสี่ยงในบริบทอื่น ๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการช่วยเหลือและได้รับการให้คำปรึกษาจากที่ปรึกษางานวิจัย ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมพลาสติกที่ช่วยเหลือในการให้ข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องมา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Agrawal, S., Singh, R.K. and Murtaza, Q. (2015), “A literature review and perspectives in reverse logistics”, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 97, pp. 76-92.

[2] Chan, F. T., et al. (2012). "A framework of reverse logistics for the automobile industry." International journal of production research 50(5): 1318-1331.

[3] Macarthur Ellen (2015). "Delivering the Circular Economy." a Toolkit for Policymakers, Macarthur Ellen.

[4] Mangla, S.K., Govindan, K. and Luthra, S. (2016), “Critical success factors for reverse logistics in Indian industries: a structural model”, Journal of Cleaner Production, Vol. 129, pp. 608-621.

[5] Mehmet, A. and Gu¨l, B. (2016), “Perceived quality of green reverse products and diffusion effect”, The Business & Management Review, Vol. 7 No. 5, pp. 285-294.

[6] Nuchpho, P., et al. (2019). "Modified Fuzzy FMEA Application in the Reduction of Defective Poultry Products." Engineering Journal 23(1): 171-190.

[7] Panjehfouladgaran, H. and S. F. W. Lim (2020). "Reverse logistics risk management: identification, clustering and risk mitigation strategies." Management Decision.

[8] Robbins, R., et al. (1993). "Management of patients with intramural hematoma of the thoracic aorta." Circulation 88(5 Pt 2): II1-10.

[9] Saraswat, S. and A. K. Digalwar (2021). "Evaluation of energy alternatives for sustainable development of energy sector in India: An integrated Shannon's entropy fuzzy multi-criteria decision approach." Renewable Energy 171: 58-74.

[10] Shah, S., et al. (2019). "Analysis of barriers to the adoption of cleaner energy technologies in Pakistan using Modified Delphi and Fuzzy Analytical Hierarchy Process." Journal of Cleaner Production 235: 1037-1050.

[11] Sumrit, Detcharat. "An integrated fuzzy multi - criteria decision making approach for evaluating suppliers' co-design ability in new product development." *International Journal of Applied Decision Sciences* 13.2 (2020): 215-246.

[12] Sumrit, Detcharat and Sirima Srisawad. "Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis Model for Operational Supply Chain Risks Assessment: An application in Canned Tuna Manufacturer in HAILAND." *LogForum* 18.1.

[13] Tesfaye, W. and D. Kitaw (2020). "Conceptualizing reverse logistics to plastics recycling system." Social Responsibility Journal.

การประเมินความล้าในการดัดรอบสูงในเหล็กกล้า JIS-S55C ของเพลาข้อเหวี่ยง

Evaluation of high cycle bending fatique in JIS-S55C alloy steel of crankshaft

อนุชา บุญมา[1*] นคร แสงดาว[1] วราพงศ์ เวียนชัย[1] อดิศักดิ์ แก้วนเสน[1] และ ศิริชัย จงประเสริฐ[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

[*]Email: Anucha_18112540@icloud.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินอายุการล้าของเพลาข้อเหวี่ยงภายใต้ความเค้นสลับ (cyclic load) ของเหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลาง JIS-S55C โดยมุ่งเน้นศึกษาชิ้นงานทดสอบที่ได้จากตัวอย่างเพลาข้อเหวี่ยงของปิกอัพที่เสียหาย ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความล้าแบบ R.R. Moore ชิ้นงานทดสอบมีทั้งหมด 6 ชิ้น ขนาดความยาว 90 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. กำหนดให้ภาระที่กระทำแตกต่างกันตามลูกตุ้มน้ำหนัก 6 ระดับ คือ 125, 130, 135, 140, 145 และ 150 N ผลการทดสอบพบว่ากราฟมีลักษณะลดลงเป็นเส้นโค้ง จำนวนรอบที่นับได้สูงที่สุดอยู่ที่ 964,734 รอบ ใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 125 N และจำนวนรอบที่นับได้น้อยที่สุดอยู่ที่ 298,592 รอบ ใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 150 N สรุปได้ว่าเมื่อลดระดับความเค้นที่กระทำต่อชิ้นทดสอบให้น้อยลง อายุการล้าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นโดยเป็นไปตามลักษณะเส้น S-N Curve เมื่อสังเกตุการแตกหักของชิ้นงานทดสอบจะมีการขยายตัวของรอยแตกมีลักษณะเป็นแบบ beach marks และผลลัพธ์ของการประเมินอายุความล้าจากการทดสอบด้วยเครื่องแบบ R.R. Moore มาเปรียบเทียบกับผลของการจำลองเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม ANSYS ปรากฏว่าอัตราการประเมินของ ANSYS สูงกว่าการทดลองประมาณ 4% ซึ่งสมเหตุสมผล

คำสำคัญ: การประเมินอายุความล้า เหล็กกล้า JIS-S55C เพลาข้อเหวี่ยง

Abstract

This research is to study assessment fatigue life of crank shafts under alternating stress of JIS-S55C medium carbon alloy steel, focusing on test specimens obtained from damaged crank shaft samples in the pickup car. The fatigue test was performed with an R.R. Moore type of fatigue tester. There were 6 specimens, length 90 mm., diameter 12 mm. The load was differentiated according to the 6 levels of pendulum weights: 125, 130, 135, 140, 145 and 150 N. The test results showed that the graph had a reduced curve. The highest number of revolutions was 964,734, using a weight of 125 N, and the smallest number of revolutions was 298,592, using a weight of 150 N. It can be concluded that when the degree of stress acting on the test piece is reduced fatigue life is increased according to the S-N Curve. When observed the fracture of the test specimen, the crack proliferation was characterized as beach marks, and the results of the fatigue life assessment from the R.R. Moore test were compared with the results of the ANSYS. It appeared that the effect of ANSYS was approximately 4% higher than that of the experiment, which was reasonable.

Keywords: Assessment fatigue life, JIS-S55C steel, Crank shaft

1. บทนำ

ในเครื่องยนต์สันดาปภายในจะมีส่วนประกอบหลายชิ้นส่วนที่ทำงานภายใต้การหมุน เพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft) ก็เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องยนต์ ทำจากเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนสูง เพลาข้อเหวี่ยงจะต้องแข็งแรงต้านทานแรงที่จะทำให้เพลาคดหรือโค้งได้ นั่นคือ แรงที่กระทำเป็นเส้นตรงจากลูกสูบผ่านก้านสูบมายังเพลาข้อเหวี่ยงและยังต้องทนต่อแรงบิดที่เกิดจากก้านสูบซึ่งพยายามดันให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบตัวด้วย ความล้าเป็นความเสียหายของวัสดุจากการรับความเค้นแบบซ้ำหรือแบบเวียนรอบ จำนวนรอบของการรับแรงที่ทำให้วัสดุแตกหักจะขึ้นอยู่กับขนาดของความเค้นที่กระทำและเงื่อนไขอื่นๆที่กระทำกับวัสดุ เพลาข้อเหวี่ยงที่นำไปใช้เพื่อการรับแรงเค้นแบบหมุนรอบหรือแบบ ซ้ำๆ เกิดความเสียหายที่แรงเค้นต่ำกว่าแรงเค้นปกติที่สามารถรับได้อย่างมาก ความเสียหาย เหล่านี้ที่เกิดขึ้นภายใต้การรับแรงเค้นแบบหมุนรอบหรือแบบซ้ำๆ เรียกว่าความเสียหายจาก ความล้า (fatigue failures)

การทดลองนี้มุ่งศึกษาเรื่องการประเมินอายุความล้าของเพลาข้อเหวี่ยง ในรถปิ๊กอัพที่มีกำลังขับ 120 Hp และผ่านการใช้งานมา 15 ปี 8 เดือน การประเมินอายุความล้าของเพลาข้อเหวี่ยง จะมีการทดลองจากตัวอย่างชิ้นงานที่เสียหายซึ่งใช้เครื่องทดสอบความล้าในการทดลอง และยังใช้วิธีการทางไฟไนต์อิลิเมนต์มาช่วยในการทดลอง โดยจะมีการเปรียบเทียบผลการทดลองทั้งสองวิธีแล้วนำมาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น และผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการศึกษาในงานด้านนี้ต่อไป

2. วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยสามารถจำแนกได้หลายลักษณะ ดังนี้

1. การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

วิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเพลาข้อเหวี่ยง เทียบกับมาตรฐานของเหล็กด้วยเครื่องวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี (Spark Emission Spectrometer) การวิเคราะห์ส่วนผสมของวัสดุ เพื่อตรวจสอบว่าวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุชนิดใด เลือกใช้ตรงตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ออกแบบไว้หรือไม่สำหรับตัวอย่างชิ้นงานนี้จะตรวจสอบที่ผิวและตรงแกนกลางของเพลาข้อเหวี่ยง

2. การตรวจสอบด้วยภาพถ่าย

ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผิวหน้าแตกหักด้วยสายตา (Visual Examination) พร้อมถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอลในบริเวณที่แตกหัก เพื่อตรวจสอบลักษณะของการแตกหัก และการขยายตัวของรอยแตกตรวจสอบรูปแบบของผิวหน้ารอยแตก (Fracture Mode) ที่กำลังขยายสูงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope; SEM)

3. การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์ (OM)

ตัดชิ้นงานไปเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ภาคตัดขวางและโครงสร้างทางจุลภาค โดยเริ่มจากการหล่อตัวอย่างในเรซิน (Cold mount) ขัดผิวหน้าด้วยการขัดหยาบ ขัดละเอียด และกัดผิวหน้าเพื่อให้ปรากฏโครงสร้างด้วยสารละลายไนตอล (Nital Solution) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นนำไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ชนิดแสงสะท้อน (Optically Reflected Light Microscope) เพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและสิ่งบกพร่องบริเวณจุดเริ่มต้นการเสียหาย

4. การตรวจสอบรอยแตกหักของเพลาขับด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

วิธีการเตรียมชิ้นงานเพื่อวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ทำได้โดยการนำตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการเผาในเรซินที่อุณหภูมิต่าง ๆ มาเรียบร้อย มาขัดผิวหน้าด้วยการขัดหยาบ ขัดละเอียด และกัดผิวหน้าเพื่อให้ปรากฏโครงสร้างด้วยสารละลายไนตอล (Nital Solution) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นจึงนำไปทำการ

ตรวจสอบบริเวณรอยแตกและวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณด้วย EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) ที่บริเวณรอยแตกหักของเพลาข้อเหวี่ยง โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

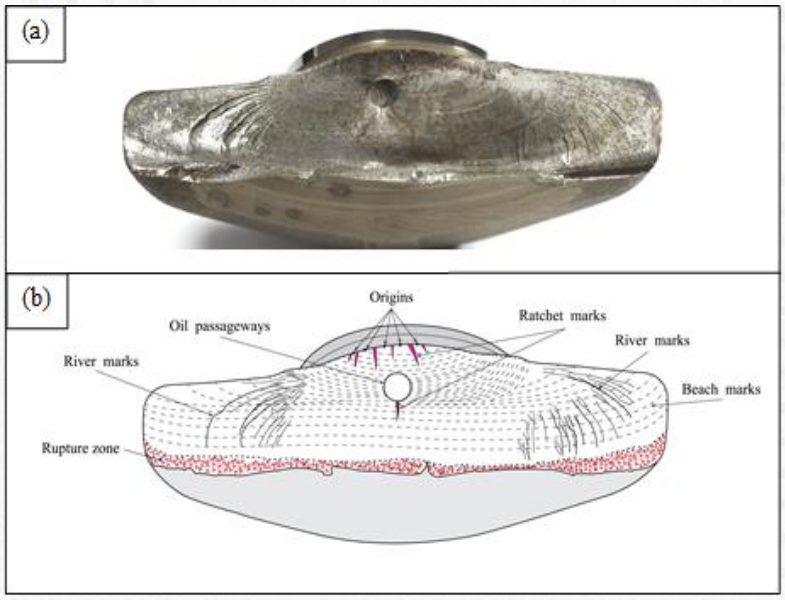
การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของเพลาขับโดยใช้เครื่อง Optical emission spectrometer: ARL 3460 ผลที่ได้ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง JIS G 4051 ตามมาตรฐาน S55C

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบทางเคมีของเพลาข้อเหวี่ยงที่เสียหาย S55C (%wt)

Failed crankshaft	0.47	0.19	0.78	0.013	0.018	0.02	0.18	0.01
JIS-S55C	0.42-0.48	0.15-0.35	0.60-0.90	≤ 0.030	≤ 0.035	≤ 0.20	≤ 0.20	≤ 0.30

2. วิเคราะห์ผิวหน้าแตกหักที่กำลังขยายต่ำด้วยกล้อง Zoom Stereo Microscope

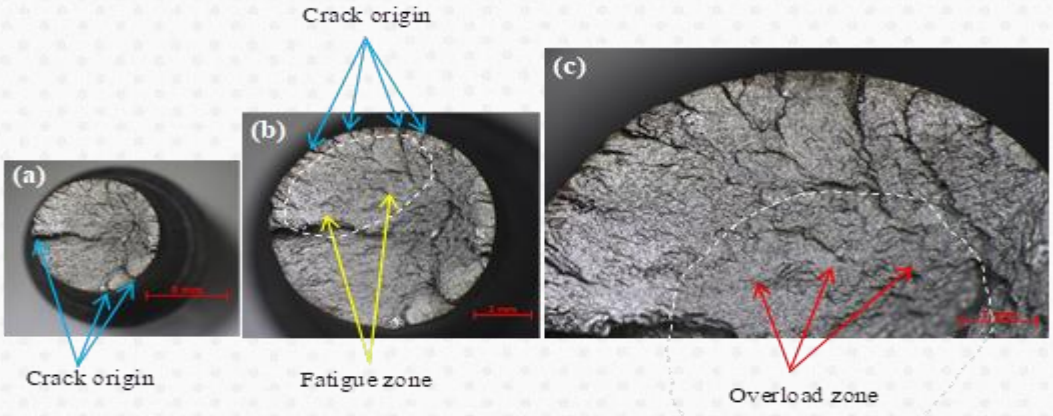
การตรวจสอบด้วยภาพถ่ายของเพลาข้อเหวี่ยงภาพขยายพื้นผิวรอยแตกหักของเพลาที่ได้จากกล้อง Zoom Stereo Microscope ยี่ห้อ Olympus SZX7 ดังภาพที่ 1(a) แสดงให้เห็นจุดเริ่มต้นของรอยแตกร้าว crack origin จากนั้นรอยแตกจะขยายตัวอย่างช้าๆ ดังภาพที่ 1 (b) ผ่านพื้นที่ fatigue zone หรือบริเวณที่ได้รับความเสียหายจากการรับแรงแบบคาบ ซ้ำไปซ้ำมา ในช่วงระหว่างการขยายตัวของรอยแตกอย่างช้าๆ จะมีความผันแปรของแรงที่กระทำและมีผลต่ออัตราการขยายตัวของรอยแตก มีลักษณะเป็นแบบ beach marks ซึ่งเป็นแนวเส้นที่แสดงลักษณะการขยายตัวของรอยแตก เมื่อรอยแตกขยายตัวไปได้ระยะหนึ่งจะทำให้วัสดุเหลือพื้นที่ในการรับแรงน้อย และทำให้เกิดเป็นพื้นที่รับแรงเกินพิกัด (overload zone) ในพื้นที่ดังกล่าวพบว่ารอยแตกที่ขยายตัวส่วนใหญ่มีลักษณะทางมหภาคเป็นการแตกแบบเปราะ (brittle fracture)



ภาพที่ 1 (a) ลักษณะการแตกของเพลาที่เสียหาย (b) ภาพขยายพื้นผิวรอยแตกหักของเพลา

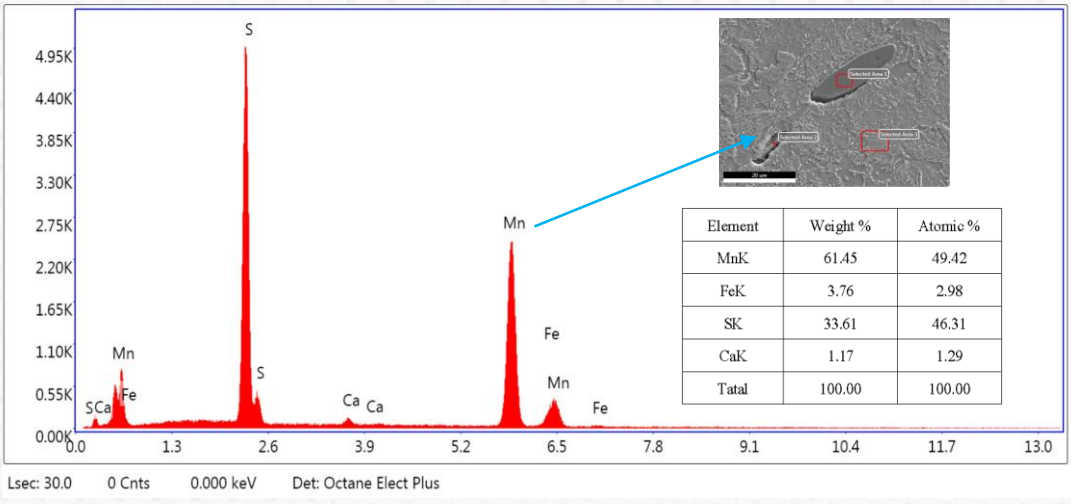
3. วิเคราะห์ผิวหน้าแตกหักด้วยกล้อง Zoom Stereo Microscope

การตรวจสอบด้วยภาพถ่ายของผิวหน้ารอยแตกหักที่กำลังขยายต่ำด้วยกล้อง Zoom Stereo Microscope ดังภาพที่ 2 แสดงถึงการแตกหักเนื่องจากความล้า รอยแตกจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเมื่อชิ้นทดสอบได้รับความเค้นดึงและความเค้นอัดสลับกันไปมา (Cyclic stress) จนทำให้เริ่มมีการแตกร้าวเล็กๆ (Crack origin) ขึ้นบริเวณที่อ่อนแอที่สุดของหน้าตัดชิ้นทดสอบ ส่วนรอยแตกที่สองรอยแตกร้าวจะขยายตัว (Fatigue crack) อย่างช้าๆ โดยรอยแตกจะปรากฏเหมือนแนวสันวงโค้ง (Concentric ridge) ซึ่งจะมีผิวเรียบ จนกระทั่งชิ้นทดสอบมีขนาดพื้นที่หน้าตัดลดลงและไม่สามารถรับน้ำหนักได้อีก ก็จะทำให้ชิ้นทดสอบเกิดส่วนที่สามที่เรียกว่าการแตกหักเสียหายจากความล้า (Overload zone) ซึ่งขอบเขตพื้นที่ส่วนนี้จะมีผิวที่หยาบและด้าน และเป็นส่วนสุดท้ายที่ชิ้นทดสอบขาดออกจากกันทันทีคล้ายกับการขาดของวัสดุแบบเปราะ



ภาพที่ 2 ลักษณะการแตกหักในชิ้นงานทดสอบถ่ายภาพด้วยกล้อง Zoom Stereo Microscope

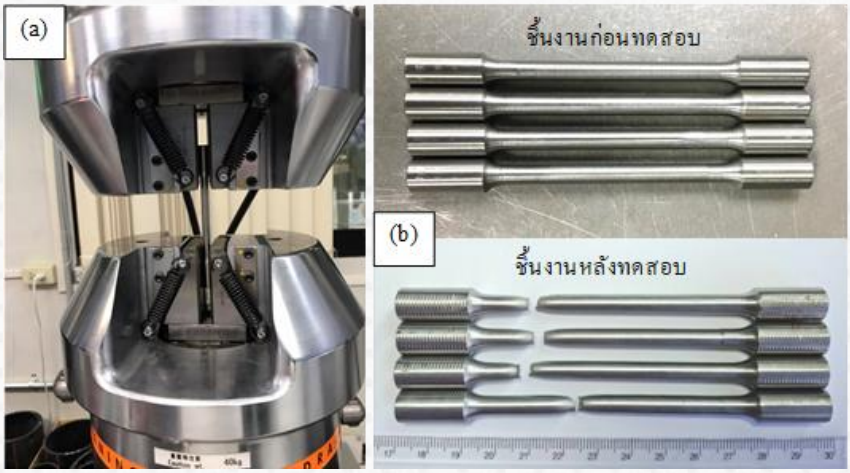
การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณด้วย EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) พิจารณาจุดที่ตรวจพบสารฝังใน (Inclusion) ดังแสดงในภาพที่ 3 แนวของการสแกนจะเห็นว่ามีธาตุแมงกานีสสูงที่สุดในบริเวณพื้นที่ 2 (ลุกศรสีน้ำเงิน) หากพิจารณาตรงแนวกราฟ EDS จะเห็นว่ามีธาตุแมงกานีสที่เพิ่มสูงขึ้นถึง 61.45% ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ คือเหล็ก ซัลเฟอร์ และแคลเซียม ถ้าเติมแมงกานีสในปริมาณมากจะทำให้เกิดการบิดงอหรือแตกร้าวขณะชุบแข็งได้



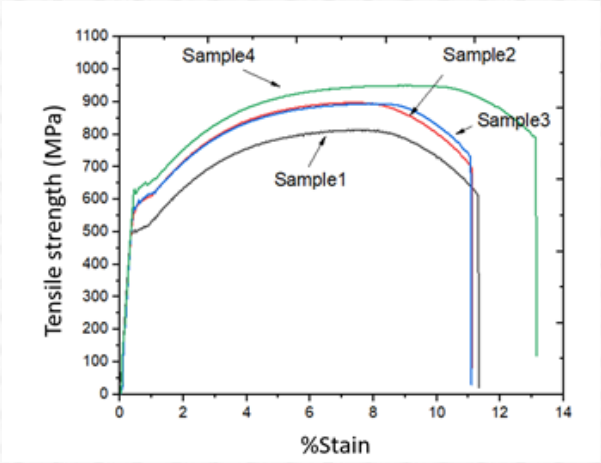
ภาพที่ 3 กราฟ EDS ถ่ายบริเวณรอยแตกหักของเพลาข้อเหวี่ยงใน Arear 2

4. การทดสอบแรงดึง (Tensile Test)

เครื่องทดสอบแรงดึงที่ใช้ในการทดลองนี้แสดงดังภาพที่ 4 (a) ยี่ห้อ SHIMADZU: EHF-EV100K1-070-0A ในการทดสอบสอบแรงดึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่ามาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำเพลาข้อเหวี่ยงและนำค่านี้ไปหาความสัมพันธ์กับผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบความล้า ชิ้นงานทดสอบนี้ได้มาจากเพลาข้อเหวี่ยงที่เสียหายดังรูปที่ 4 (b) แสดงชิ้นงานก่อนและหลังการทดสอบแรงดึง ผลของการทดสอบแรงดึงของวัสดุเพลาดังภาพที่ 5 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดของเหล็ก S55C



ภาพที่ 4 (a) เครื่องทดสอบแรงดึง SHIMADZU (b) ชิ้นงานก่อนและหลังการทดสอบแรงดึง



ภาพที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดของเหล็ก S55C

5. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

5.1 การศึกษาผลกระทบของภาระที่ใช้ในการทดสอบจะปรับเปลี่ยนค่าที่แตกต่างกันคือตั้งแต่ 125, 130, 135, 140, 145 และ 150 N ตามลำดับ โดยใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1725 rpm วัสดุที่นำมาทดสอบคือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง JIS-S55C ที่ได้มาจากเพลาข้อเหวี่ยงที่เสียหาย ผลของการทดลองในตัวอย่างชิ้นงานเพลาทั้ง 6 ชิ้นได้ค่าออกมาดังตารางที่ 2 และสามารถนำมาเขียนกราฟ S-N ดังภาพที่ 6

ตารางที่ 2 ผลการทดลองของวัสดุเหล็ก JIS-S55C ที่ความเร็วรอบ 1725 รอบ/นาที

ลำดับ	Load (N)	Number of cycles
1	125	964,734
2	130	700,693
3	135	592,828
4	140	457,447
5	145	365,208
6	150	298,592

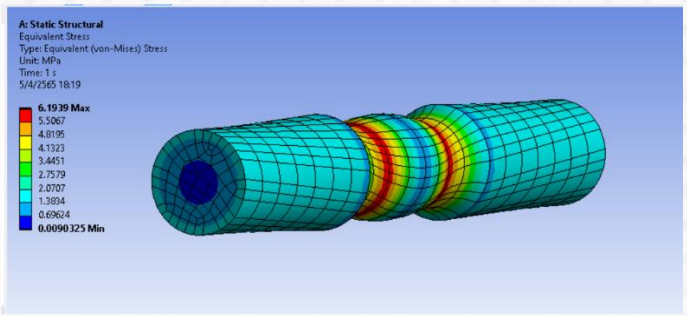


ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลทดสอบความล้าของเหล็ก JIS-S55C

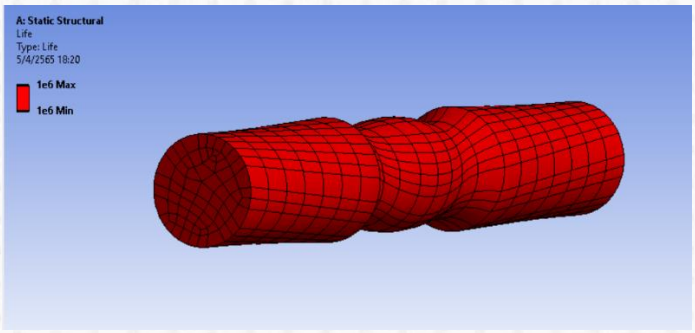
จากภาพที่ 6 ผลการทดลองเพื่อประเมินหาอายุของความล้าของวัสดุภายใต้ความเค้นสลับ (cyclic load) ของเหล็ก JIS-S55C จะทำการทดลองชิ้นงานทั้งหมด 6 ชิ้น จะสังเกตุได้ว่าแนวโน้มของกราฟมีลักษณะลดลงเป็นเส้นโค้ง การทดลองแต่ละครั้งจะลดน้ำหนักถ่วงลงทีละ 5 N พบว่าโดยจำนวนรอบที่นับได้สูงที่สุดอยู่ที่ 964,734 รอบ ใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 125 N และจำนวนรอบที่นับได้น้อยที่สุดอยู่ที่ 298,592 รอบ ใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 150 N จากการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อลดระดับความเค้นที่กระทำต่อชิ้นทดสอบให้น้อยลง อายุการล้าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นโดยเป็นไปตามลักษณะเส้น S-N Curve

6. การเปรียบเทียบผลประเมินอายุของความล้าด้วยเครื่องทดสอบและโปรแกรม ANSYS

การจำลองเชิงตัวเลขที่สอดคล้องกับการทดสอบความล้าของเหล็ก S55C ที่รายงานข้างต้นดำเนินการโดยใช้โปรแกรม ANSYS และผลลัพธ์ค่าความเค้นของ Von mises ที่ได้จากการ simulation ด้วยโหลด 150 N.m ดังในภาพที่ 7 ค่าพิกัดความล้า Endurance Limit ที่ได้จากการ simulation ด้วยโหลด 150 N.m ดังแสดงในภาพที่ 8 เมื่อมีการนำผลลัพธ์ของการประเมินอายุความล้าจากการทดสอบด้วยเครื่องแบบ R.R. Moore มาเปรียบเทียบกับผลของการจำลองเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม ANSYS ปรากฏว่าอัตราการประเมินของ ANSYS สูงกว่าการทดลองประมาณ 3.761% ซึ่งสมเหตุสมผล



ภาพที่ 7 ค่าความเค้นของ Von mises ที่ได้จากการ simulation ด้วยโหลด 150 N.m



ภาพที่ 8 ค่าพิกัดความล้า Endurance Limit ที่ได้จากการ simulation ด้วยโหลด 150 N.m

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบของวัสดุเหล็ก AISI 1045 และวิธีจำลองตัวเลข (ANSYS)

ลำดับ	Load (N)	Number of cycles	Number of cycles (Ansys)	ค่าความคาดเคลื่อน (%)
1	125	964,734	1,000,000	3.526
2	130	700,693	7.28×10^5	3.750
3	135	592,828	6.16×10^5	3.761
4	140	457,447	4.76×10^5	3.897
5	145	365,208	3.79×10^5	3.639
6	150	298,592	3.11×10^5	3.989
ค่าความคาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)				3.761

วิธีการคำนวณหาค่าความคาดเคลื่อนจากตารางที่ 3 แสดงการคำนวณได้ดังนี้

(สูตรการคำนวณ)

$$\frac{\text{Number of cycles (Ansys)}}{\text{Number of cycles}} \times 100 = (\text{คำตอบ}) - 100 = (\text{คำตอบ \%})$$

4. บทสรุป

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินอายุการล้าของเพลาข้อเหวี่ยงในรถปิกอัพภายใต้ความเค้นสลับ (cyclic load) ของเหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลาง JIS-S55C จากการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณด้วย EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) ตรวจพบสารฝังใน (Inclusion) แนวของการสแกนจะเห็นว่ามีธาตุแมงกานีสสูงที่สุดถึง 61.45% ส่วน ถ้าเติมแมงกานีสในปริมาณมากจะทำให้เกิดการบิดงอหรือแตกร้าวขณะชุบแข็งได้

2. แนวโน้มของกราฟมีลักษณะลดลงเป็นเส้นโค้ง พบว่าจำนวนรอบที่นับได้สูงที่สุดอยู่ที่ 964,734 รอบ ใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 125 N และจำนวนรอบที่นับได้น้อยที่สุดอยู่ที่ 298,592 รอบ ใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 150 N จากการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อลดระดับความเค้นที่กระทำต่อชิ้นทดสอบให้น้อยลง อายุการล้าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นโดยเป็นไปตามลักษณะเส้น S-N Curve

3. การตรวจสอบด้วยภาพถ่ายของลักษณะการแตกหักจากความล้าที่กำลังขยายต่ำพบว่า รอยแตกจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเมื่อชิ้นทดสอบได้รับควาเค้นดึงและความเค้นอัดสลับกันไปมา (Cyclic stress) จนทำให้เริ่มมีการแตกร้าวเล็กๆ (Crack origin) ขึ้นบริเวณที่อ่อนแอที่สุดของหน้าตัดชิ้นทดสอบ ส่วนรอยแตกที่สองรอยแตกร้าวจะขยายตัว (Fatigue crack) อย่างช้าๆ โดยรอยแตกจะปรากฏเหมือนแนวสันวงโค้ง (Concentric ridge) ซึ่งจะมีผิวเรียบ จนกระทั่งชิ้นทดสอบมีขนาดพื้นที่หน้าตัดลดลงและไม่สามารถรับน้ำหนักได้อีก ก็จะทำให้ชิ้นทดสอบเกิดส่วนที่สามที่เรียกว่าการแตกหักเสียหายจากความล้า (Overload zone) ซึ่งขอบเขตพื้นที่ส่วนนี้จะมีผิวที่หยาบและด้าน และเป็นส่วนสุดท้ายที่ชิ้นทดสอบขาดออกจากกันทันทีคล้ายกับการขาดของวัสดุแบบเปราะ

4. ผลลัพธ์ของการประเมินอายุความล้าจากการทดสอบด้วยเครื่องแบบ R.R. Moore มาเปรียบเทียบกับผลของการจำลองเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม ANSYS ปรากฏว่าอัตราการประเมินของ ANSYS สูงกว่าการทดลองประมาณ 3.761% ซึ่งสมเหตุสมผล

5. เอกสารอ้างอิง

[1] JIS G4051. (2016). Japanese Industrial Standard. Fist English Edition. Japan.

[2] สุรัตน์ ดีรอด และ วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล. 2558. **วัสดุศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

[3] Syamsul Hadi, Anggit Murdani and Fatkhur Rokhman. menyatakan dengan sebenarnya bahwa: judul artikel tersebut adalah asli karya para pengabdi (bukan hasil plagiat) dengan para penulis Syamsul Hadi, Anggit Murdani, Santoso, Agus Sujatmiko, dan Sugeng Hadi Susilo dari para dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141.

[4] A.M. Eleiche, M.M. Megahed and N.M. Abd-Allah. 2006. “Low-cycle fatigue in rotating cantilever under bending III: Experimental investigations on notched specimens.” **International Journal of Fatigue.** vol. 28: 271–280.

[5] Mohammad Jamalkhani Khameneh and Mohammad Azadi. 2018. “Evaluation of high-cycle bending fatigue and fracture behaviors in EN-GJS700-2 ductile cast iron of crankshafts.” **Engineering Failure Analysis**. vol. 85 : 189-200.

[6] Sajjad Seifoori, Ahmad Mahdian Parrany and Mojtaba Khodayari. 2020. “A high-cycle fatigue failure analysis for the turbocharger shaft of BELAZ 75131 mining dump truck.” **Engineering Failure Analysis**. vol. 116 : 104752.

การวิเคราะห์ความเสียหายของเพลาขับหน้าในรถตู้
Failure Analysis of a Front Drive Shaft in Van

ธรรมรัตน์ เผือกผ่อง[1*] ณัฐพล ศิวะวรเวท[1] และ ธีรพันธ์ สุ่มอินทร์[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี
[*]Email: Thammarat.park@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงสาเหตุของความเสียหายของเพลาขับในรถตู้ที่ใช้งานมา 12 ปี ซึ่งรถได้ติดตั้งเครื่องยนต์ใหม่ที่มีกำลังขับที่เพิ่มมาก เพลาทำมาจากเหล็กกล้าผสมต่ำที่ผ่านการชุบแข็ง AISI 1045 การวิเคราะห์ความเสียหายของเพลารองมีหลายวิธีคือ 1) การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี 2) การทดสอบความแข็ง 3)การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (OM) 4) การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ผลสรุปของพื้นผิวการแตกหักของเพลานี้เกิดจากความล้าและความล้านั้นเป็นกลไกสำคัญของการแตกหักของเพลาเนื่องจากตรวจพบรอยแตกลักษณะเป็นแบบ beach marks ที่ผิวและลักษณะการแตกแบบหลุม (dimples) ที่บริเวณแกนกลางของเพลาขับซึ่งการแตกทั้งสองแบบอยู่ในโหมดการแตกแบบเปราะและแบบเหนียวปนกัน โครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวของเพลาขับที่ไม่แตกพบมีส่วนประกอบของเทมเปอร์มาร์เทนไซต์และบริเวณผิวของเพลาขับในจุดเริ่มต้นของรอยแตกพบมีส่วนประกอบของเดนไดร์ของเดลต้าเฟอร์ไรต์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วในระหว่างการเชื่อม ในบริเวณตรงกลางของเพลาขับโครงสร้างจุลภาคมีส่วนประกอบเฟอร์ไรต์ผสมกับเพิร์ลไลต์ ค่าความแข็งสูงสุดที่ผิวของเพลามีค่าเท่ากับ 30 HRC และค่าความแข็งต่ำสุดที่ตรงกลางของเพลาเท่ากับ 16 HRC ทั้งนี้ผลของการศึกษาจะสามารถระบุกลไกความเสียหายที่เกิดขึ้นพร้อมเป็นข้อมูลสำหรับการหาวิธีป้องกันมิให้เกิดเหตุความเสียหายของเพลาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: เพลาขับ ความล้า การเชื่อม

Abstract

This research is to study the cause of failure of the drive shaft in a van that has been in use for 12 years, vehicle which was to adjust the engine to increased horsepower. The drive shaft is made from AISI 1045 hardened low-alloyed steel. It has been determined in many ways on the failure analysis of this counter shaft i.e. 1) Composition (wt%) analysis with a spectrometer, 2) Vickers test, 3) Microstructural analysis with optical microscope, which the crack of surface layer using a scanning electron microscope. The summary result of fracture surface of this counter shaft was cause by fatigue and that fatigue was the dominant mechanism of drive shaft failure due to obvious beach marks at the fracture surface and dimples at the central region with it is apparent that the failure mode in this central interior region was mixed; that is, it was a combination of both brittle and a ductile fracture. The unbroken drive shaft of the

outer surface microstructure contains tempered martensite and on the surface of the drive shaft at the beginning of the fracture was found a component of the dendritic of delta ferrite with a structure formed by rapid cooling during welding. In the central region is mixed a ferrite and pearlite. The maximum hardness at the shaft surface is 30 HRC and the minimum hardness at the center of the shaft is 16 HRC. The results of the study will be able to identify the damage mechanisms that occur and provide information for ways to prevent future shaft fracture.

Keywords: Drive shaft, Fatigue, Welding

1. บทนำ

เพลาขับเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญในการส่งกำลังขับของรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้า ต่อจากห้องเกียร์ของเครื่องยนต์ไปยังดุมล้อรถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้าทุกคัน มีหน้าที่หมุนล้อให้เคลื่อนไหวทำให้รถยนต์ขับเคลื่อนไปข้างหน้าหรือถอยหลัง เพลาขับทำจากเหล็ก กล้าที่มีคาร์บอนต่ำ หรือเหล็กกล้าผสม โครเมียม และโมลิบดินั่ม ใช้วิธีเผา ตีขึ้นรูป แล้วใช้เครื่องมือกล กัด กลึง ให้เป็นรูปตามต้องการ เพลาขับจะต้องนำมาชุบแข็ง เพื่อลดแรงดันที่เกิดขึ้นในเนื้อโลหะ ซึ่งเกิดจากการตีขึ้นรูป และเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อโลหะด้วย การชุบแข็งที่ใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เนื้อโลหะด้านนอกร้อนเร็ว นิยมใช้ชุบผิวเพลาขับให้มีผิวแข็ง ทนทานต่อการสึกหร่อ แต่เนื้อโลหะภายในยังคงเหนียวเหมือนเดิม เพลาขับจะต้องมีความแข็งแรงและสามารถต้านทานแรงที่จะทำให้เพลาคดหรือโค้งได้ เพลาขับถูกใช้งานภายใต้โหลดที่ผันผวนและมีการสั่นสะเทือน ความล้าก็เป็นสาเหตุหลักของความเสียหายโดยมีความเค้นที่เป็นผลกระทบมาจากโหลดที่เกิดขึ้นสลับไปมาและยังมีการกระแทกเกิดขึ้นกับเพลาขับ

การทดลองนี้มุ่งศึกษาความเสียหายของเพลาขับ ที่ใช้งานงานมา 12 ปีในรถตู้ ซึ่งรถได้ติดตั้งเครื่องยนต์ใหม่ที่มีกำลังขับที่เพิ่มมาก การวิเคราะห์ความเสียหายของเพลาขับมีหลายวิธีคือ การทดสอบทางกล การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค เพื่อค้นหาสาเหตุทั้งภายในและภายนอกของเพลาขับ โดยอ้างอิงจากหลักทฤษฎีและการทดสอบทางกลที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น และเป็นแนวทางในการป้องกันเหตุความเสียหายของเพลาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยสามารถจำแนกได้หลายลักษณะ ดังนี้

1. การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

วิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเพลาขับ เทียบกับมาตรฐานของเหล็กกล้าเครื่องมือด้วยเครื่องวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี (Spark Emission Spectrometer) การวิเคราะห์ส่วนผสมของวัสดุ เพื่อตรวจสอบว่าวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุชนิดใด เลือกใช้ตรงตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ออกแบบไว้หรือไม่สำหรับตัวอย่างชิ้นงานนี้จะตรวจสอบที่ผิวและตรงแกนกลางของเพลาขับ

2. การตรวจสอบด้วยภาพถ่าย

ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผิวหน้าแตกหักด้วยสายตา (Visual Examination) พร้อมถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอลในบริเวณที่แตกหัก เพื่อตรวจสอบลักษณะของการแตกหัก และการขยายตัวของรอยแตกตรวจสอบรูปแบบของผิวหน้ารอยแตก (Fracture Mode) ที่กำลังขยายสูงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Scanning Electron Microscope; SEM)

3. การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์ (OM)

ตัดชิ้นงานไปเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ภาคตัดขวางและโครงสร้างทางจุลภาค โดยเริ่มจากการหล่อตัวอย่างในเรซิน (Cold mount) ขัดผิวหน้าด้วยการขัดหยาบ ขัดละเอียด และกัดผิวหน้าเพื่อให้ปรากฏโครงสร้างด้วยสารละลายไนตอล (Nital Solution) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นนำไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ชนิดแสงสะท้อน (Optically Reflected Light Microscope) เพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและสิ่งบกพร่องบริเวณจุดเริ่มต้นการเสียหาย

4. การตรวจสอบรอยแตกหักของเพลาขับด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

วิธีการเตรียมชิ้นงานเพื่อวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ทำได้โดยการนำตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการเผาในเรซินที่อุณหภูมิต่าง ๆ มาเรียบร้อย มาขัดผิวหน้าด้วยการขัดหยาบ ขัดละเอียด และกัดผิวหน้าเพื่อให้ปรากฏโครงสร้างด้วยสารละลายไนตอล (Nital Solution) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นจึงนำไปทำการตรวจสอบบริเวณรอยแตกและวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณด้วย EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) ที่บริเวณรอยแตกหักของเพลาขับ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

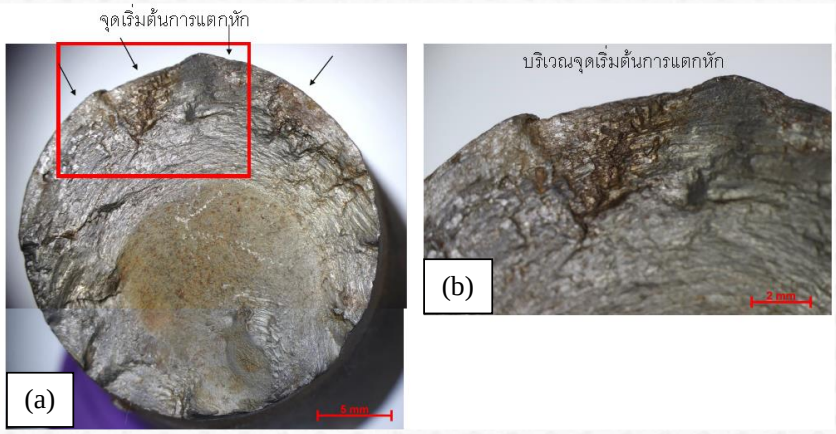
การตรวจสอบสมบัติทางเคมีของเพลาขับโดยใช้เครื่อง Optical emission spectrometer: ARL 3460 ผลที่ได้ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 เพลาขับทำจากเหล็กกล้าผสมเกรด JIS G 4051 ตามมาตรฐาน S45C

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบทางเคมีของเพลาขับที่เสียหาย JIS-S45C/AISI 1045 (%wt)

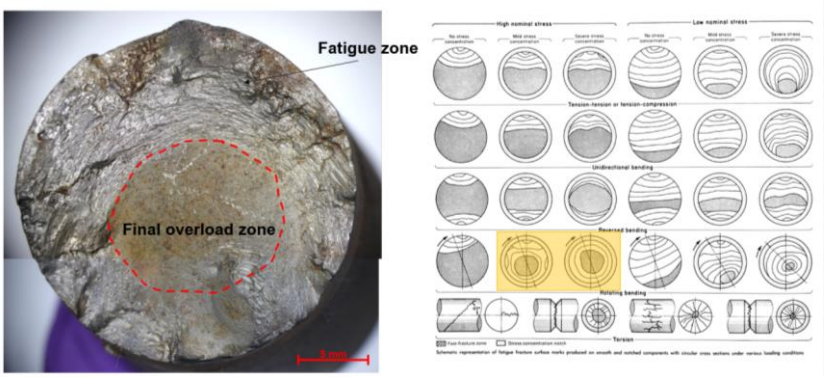
Materials	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
Failed crankshaft	0.47	0.19	0.78	0.013	0.018	0.02	0.18	0.01
JIS-S45C	0.42-0.48	0.15-0.35	0.60-0.90	≤ 0.030	≤ 0.035	≤ 0.20	≤ 0.20	≤ 0.30

2. วิเคราะห์ผิวหน้าแตกหักที่กำลังขยายต่ำด้วยกล้อง Zoom Stereo Microscope

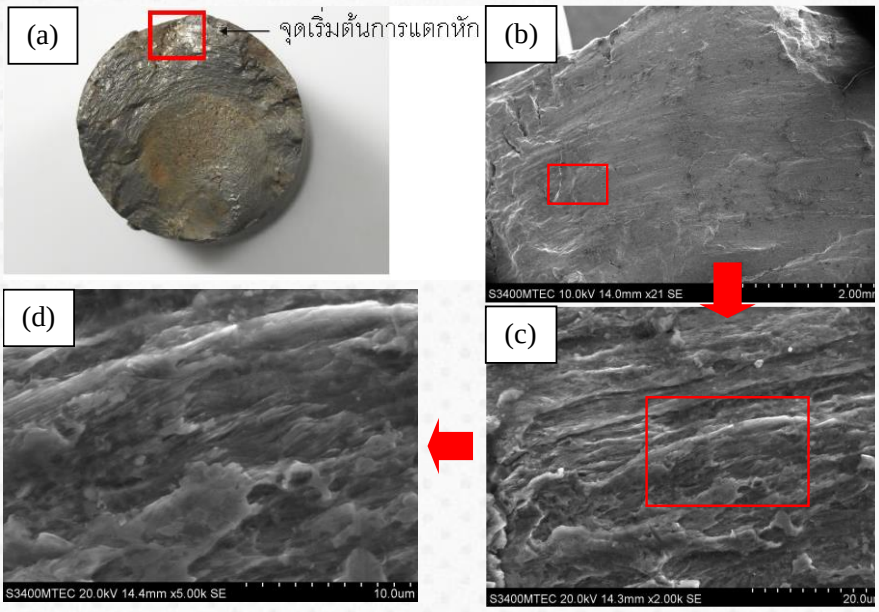
การตรวจสอบด้วยภาพถ่ายของผิวหน้ารอยแตกหักที่กำลังขยายต่ำด้วยกล้อง Zoom Stereo Microscope รูปที่ 1(a) แสดงให้เห็นจุดเริ่มต้นของรอยแตกร้าว crack origin เกิดขึ้นหลายจุด จากนั้นรอยแตกจะขยายตัวอย่างช้าๆ ผ่านพื้นที่ fatigue zone หรือบริเวณที่ได้รับความเสียหายจากการรับแรงแบบคาบ ซ้ำไปซ้ำมา ในช่วงระหว่างการขยายตัวของรอยแตกอย่างช้าๆ จะมีความผันแปรของแรงที่กระทำและมีผลต่ออัตราการขยายตัวของรอยแตก มีลักษณะเป็นแบบ beach marks ซึ่งเป็นแนวเส้นที่แสดงลักษณะการขยายตัวของรอยแตก เมื่อรอยแตกขยายตัวไปได้ระยะหนึ่งจะทำให้วัสดุเหลือพื้นที่ในการรับแรงน้อย และทำให้เกิดเป็นพื้นที่รับแรงเกินพิกัด (overload zone) ในพื้นที่ดังกล่าวพบว่ารอยแตกที่ขยายตัวส่วนใหญ่มีลักษณะทางมหภาคเป็นการแตกแบบเปราะ (brittle fracture) ภาพที่ 1(b) เป็นภาพขยายให้เห็นบริเวรจุดเริ่มต้นรอยแตกหักอย่างชัดเจนขึ้น พิจารณารูปเปรียบเทียบกับรอยแตกที่เกิดจากความล้าดังภาพที่ 2 เมื่อเราดูจากแผนผังแล้วพบว่าเกิดจากการดัดที่เกิดขึ้นกลับไป-กลับมา (Reversed bending)



ภาพที่ 1 ลักษณะการแตกของเพลาขับที่เสียหาย



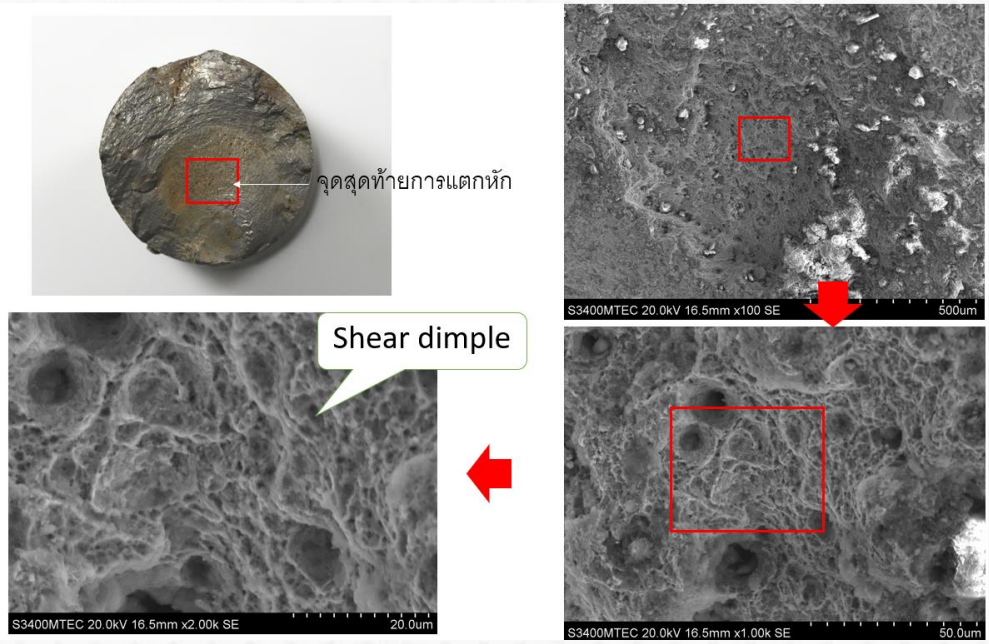
ภาพที่ 2 ภาพรอยแตกและแผนผังของการแตกหักจากความล้าได้จาก ASM Metals Handbook



ภาพที่ 3 ภาพขยายกำลังสูง (SEM) บริเวณผิวรอยแตกของเพลาขับ (a) รอยแตกที่กำลังขยาย 1x (b) รอยแตกที่กำลังขยาย 21x .2 mm μm) (c) รอยแตกที่กำลังขยาย 2.00kx .20 μm และ (d) รอยแตกที่กำลังขยาย 5.00kx .10 μm

3. วิเคราะห์ผิวหน้าแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

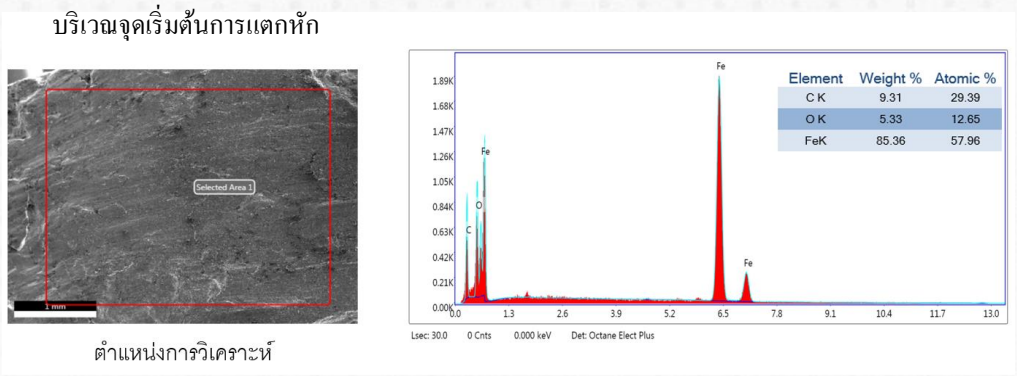
การตรวจสอบรอยแตกหักโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปแบบส่องกราด HITACHI รุ่น S-3400N Type II ถ่ายบริเวณผิวหน้าของรอยแตกเพลาขับในรูปที่ 3 มองเห็นจุดเริ่มต้นของรอยแตก ภาพที่ 4 เป็นจุดสุดท้ายของการแตก (Final overload zone) ในบริเวณแกนกลางของเพลาจะพบว่าประกอบด้วยหลุม “หลุม” (dimples) ที่มีลักษณะเป็นรูทรงกลมจำนวนมาก ภาพโครงสร้างนี้แสดงลักษณะความเสียหายจากการแตกหักเมื่อรับแรงดึงแนวเดียว หลุมแต่ละหลุมจะเป็นครึ่งหนึ่งของรูไมโครวอยด์ที่ถูกสร้างขึ้นและแยกออกจากกันในระหว่างกระบวนการแตกหัก หลุมเกิดขึ้นในบริเวณขอบชิ้นงานที่ถูกเฉือนทำมุม 45° ในรอยแตกชนิดนี้ด้วย รูปทรงนี้เป็นตัวบ่งบอกถึงการล้มเหลวแบบเฉือนซึ่งอยู่ในโหมดการแตกหักแบบเหนียว (ductile fracture)



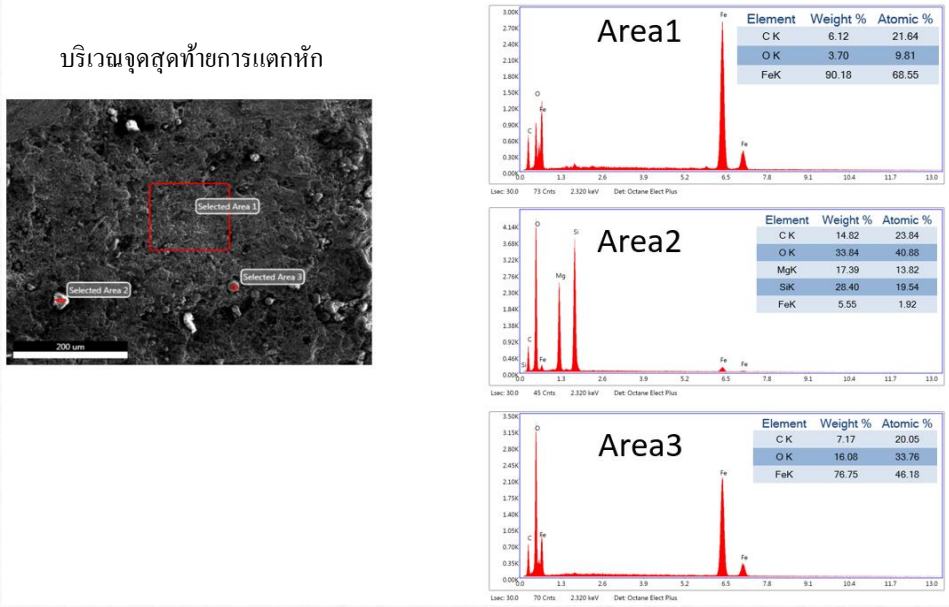
ภาพที่ 4 ภาพขยายกำลังสูง (SEM) ถ่ายบริเวณตรงกลางของเพลาขับมีลักษณะเป็นการแตกแบบหลุม (dimples) (a) รอยแตกที่กำลังขยาย 1x (b) รอยแตกที่กำลังขยาย 100x .500 μm) (c) รอยแตกที่กำลังขยาย 1.00kx .50 μm และ (d) รอยแตกที่กำลังขยาย 2.00kx .20 μm

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีธาตุบริเวรผิวหน้าจุดเริ่มต้นของรอยแตกหักด้วยเทคนิค EDS (Energy dispersive spectroscopy) เพื่อตรวจสอบหาสารฝังใน (Inclusion) พิจารณาที่บริเวณรอยแตกหักของเพลาขับโดยใช้กล้อง SEM ใน Arear 1 ดังแสดงในภาพที่ 5 แนวของการสแกนจะเห็นว่ามีองค์ประกอบของธาตุ เหล็ก (Fe) คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) เป็นธาตุประกอบโดยส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในวัสดุเหล็กกล้าผสมต่ำ JIS-S45C และไม่พบความปกติในส่วนประกอบของธาตุผสมของเพลาขับ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีธาตุบริเวรตรงกลางของเพลาขับซึ่งเป็นจุดสุดท้ายของรอยแตกหัก EDS (Energy dispersive spectroscopy) เพื่อตรวจสอบหาสารฝังใน (Inclusion) พิจารณาที่บริเวณรอยแตกหักของเพลาขับโดยใช้กล้อง SEM ใน Arear 1 2 และ 3 ดังแสดงในรูปที่ 6 แนวของการสแกนจะเห็นว่ามีองค์ประกอบของธาตุ เหล็ก (Fe) คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) แมงกานีส (Mg) และซัลเฟอร์ (S) เป็นธาตุประกอบโดยส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในวัสดุเหล็กกล้าผสมต่ำ AISI 1045 และไม่พบความปกติในส่วนประกอบของธาตุผสมในเพลาขับ



ภาพที่ 5 กราฟ EDS ถ่ายบริเวณบริเวรผิวของเพลาขับซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของรอยแตกหักใน Area 1

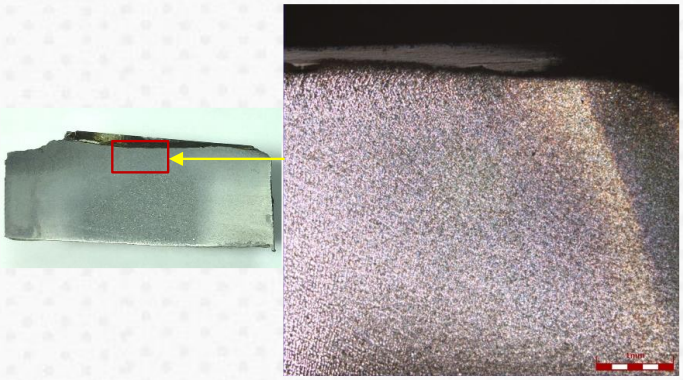


ภาพที่ 6 กราฟ EDS ถ่ายบริเวณบริเวรตรงกลางของเพลาขับซึ่งเป็นจุดสุดท้ายของรอยแตกหักใน Area 1 2 และ3

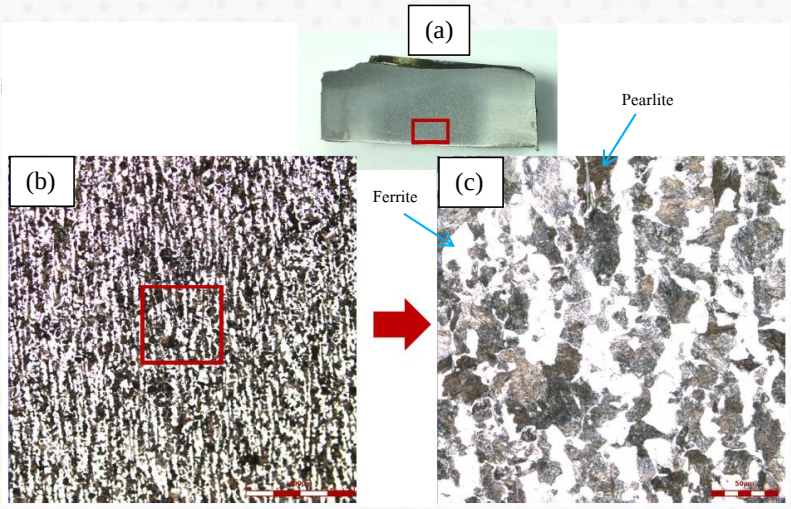
4. ตรวจสอบภาคตัดขวางและโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้าแตกหัก

การตรวจสอบภาคตัดขวางและโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวหน้าแตกหักของเพลาขับที่เสียหายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์รุ่น Olympus laser microscopes: OLS 4000 การเพิ่มความแข็งด้วยการเหนี่ยวนำ (ผิวของชิ้นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางนี้จะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วมากโดยการใช้เตาไฟฟ้าเหนี่ยวนำหรือเตาอินดักชั่น หลังจากนั้นจะชุบชิ้นงานให้เย็นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งได้ผิวรอบนอกเป็นชั้นมาร์เทนไซต์ ซึ่งจะนำไปเทมเปอร์ดังภาพที่ 7 ส่วนชั้นด้านในถัดไปจะเป็นเฟสเฟอร์ไรต์ผสมกับโครงสร้างเพิร์ลไลต์ดังภาพที่ 8

นอกจากนี้เมื่อวัดความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็งตามแนวภาคตัดขวางและนำมาหาความสัมพันธ์เทียบกับระยะทางจากผิวรอบนอกจะได้กราฟภาพที่ 10 ค่าความแข็งสูงสุดที่วัดได้อยู่ตรงตำแหน่งใกล้ผิวโดยมีค่าเท่ากับ 30 HRC และความแข็งมีค่าลดลงตามแนวรัศมีของชิ้นงานโดยพบค่าความแข็งต่ำสุดเท่ากับ 16 HRC ที่บริเวณใจกลางชิ้นงาน จากการสังเกตุโครงสร้างจุลภาคและผลจากค่าความแข็งสามารถบอกได้ว่าเพลาชิ้นนี้ ต้องได้รับการเพิ่มความแข็งด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (induction hardened)



ภาพที่ 7 โครงสร้างจุลภาคของเพลาขับบริเวรผิวมีส่วนประกอบของเทมเปอร์มาร์เทนไซต์ที่กำลังขยาย 1x



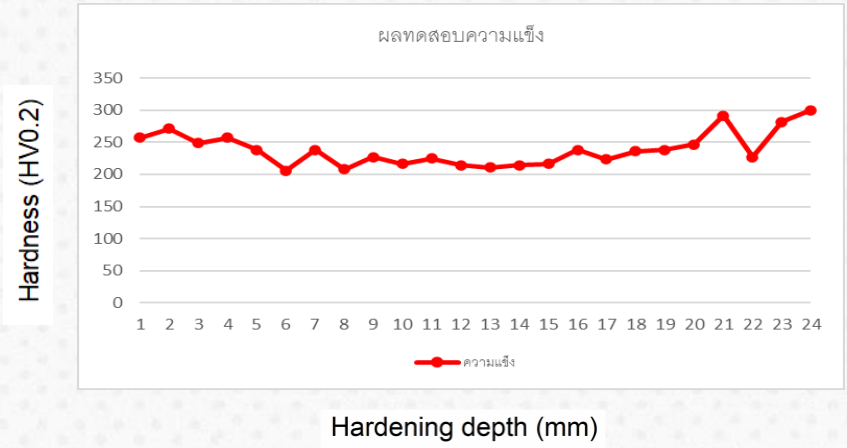
ภาพที่ 8 โครงสร้างจุลภาคบริเวรตรงกลางของเพลาขับ (a) ถ่ายภาพที่ตำแหน่งตรงกลางเพลา (b-c) ภาพโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 µm และ 100 µm ตามลำดับ ลักษณะโครงสร้างจุลภาคมีส่วนประกอบของเฟอร์ไรต์ผสมกับเพิร์ลไลต์

5. การตรวจสอบความแข็งของเพลาขับด้วยวิธีวิกเกอร์

การทดสอบความแข็งของเพลาขับด้วยการวัดความแข็งแบบวิกเกอร์ด้วยเครื่องวัดความแข็งของรุ่น Anton paar: MHT-10 การวัดความแข็งตามแนวภาคตัดขวาง เป็นการวัดความแข็งโดยใช้หัวกดเพชรรูปพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมที่มีมุม 136° เริ่มกดจากบริเวรผิวด้านนอกของเพลาผ่านตรงแกนกลางแล้วมุ่งแนวของการกดไปยังผิวอีกด้านหนึ่งของเพลาขับจุดมุ่งหมายคือต้องการทราบค่าความแข็งใกล้บริเวรรอยแตกหักทั้งหมด ในการตรวจสอบครั้งนี้จะมีการวัดค่าความแข็งของเพลาขับที่เสียหายจากจุดเริ่มต้นของการแตกหักดังภาพที่ 9 ผลของการวัดความแข็งที่ได้ออกมาดังรูปที่ 10 ค่าความแข็งที่ผิวในตำแหน่งแรกเท่ากับ 275 HV (26.5 HRC) และค่าความแข็งลดลงตามแนวรัศมีจนถึงค่าความแข็งต่ำสุดที่บริเวณใจกลางของเพลาเท่ากับ 214 HV (16 HRC) แล้วค่าความแข็งที่บริเวรที่ผิวจุดสุดท้ายมีค่าเท่ากับ 300 HV (30 HRC)



ภาพที่ 9 แนวการวัดค่าความแข็งของเพลาขับที่เสียหายจากจุดเริ่มต้นของการแตกหัก



ภาพที่ 10 ค่าความแข็งของเพลาที่เสียหายโดยวัดจากขอบผิวด้านนอกไปถึงแกนกลางของเพลาขับ

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความเสียหายของเพลาขับ โดยมีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี สมบัติทางกล และโครงสร้างจุลภาคของเพลาขับที่ทำมาจากเหล็กกล้าผสมต่ำ JIS-S45C/AISI 1045 ซึ่งผ่านกระบวนการผลิตและการชุบผิวแข็งที่เหมาะสม จากการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. รอยแตกจากความล้าได้เริ่มต้นเกิดขึ้นจากบริเวณที่อ่อนแรงทำให้เกิดความเค้นสูงจนทำให้เกิดการแตกร้าวและขยายบริเวณรอยแตกเข้าด้านในจนเกิดการแตกหักในขั้นสุดท้าย

2. บริเวณแกนกลางของเพลาขับที่เป็นจุดสุดท้ายของรอยแตกมีลักษณะเป็นแบบหลุม (dimples) รอยแตกชนิดนี้เป็นตัวบ่งบอกถึงการล้มเหลวแบบเฉือนซึ่งอยู่ในโหมดการแตกหักแบบเหนียว (ductile fracture)

3. การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวของเพลาขับรองมีส่วนประกอบของมาร์เทนไซต์ซึ่งผ่านการเทมเปอร์และในบริเวณแกนกลางของเพลาขับโครงสร้างจุลภาคมีส่วนประกอบเฟอร์ไรต์ผสมกับเพิร์ลไลต์

4. ค่าความแข็งสูงสุดที่วัดได้อยู่ตรงตำแหน่งใกล้ผิวโดยมีค่าเท่ากับ 30 HRC และความแข็งมีค่าลดลงตามแนวรัศมีของชิ้นงานโดยพบค่าความแข็งต่ำสุดเท่ากับ 16 HRC ที่บริเวณใจกลางของเพลาขับ จากการสังเกตุโครงสร้างจุลภาคและผลจากค่าความแข็งสามารถบอกได้ว่าเพลาชิ้นนี้ ต้องได้รับการเพิ่มความแข็งด้วยการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (induction hardened)

5. เอกสารอ้างอิง

[1] นอ.รศ.ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต. 2554. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1,2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท้อป.

[2] สุวันชัย พงษสุกิจวัฒน์ และคณะ. 2558. **วัสดุศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท้อป.

[3] เสกศักดิ์ อัสวะวิสิทธิ์ชัย. 2557. **การวิเคราะห์ความเสียหายทางโลหการ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] JIS G 4053. (2003). Japanese Industrial Standard. First English Edition. Japan.

[5] Li-Hui Zhao, Qing-Kun Xing, Jia-Yu Wanga, Shen-Long Li and Song-Lin Zheng. 2019. “Failure and root cause analysis of vehicle drive shaft.” **Engineering Failure Analysis**: 99. pp.225–234

[6] Yang Liu, Zhanghua Lian, Chengyu Xiab, Liqin Qianb and Shaohu Liub. 2019. “Fracture failure analysis and research on drive shaft of positive displacement motor.” **Engineering Failure Analysis**: 106 104145

[7] Sajjad Seifoori, Ahmad Mahdian Parrany and Mojtaba Khodayari. 2020. “A high-cycle fatigue failure analysis for the turbocharger shaft of BELAZ 75131 mining dump truck.” **Engineering Failure Analysis**: 116 104752

การวิเคราะห์ความเค้นของเพลาขับหน้าโดยใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

Stress analysis of a stress analysis of a front drive shaft using finite element method

ภาณุ ประสพชิงชนะ[1*] ธีรภัทร์ สงวนนาม[1] และ ปฏิภาณ ยิ่งยง[1]

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี

[*]Email: Panu.prasopchingchana@gmail.com

บทคัดย่อ

เพลาขับทำหน้าที่ส่งถ่ายกำลังจากเกียร์ไปยังล้อหน้าในระหว่างการใช้งานแรงบิดและความเค้นดัดเกิดจากเพลาขับเนื่องจากน้ำหนักของรถยนต์ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของความเสียหายในเพลาขับดั้งนั้นเพลาขับก็จะต้องมีความแข็งแรงและทนทานในระยะยาวต่อการใช้งานของรถยนต์คันนั้นเพลาทำมาจากเหล็กกล้าผสมที่ผ่านการชุบแข็ง JIS-S45C การทดลองได้แบ่งการออกเป็น 2 วิธีคือ การวิเคราะห์ความเค้นด้วยสมการของ Goodman และการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเม็นต์โดยใช้ค่าของแรงบิดเท่ากับ 392 N.m ผลของการวิเคราะห์สรุปได้ว่าค่าความเค้นสูงสุดที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐานของ Goodman เท่ากับ 3844 MPa และค่า Safety factor คือ 2.3 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากวิธีการไฟไนต์อิลิเม็นต์ และค่า Ultimate tensile strength ของวัสดุเท่ากับ 880 MPa จะเห็นได้ว่าค่าความเค้นที่จากการคำนวณมีค่ามากกว่า Ultimate tensile strength 4.3 เท่า ซึ่งส่งผลให้เกิดการแตกหักของเพลาขับในขั้นตอนสุดท้าย ทั้งนี้ผลของการศึกษาจะสามารถระบุกลไกความเสียหายซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้พร้อมเป็นข้อมูลสำหรับการหาวิธีป้องกันมิให้เกิดการชำรุดของเพลาต่อไป

คำสำคัญ: เพลาขับหน้า ความเค้น ไฟไนต์อิลิเม็นต์

Abstract

The front drive shaft transfers power from the gears to the front wheels. During operation, torque and bending stress are generated by the front drive shaft due to the weight of the vehicle, which is the main cause of damage in the front drive shaft. Therefore, the front drive shaft must be strong and durable for the long-term use of that car. The front drive shaft is made from JIS-S45C hardened low-alloyed steel. The experiments were divided into 2 methods: stress analysis using Goodman's equations and finite element analysis using a torque value of 392 N.m. The results of the analysis concluded that the maximum stress calculated by Goodman's standard was 3844 MPa and the safety factor was 2.3, which was close to the value obtained in the finite element method and the ultimate tensile strength of material is 880 MPa, it can be seen that the calculated stress is 4.3 times greater than the ultimate tensile strength which resulting in final front drive shaft fracture. The results of the study will be able to identify

the mechanism of the damage which is consistent with the assumption of this research and which as the information for a protection of any failure shaft.

Keywords: Front drive shaft, Stress, Finite element method.

1. บทนำ

กำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์สามารถส่งถ่ายไปยังล้อให้เคลื่อนที่ได้ด้วยระบบส่งกำลัง รถยนต์แต่ละคันมีระบบส่งกำลังที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแนวคิดในการออกแบบของระบบขับเคลื่อนรถยนต์ รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้าการส่งแรงบิดจากเครื่องยนต์ไปยังชุดเกียร์เพื่อขับเคลื่อนล้อให้เคลื่อนที่โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีเพลาขับอย่างน้อย 2 เพลาเป็นข้อกำหนดพื้นฐานในระหว่างการใช้งานแรงบิดและความเค้นดัดเกิดจากเพลาขับเนื่องจากน้ำหนักของรถยนต์หรือการไม่ตรงแนวของข้อต่อซึ่งเป็นสาเหตุหลักของความเสียหายในเพลาขับ

การทดลองนี้มุ่งศึกษาหาแรงบิดและความเค้นดัดที่เกิดขึ้นของเพลาขับในรถตู้ ที่ใช้งานงานมา 12 ปี ซึ่งรถได้ติดตั้งเครื่องยนต์ใหม่ที่มีกำลังขับที่เพิ่มมาก เพลาขับทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ที่ได้รับการออกแบบและผ่านกระบวนการผลิตการอบชุบผิวแข็งที่เหมาะสม วิธีการทดลองจะเน้นการวิเคราะห์แรงบิดและความเค้นทางทฤษฎีตามหลักเกณฑ์การออกแบบของ Goodman และวิธีทางไฟไนต์อิลิเม็นต์ ผลของการศึกษานี้จะเป็นส่วนหนึ่งในเครื่องมือที่สามารถระบุกลไกความเสียหายรวมทั้งการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในปรับปรุงการออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันเหตุความเสียหายของเพลาขับต่อไปได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาแรงบิดและความเค้นของเพลาขับโดยการคำนวณตามหลักเกณฑ์การออกแบบของ Goodman
2. เพื่อวิเคราะห์ความเค้นและทำนายพฤติกรรมของการเกิดความเค้นของเพลาขับด้วย

3. ประโยชน์การวิจัย

1. วิธีการวิเคราะห์ทางไฟไนต์อิลิเมนต์สามารถระบุตำแหน่งของความเค้นและรอยแตกของเพลาขับได้อย่างแม่นยำ ซึ่งสามารถใช้อ้างอิงในพฤติกรรมการเกิดขึ้นของรอยแตกได้
2. เป็นแนวทางในการป้องกันความเสียหายของเพลาขับและยังเป็นข้อมูลที่นำไปใช้ปรับปรุงการออกแบบสำหรับเพลาขับในอนาคตได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความเค้นสลับและความเค้นเฉลี่ยตามหลักเกณฑ์การออกแบบของกู๊ดแมน และการวิเคราะห์ความเค้นสลับและความเค้นเฉลี่ยของ Von Mises ด้วยโปรแกรม Ansys Workbench ของเพลาขับที่ทำมาจากเหล็กกล้าผสม JIS-S45C ซึ่งมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. การคำนวณหาความเค้นดัดและความเค้นสัมผัสตามมาตรฐานของ AGMA

หลักเกณฑ์การออกแบบของกู๊ดแมน (DE-Goodman)

สมการความเค้นสลับและความเค้นเฉลี่ยของ Von Mises

$$\sigma'_{\max} = \left[\left(\frac{32K_f M_a}{\pi d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16K_{fs}T_m}{\pi d^3}\right)^2\right]^{1/2}$$

แฟกเตอร์แก้ไขพิกัดความล้า

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

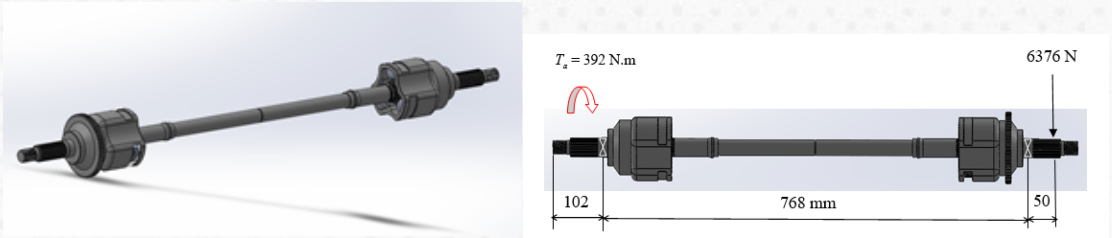
โดยที่ S_e = พิกัดการล้าของชิ้นงานจริง
S'_e = พิกัดการล้าของชิ้นงานทดสอบการหมุนดัดมาตรฐานของ Moore
k_a = แฟกเตอร์แก้ผิว
k_b = แฟกเตอร์แก้ขนาด
k_c = แฟกเตอร์แก้โหลด
k_d = แฟกเตอร์แก้อุณหภูมิขณะใช้งาน
k_e = แฟกเตอร์แก้ระดับความน่าเชื่อถือ
k_f = แฟกเตอร์แก้ค่าอิทธิพลอื่น ๆ ที่เหลือ

ค่า Safety factor

$$n_f = \frac{S_e}{\sigma'_{\max}}$$

โมเมนต์บิดสูงสุดรอบแกนเพลา Tm = 392 N.m
แรงจากน้ำหนักบรรทุกหาได้จาก 650 kg x 9.81 m/s2 = 6376 N
ความเค้นดัดสูงสุด Ma = 6376 N x 0.818 m = 5216 N.m
เส้นผ่านศูนย์กลางเพลา 30 mm

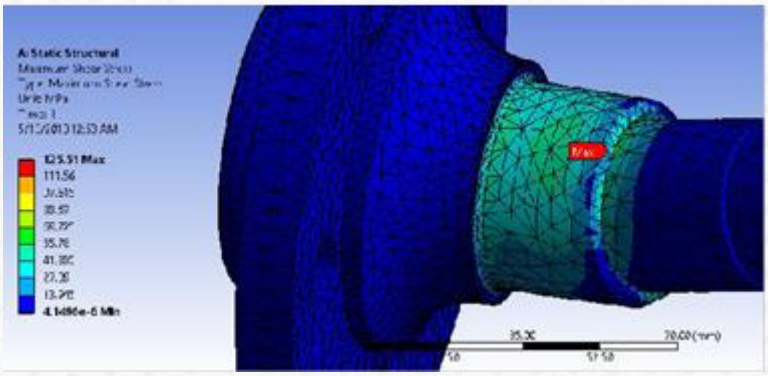
2. โปรแกรม SolidWorks เป็นโปรแกรมช่วยเขียนแบบที่เน้นการเขียนแบบใน 3 มิติ หรือ แบบ Parametric Solid Models คำว่า Solid Model หมายถึง แบบที่มีทรงตัน ซึ่งหมายถึง แบบใน 3 มิติ ที่มีเนื้อในซึ่งแตกต่างจากแบบ 3 มิติ ชนิด Wireframe ซึ่งสามารถใช้โปรแกรม CAD 2 มิติ บวกกับจิตนาการของคนเขียนแบบก็สามารถเขียนออกมาได้ Wireframe 3-D Model จึงเป็นแบบ 3 มิติที่ประกอบด้วยลายเส้น หรือ line มาต่อๆ กัน ส่วนคำว่า Parametric Solid Model หมายถึง แบบ 3 มิติที่ถูกสร้างขึ้นด้วยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการคำนวณภายในตัวโปรแกรม การเขียนแบบ 3 มิติ ลักษณะนี้จะมีความสะดวกกับผู้เขียนแบบมากกว่า ภาพ 3.2 เป็นภาพแบบของชิ้นส่วนของเพลาขับหน้า



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) แบบจำลอง 3 มิติ ของเพลาขับหน้า (ข) แบบจำลอง 2 มิติ ของเพลาขับหน้า

3. โปรแกรม ANSYS คือโปรแกรมวิเคราะห์ทางวิศวกรรมขั้นสูงที่มีความสามารถหลากหลายด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ด้านกลศาสตรของแข็ง (Solid Mechanic), การวิเคราะห์กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanic), การวิเคราะห์ทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) และการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetics) โดยใช้หลักการไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method) ในการคำนวณหาผลลัพธ์ของงานในแต่ละด้าน โปรแกรม Ansys สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้หลากหลายมากขึ้น ลักษณะการใช้งานจะเป็นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม ANSYS ในการวิเคราะห์ความเค้น

5. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความเค้นสลับและความเค้นเฉลี่ยตามหลักเกณฑ์การออกแบบของกู๊ดแมน และการวิเคราะห์ความเค้นสลับและความเค้นเฉลี่ยของ Von Mises ด้วยโปรแกรม Ansys Workbench ของเพลาขับที่ทำมาจากเหล็กกล้าผสม JIS-S45C ซึ่งมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ความเค้นดัดและความเค้นเฉลี่ยตามมาตรฐานของ DE-Goodman

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.83(2.14 - 1) = 1.946$$

$$K_{fs} = 1 + q_{shear}(K_{ts} - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + 0.82(3 - 1) = 2.66$$

เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา 20 mm แทนค่า Ma = 5216 N.m และ Tm = 392 N.m ในสมการ

$$\sigma'_{max} = \left[\left(\frac{32\times1.946\times5216}{\pi\times0.030^3}\right)^2 + 3\left(\frac{16\times2.66\times392}{\pi\times0.030^3}\right)^2\right]^{1/2}$$

$$\sigma'_{max} = 3.8439 \times 10^9 \text{ N/mm}^2 = 3844 \text{ MPa}$$

หาพิกัดการล้าของชิ้นงานจริงจากสมการ

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

แฟกเตอร์แก้ผิว k_a = 1

แฟกเตอร์แก้ขนาด k_b = $1.24d^{-0.107}$ = $1.24 \times 34.5^{-0.107}$ = 0.84

แฟกเตอร์แก้โหลด k_c = 0.59

แฟกเตอร์แก้อุณหภูมิขณะใช้งาน k_d = 1

แฟกเตอร์แก้ระดับความน่าเชื่อถือ $k_e = 1 - 0.08 z_a$

k_e = 1 - (0.08 x 2.326) = 0.82

แฟกเตอร์แก้ค่าอิทธิพลอื่น ๆ ที่เหลือ k_f = 0.5

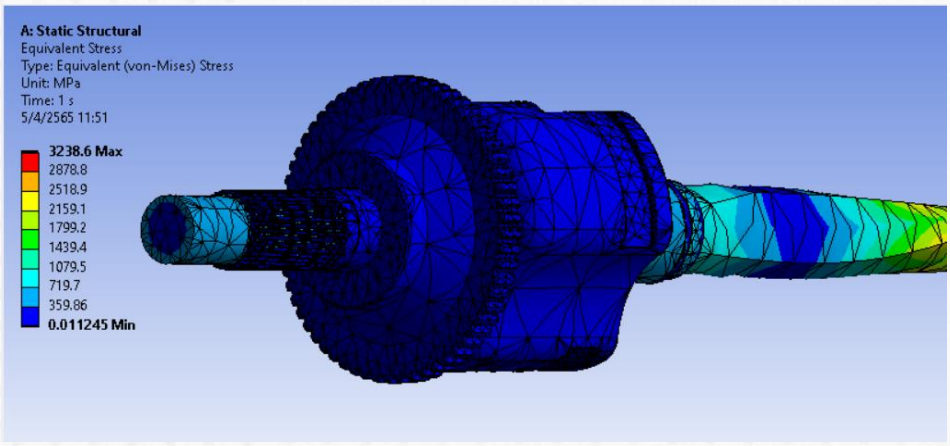
พิกัดการล้าของชิ้นงานทดสอบการหมุนดัด $S'_e = 0.5 S_{ut}$ = 0.5 x 880 = 440 MPa

S_e = 1 x 0.84 x 0.59 x 1 x 0.82 x 0.5 x 440 = 89.41 MPa

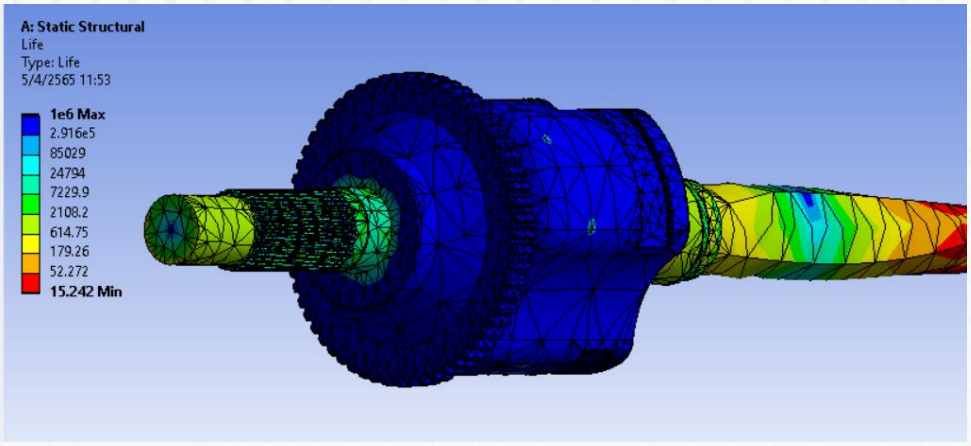
ค่า Safety factor $n_f = \frac{S_e}{\sigma'_a} = \frac{89.41}{38.44}$ = 2.32

2. การวิเคราะห์ความเค้นดัดและความเค้นสัมผัสด้วยโปรแกรม Ansys Workbench

การวิเคราะห์ความเค้นโดยวิธีไฟไนต์อิลิเม็นต์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความเค้นดัดและความเค้นสัมผัสที่ได้จากการคำนวณตามตามมาตรฐานของ Goodman ผลที่ได้ของการ Simulation ดังภาพที่ 3 เป็นค่า Equivalent stress (von-mises) ที่เกิดขึ้นในเพลาขับ ภาพที่ 4 เป็นค่าพิกัดความล้า Endurance Limit และภาพที่ 5 เป็นค่าความปลอดภัย Safety Factor ที่เกิดขึ้นในเพลาขับ

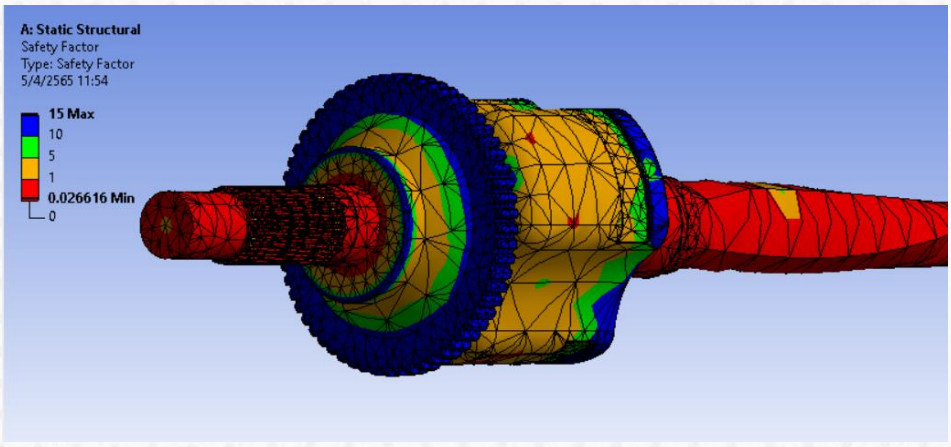


ภาพที่ 3 ค่าความเค้นของ Von mises ที่ได้จากการ simulation



ภาพที่ 4 ค่าพิกัดความล้า Endurance Limit ที่ได้จากการ simulation

เพลาขับได้รับการเขียนแบบจากขนาดจริงด้วยโปรแกรม Solid work 2016 และใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ ซึ่งใช้โปรแกรม Ansys Workbench ช่วยในการวิเคราะห์ด้วยการปรับแต่งเมชและพื้นผิวสัมผัสของเพลาขับ โดยใช้ค่าของแรงบิดเท่ากับ 392 N.m ตามสเป็กของรถยนต์รุ่นนี้ เมช (Mesh) ถูกสร้างขึ้นด้วยอิลิเมนต์แบบสี่หน้า แบบจำลองการทำงานของเมชที่สร้างขึ้นมีอิลิเมนต์ทั้งหมด 60063 โหนดทั้งหมด 87575 และความอิสระของการเคลื่อนที่ (Degrees of Freedom : DOF = 262032) ถูกเลือกสำหรับการควบคุมเมช แต่ละโหนดมี DOF เคลื่อนที่ไปตามทิศทางของแกน x, y และ z เท่านั้น โดยนำการวิเคราะห์ไปใช้กับเพลาขับที่ต้องรับแรงบิด หลังจากนั้นจะได้รับการกระจายความเค้นเป็นตัวเลขแล้วนำเข้าในโปรแกรม Ansys Workbench ดังในภาพที่ 3 แสดงให้เห็นการกระจายของความเค้นในเพลาขับตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุดของการรับแรงบิด 392 N.m และภาพที่ 4 เป็นค่าขีดจำกัดความทนทาน (Endurance limit) มีค่าเท่ากับ 2.916 x 105 รอบ และ รูปที่ 2.3 เป็นค่าความปลอดภัย = 3 จะเห็นว่าผลลัพธ์ของวิธีการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับผลของวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์



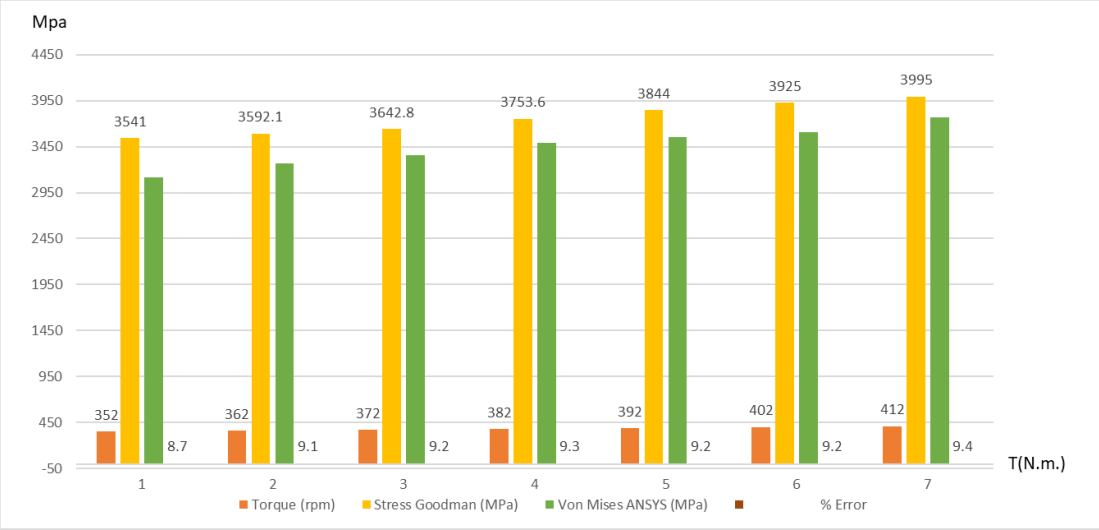
ภาพที่ 5 ค่าความปลอดภัย Safety Factor ที่ได้จากการ simulation

ความเค้นสูงสุดที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐานของ Goodman มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการ Simulation ของโปรแกรม Ansys Workbench ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4 ผลของความเค้นสูงสุดที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐาน Goodman เท่ากับ 3844 MPa และค่า Safety factor คือ 2.3 และค่า Ultimate tensile strength ของวัสดุ

เท่ากับ 880 MPa (ตารางที่ 2.8) จะเห็นได้ว่าค่าความเค้นที่จากการคำนวณมีค่ามากกว่า Ultimate tensile strength 4.3 เท่า ซึ่งส่งผลให้เกิดการแตกหักของเพลาขับในขั้นตอนสุดท้าย สรุปคือถ้าความเค้นมีค่ามากกว่าค่า Ultimate tensile strength ที่วัสดุจะรองรับได้ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เพลาขับเกิดการแตกหักได้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความเค้นจากการคำนวณตามมาตรฐานของ Goodman กับ Ansys

No.	Torque (rpm)	*Stress Goodman (MPa)*	Von Mises ANSYS (MPa)	% Error
1	352	3541	3111.1	8.7
2	362	3592.1	3271.1	9.1
3	372	3642.8	3361	9.2
4	382	3753.6	3491	9.3
5	392	3844	3551	9.2
6	402	3925	3611	9.2
7	412	3995	3770.3	9.4
			Mean Error	9.1



ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าความเค้นจากการคำนวณ

ตารางและกราฟแสดงค่าระหว่างช่วง Torque ระหว่างแรงบิด 352-412 N.m เพื่อเปรียบเทียบความเค้นจากการคำนวณตามมาตรฐานของ Goodman กับ Ansys และค่าความคลาดเคลื่อน ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ได้ = 9.1%

6. อภิปรายผล

เพลาขับได้รับการเขียนแบบจากขนาดจริงด้วยโปรแกรม Solid work 2016 และจำลองโดย Ansys Workbench ด้วยการปรับแต่งเมชและพื้นผิวสัมผัสของเพลาขับ โดยใช้ค่าของแรงบิดเท่ากับ 392 N.m ผลของความเค้นสูงสุดที่ได้จากการ

คำนวณตามมาตรฐาน Goodman เท่ากับ 3844 MPa และค่า Safety factor คือ 2.3 ส่วนผลของวิธีไฟไนต์อิลิเม็นต์ได้ค่าขีดจำกัดความทนทาน (Endurance limit) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.916 x 105 รอบ ค่าความปลอดภัย = 3 จะเห็นว่าผลลัพธ์ของวิธีการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการ Simulation ของโปรแกรม Ansys Workbench และค่า Ultimate tensile strength ของวัสดุมีค่าเท่ากับ 880 MPa (ตารางที่ 2.8) จะเห็นได้ว่าค่าความเค้นที่จากการคำนวณมีค่ามากกว่า Ultimate tensile strength 4.3 เท่า ซึ่งส่งผลให้เกิดการแตกหักของเพลาขับในขั้นตอนสุดท้าย สรุปคือถ้าความเค้นมีค่ามากกว่าค่า Ultimate tensile strength ที่วัสดุจะรองรับได้ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เพลาขับเกิดการแตกหักได้

เปรียบเทียบการคำนวณจากสมการ Goodman และ จากการ simulation โดยโปรแกรม Ansys Workbenchหาค่าความเค้นจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอยู่ของการคำนวณด้วยสมการกับการ simulation ซึ่งเกิดจากวิธีของการ simulation โดยโปรแกรม Ansys Workbench ที่ใช้นั้นไม่ได้เป็นลิขสิทธิ์แท้จึงไม่มีการเลือกวัสดุที่ใช้เพื่อการกำหนดในการ simulation ได้ จึงทำให้ค่าของการ simulation นั้นมีค่าน้อยกว่าการคำนวณจากสมการจะเห็นได้ว่าคำนวณจากสมการเท่ากับ 3844 MPa และ การ simulation โดยโปรแกรม Ansys Workbench นั้นมีค่า 3551 MPa คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะมีความแตกต่างกัน 9.2 %

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ระบบส่งกำลังรถยนต์ (Powertrain System) [ออนไลน์]เข้าถึงจาก http://www.tatc.ac.th/files/09021213134814_16012114141815.pdf

[2] เพลาขับล้อหน้า (Front Drive Shaft) [ออนไลน์]เข้าถึงจากhttp://www.tatc.ac.th/files/09021213134814_16012510105844.pdf

[3] การบิดในเพลา [ออนไลน์]เข้าถึงจาก http://eng.sut.ac.th/me/2014/laboratory/document/Torsion_Test.pdf

[4] ทฤษฎีความเสียหาย นอ.รศ.ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต. 2554. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ท้อป หน้าที่ 247

[5] ทฤษฎีของเพลา นอ.รศ.ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต. 2554. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ท้อป หน้าที่ 435

[6] การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element analysis) ปราโมทย์ เดชะอำไพ. 2555. ไฟไนต์เอลิเม็นต์ในงานวิศวกรรม. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แห่งชาติจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[7] F Mujahidin and Andoko. 2019. “Stress Analysis of Rear Axle Pick-up with Finite Element Method.” International Conference on Mechanical Engineering Research and Application. 494: 012028

[8] Sajjad Seifoori, Ahmad Mahdian Parrany and Mojtaba Khodayari bending fatigue and fracture behaviors in EN-GJS700-2 ductile cast iron of crankshafts.” Engineering Failure Analysis. vol. 85 : 189-200.

[9] Li-Hui Zhao, Qing-Kun Xing, Jia-Yu Wang, Shen-Long Li and Song-Lin Zheng, fatigue failure analysis for the turbocharger shaft of BELAZ 75131 mining dump truck.” Engineering Failure Analysis. 116: 104752

[10] P Maurya, N Mulani, C Michael and D Jebaseelan. 2021. “Failure Analysis of Drive Axle, Shaft failed under Torsional Stress.” IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. vol. 1128

การเพิ่มผลผลิต อัตราส่วนคนต่อเครื่องจักร ได แอทแทค

Productivity Improvement Man to Machine Ratio Die Attach

วิธิสรรค์ เหลืองวิลัย[1*] และ วรพงษ์ สว่างศรี[1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทยาเขตบางเขน)

[*]Email: Withisanlu@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องนี้ เป็นการศึกษาการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของพนักงานที่รันเครื่อง ได แอทแทค เนื่องจากบริษัทฯ มีนโยบายในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงมากขึ้น และลดจำนวนพนักงานในการรันเครื่องจักร ขณะที่ไลน์ได แอทแทค นับเป็นคอขวดของไลน์ผลิต ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการนำเครื่องจักรมาเพิ่มศักยภาพของการผลิต โดยที่ไม่มีการจ้างงานเพิ่ม หลังจากนั้นได้ออกแบบงานวิจัย โดยการนำข้อมูลการทำงานของพนักงานที่รันเครื่องอัตรา 1 : 2 มาศึกษาและทำการออกแบบการทำงานใหม่ โดยการตัดกระบวนการทำงานออกและนำกระบวนการทำงานที่ตัดออกไป นำมาจัดตั้งกระบวนการใหม่ ผ่านการจัดคนออกไปทำหน้าที่นั้น หลังจากนั้นให้พนักงานลองรันเครื่องอัตรา 1 : 3 แล้วทำการจับกระบวนการทำงาน และบันทึกผล โดยจะมีการบันทึกจำนวนงานที่ออกมาและคุณภาพของงานว่าด้อยกว่าอัตรา 1 : 2 หรือไม่ ก่อนที่จะนำผลมาประยุกต์ใช้กับไลน์ผลิตต่อไป

คำสำคัญ: ได แอทแทค, เพิ่มประสิทธิภาพ, การออกแบบการทำงาน

Abstract

The objective of this study is to increase the efficiency of staff running Die Attach machines due to the company policy to increase production efficiency of the Die Attach line to fix the bottleneck problem so the company decided to add more machines in the production line with the condition no more hiring controlling machine staff. So I decided to study from the based that 1 of staff control 2 machines and then I cut the process of work and design new process to substitute the old one after that I will try this new process with the 1 staff control 3 machines and record the amount of output and the quality of them before apply it in the production line.

Keywords: Die Attach, increase the efficiency, design new process

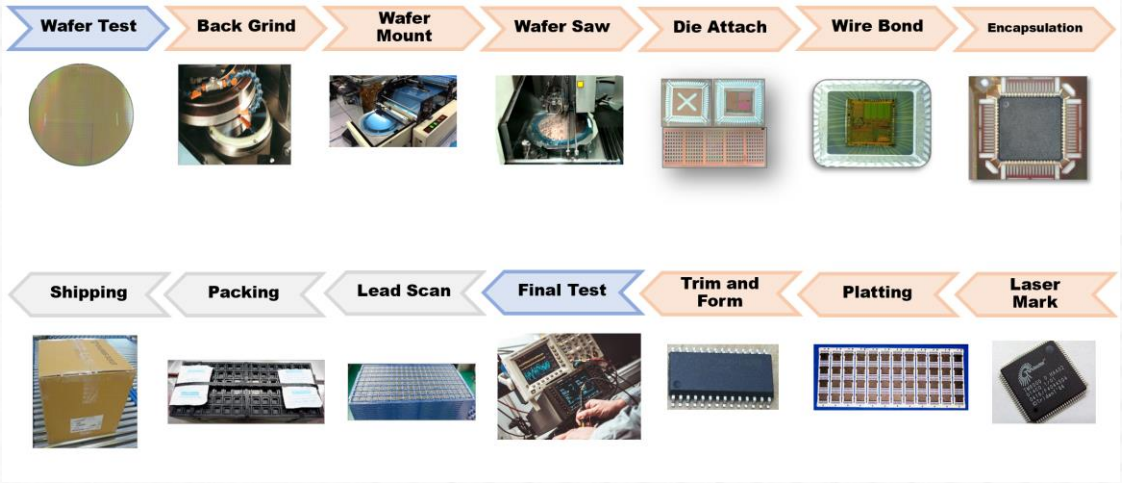
1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก ทำให้มีการพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ยิ่งขึ้น เช่น โทรศัพท์มือถือ, รถยนต์ไฟฟ้า, การบริการทางการแพทย์ผ่านอินเทอร์เน็ต, การทำงานทางไกลอย่างโปรแกรมประชุมออนไลน์ เป็นต้น เทคโนโลยีจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ

ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกจากนี้ เทคโนโลยียังเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ทำให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถผลิตสินค้าได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาที่จักด ต้นทุนที่ต่ำ และเป็นสินค้าที่มีประสิทธิภาพสูง

ดังนั้น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จึงมีความสำคัญอย่างมากในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ทั้งในด้านของประโยชน์การใช้งานที่หลากหลาย และความสามารถในการส่งต่อข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ตลอดจนเป็นฐานการพัฒนาของอุตสาหกรรมอื่น ๆ นอกจากนี้ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถพัฒนาสินค้าที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ในด้านการใช้สินค้าพลังงานต่ำ พกพาสะดวก และน้ำหนักเบา รวมถึงมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้น โดยผ่านการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถควบคุมกระบวนการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อสอดรับกับภาวะการขาดแคลนพลังงานที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

สำหรับประเทศไทย พบว่า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีส่วนสำคัญในด้านการผลักดันการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ทางด้านวงจรรวม (Integrated Circuits: IC) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกในลำดับต้น ๆ ของประเทศไทย และมีแนวโน้มในการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศคู่แข่งที่สำคัญ เช่น จีน เกาหลีใต้ ไต้หวัน เป็นต้น โดยลักษณะทั่วไปของกระบวนการผลิตวงจรรวมสำหรับโรงงานในประเทศไทยส่วนใหญ่ทำหน้าที่ประกอบชิ้นส่วนและทดสอบผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 1 และตารางที่ 1 อธิบายถึงหน้าที่หลักของแต่ละกระบวนการของบริษัทผลิตวงจรรวม (IC)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตภัณฑ์วงจรรวมของบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 1 หน้าที่ของแต่กระบวนการผลิตภัณฑ์วงจรรวมของบริษัทกรณีศึกษา

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	หน้าที่
กระบวนการทดสอบบนแผ่นเวเฟอร์	Wafer Test	กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวงจรรวมแต่ละตัวบนแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) เพื่อแยกงานดีและงานเสีย
กระบวนการประกอบ	Back Grind	กระบวนการขัดแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) ให้มีความหนาตามที่ลูกค้ากำหนดไว้

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	หน้าที่
	Wafer Mount	กระบวนการยึดติดแผ่นพลาสติกเหนียว โดยใช้พลาสติกติดที่ด้านหน้าของแผ่นเวเฟอร์
	Wafer Saw	กระบวนการตัดแบ่งแผ่นแผ่นเวเฟอร์ เพื่อแยกงานออกมาเป็นตัว ๆ
	Die Attach	กระบวนการยึดติดตั้งงานลงบนแผ่นโลหะนำไฟฟ้า (Lead Frame) โดยใช้กาว (Epoxy) เป็นตัวยึดติด
กระบวนการประกอบ	Wire Bond	กระบวนการเชื่อมต่อขาวงจรจากตัวงาน ไปยังขางานบนแผ่นโลหะนำไฟฟ้า (Lead Frame) ด้วยลวดทองหรือทองแดง
	Encapsulation	กระบวนการปิดแผงวงจรไฟฟ้ารวม ด้วยพลาสติก (Compound) โดยการฉีดพลาสติกเข้าไปคลุมแผงวงจรไฟฟ้า
	Laser Mark	กระบวนการทำสัญลักษณ์ลงบนตัวงานด้วยแสงเลเซอร์ (Laser) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของงาน เช่น วัน / เดือน / ปี ที่ผลิต และรหัสของการนำไปใช้งานต่าง ๆ
	Plating	กระบวนการเคลือบดีบุกบนขางาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสนิมเมื่อสัมผัสกับความชื้นที่เกิดขึ้น
	Trim and Form	กระบวนการตัด พับ ขึ้นรูปของขางาน ตามที่ระบุไว้ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ
กระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์	Final Test	กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า และคุณสมบัติการทำงานต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ตามข้อกำหนดของลูกค้า
กระบวนการบรรจุภัณฑ์	Lead Scan	การตรวจสอบขางานและสัญลักษณ์บนตัวงานเพื่อหาข้อบกพร่อง
	Packing	กระบวนการบรรจุชิ้นงานลงในบรรจุภัณฑ์ตามจำนวนที่ลูกค้ากำหนด
	Shipping	การจัดเก็บสินค้า และบรรจุสินค้าตามใบสั่งซื้อ (Order) เพื่อจัดส่งให้กับลูกค้าทั่วโลกโดยทางเครื่องบิน

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ศึกษาเกี่ยวกับวิธีปรับปรุงการผลิตเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบผลิตของโรงงาน เพื่อทำการวางแผนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ โดยที่จะศึกษาอยู่ที่ไลน์ ไดแอทแทค ซึ่งมีการนำเครื่องจักเข้ามาเพิ่มแต่ไม่มีการเพิ่มจำนวนของพนักงานจึงต้องการที่จะเพิ่มจำนวนคนรันเครื่องต่อเครื่องจักรจาก 1 : 2 เป็น 1 : 3

2.1 เงื่อนไขในการศึกษา คือ เครื่องจักร Die Attach

2.2 สมมุติฐานในการศึกษา คือ ต้องนำกระบวนการทำงานของพนักงานรันเครื่องมาตรวจสอบโดยละเอียดว่ามีกระบวนการใดบ้างที่ทำให้เสียเวลา และจะนำกระบวนการไหนมาปรับปรุงได้บ้าง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 6 คน เพื่อนำมาศึกษาและเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน โดยลงวิธีการทำงานใน Touch Time Analysis work sheet โดยที่

Definition :

1. VA : Time that directly adds value to the product (e.g.fixing machine stoppage,etc)
2. Inc : Time spent on non-value add but required activities (Reporting ,Loading ,Unloading ,etc)
3. NVA : Time spent on non-value add activities.
4. Idle : Idle activities

m/c util(from RTMS)	79%	83%	84%	86%	74%	70%	76%
	Average	Operator 1	Operator 2	Operator 3	Operator 4	Operator 5	Operator 6
VA	8%	6%	8%	6%	8%	12%	8%
Inc	63%	76%	70%	65%	45%	59%	64%
NVA	10%	6%	9%	15%	9%	13%	9%
Idle	15%	12%	13%	14%	13%	17%	20%
TT	71%	82%	78%	71%	52%	70%	71%
Inc breakdown (Percentage of inc time)							
Load/ unload	11%	5%	12%	11%	7%	11%	17%
Paperwork/ recording	43%	52%	52%	27%	53%	39%	33%
Inspection	36%	35%	31%	32%	31%	43%	44%
Assist machine	2%	3%	0%	7%	3%	0%	0%
Other inc	9%	5%	5%	24%	7%	8%	6%
TT	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

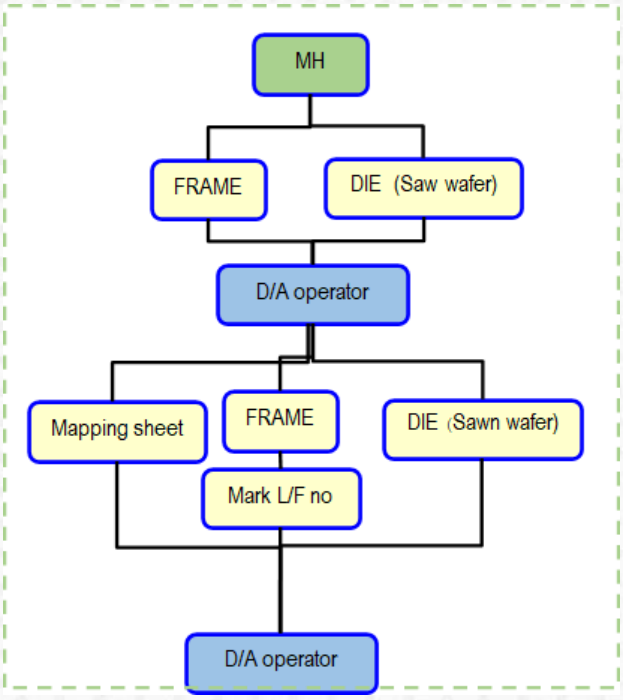
เราจะพบว่า % ของ INC (Time spent on non-value add but required) มีเปอร์เซ็นต์ที่มากจากนั้นเรานำ INC มาศึกษาเพิ่มเติมพบว่า เราสามารถแก้ไข Other Inc ซึ่งมีอยู่ถึง 9% ได้โดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพ คือ

1. Check and prepare frame
2. Print paper map viewing
3. Write “R” and reject qty on metal sheet of magazine cover

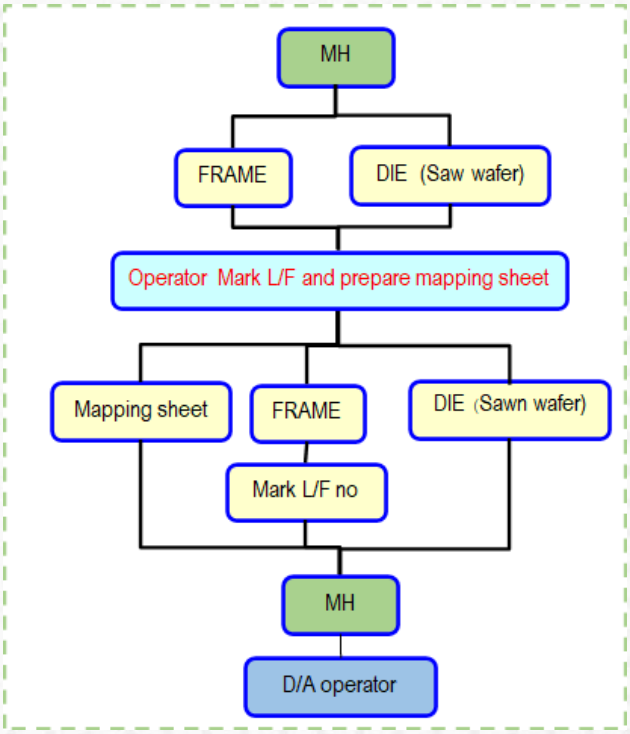
จากนั้นเราทำการปรับปรุงวิธีการทำงานโดย การนำการทำงานรูปแบบเก่ามาทำการเปลี่ยนแปลง

<u>รูปแบบเก่าในการทำงาน</u>

การเปลี่ยนแปลงมีการลดการทำงาน ของ D/A Operator โดยลดขั้นตอน เตรียม Mapping sheet ,Frame โดยนำขั้นตอนพวกนี้ไป เพิ่มให้กับพนักงานที่เราจ้างมาใหม่สองคน เพื่อทำการเตรียม Mapping sheet และ Frame โดยเฉพาะ



ภายหลังการปรับปรุง



หลังจากที่เราปรับปรุงกระบวนการทำงานเรามีการเก็บข้อมูลและเพิ่มจำนวนพนักงานที่รันเครื่อง จาก 1 : 2 เป็น 1 : 3 เริ่มต้น WW.05 Feb'22 โดยที่เราใช้ พนักงาน 2 คน ในการการไปทำกระบวนการ เตรียม frame mapping sheet

MAN AND MACHINE POWER BY WW.

Month	JAN'22								FEB'22								MAR'22									
WW.	WW.01		WW.02		WW.03		WW.04		WW.05		WW.06		WW.07		WW.08		WW.09		WW.10		WW.11		WW.12		WW.13	
Total machine	124		124		124		124		124		127		133		133		135		134		135		135		135	
Ratio	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3
No . of allocate machine	0	0	0	0	0	0	0	0	88	36	70	57	76	57	16	117	0	135	0	135	0	135	0	135	0	135
Shift X/R	62	0	62	0	62	0	62	0	44	12	35	19	38	19	8	39	9	39	9	39	9	39	6	41	6	41
Shift Z/T	62	0	62	0	62	0	62	0	44	12	35	19	38	19	8	39	9	39	9	39	9	39	6	41	6	41
Summary	124	0	124	0	124	0	124	0	88	24	70	38	76	38	16	78	18	78	18	78	18	78	12	82	12	82
Total no. of operator	124		124		124		124		112		108		114		94		96		96		96		94		94	
Total no. of operator per shift	62		62		62		62		56		54		57		47		48		48		48		47		47	

Remark : Implement Ratio 3:1

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

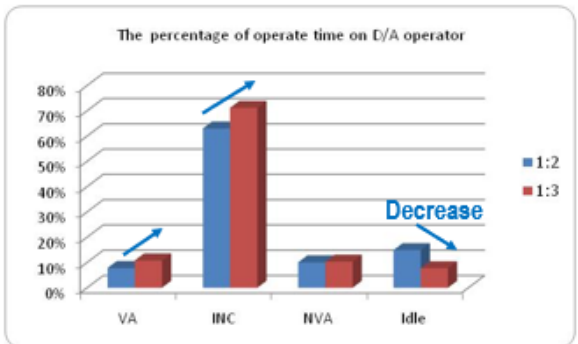
ผลการทดลองหลังจากเพิ่มจำนวนพนักงานรันเครื่อง และบันทึกผลลง Touch Time Analysis work sheet และนำมาเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง

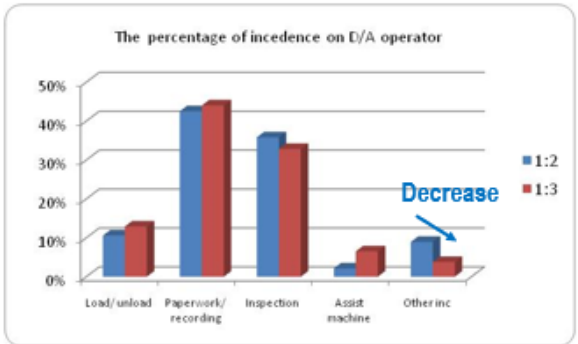
Touch Time Analysis work sheet 1:3

m/c util (from RTMS)	71%	84%	70%	59%	67%	76%	71%
	Average	Operator 1	Operator 2	Operator 3	Operator 4	Operator 5	Operator 6
VA	12%	16%	7%	10%	5%	13%	20%
Inc	69%	66%	66%	69%	70%	74%	68%
NVA	11%	15%	18%	12%	8%	7%	7%
Idle	8%	2%	10%	9%	17%	6%	6%
TT	81%	83%	72%	78%	75%	87%	88%

m/c util (from RTMS)	71%	84%	70%	59%	67%	76%	71%
	Average	Operator 1	Operator 2	Operator 3	Operator 4	Operator 5	Operator 6
VA	12%	16%	7%	10%	5%	13%	20%
Inc	69%	66%	66%	69%	70%	74%	68%
NVA	11%	15%	18%	12%	8%	7%	7%
Idle	8%	2%	10%	9%	17%	6%	6%
TT	81%	83%	72%	78%	75%	87%	88%

ตารางเปรียบเทียบ ระหว่าง พนักงานรันเครื่อง 1 : 2 กับ 1 : 3





Man :Machine ratio	VA	INC	NVA	Idle
1:2	8%	63%	10%	15%
1:3	11%	71%	10%	8%

Man :Machine ratio	Load/ unload	Paperwork/ recording	Inspection	Assist machine	Other INC
1:2	11%	43%	36%	2%	9%
1:3	13%	44%	33%	7%	4%

โดยเราจะได้ พนักงานเพิ่มขึ้นมา 15 คนถ้าจำนวนเครื่องเท่าเดิม และแบ่งพนักงาน 2 คนไปจัดการทำเตรียม frame mapping sheet ที่เป็น Process เพิ่มขึ้นมาก่อนที่จะนำงานเข้าเครื่อง

4. บทสรุป

การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานของพนักงานกับเครื่องจักรจาก 1 : 2 เป็น 1 : 3 ทำให้ผู้ทดลองได้พนักงานที่รันเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น ไม่มีผลกระทบด้านของคุณภาพและลดต้นทุนแรงงานลงด้วย โดยการนำเอาวิธีเปรียบเทียบการทำงานและจัดรูปแบบการทำงานใหม่ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ สำเร็จลงได้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ดร.วรพงษ์ สว่างศรี ที่เป็นผู้มอบโอกาศและคำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนช่วยชี้แนะรวมถึงคำแนะนำในการทำงานและอบรมให้ความรู้ให้คำปรึกษาแนวทางการวิจัยตลอดถึงแนวทางการเขียนรายงานฉบับนี้จนสำเร็จลงด้วยดี รวมถึงขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ได้อบรมสั่งสอน และให้กำลังใจตลอดจนสนับสนุนในการศึกษาและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอบพระคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและความร่วมมือเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยเล่มนี้จะสามารถเป็นประโยชน์ต่อสถาบัน ประเทศและบุคคลผู้ที่สนใจไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง หากมีขอผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Maria Sultana Keya and Alex Han. A Performance Analysis of Depression Ratio using Machine Learning Approaches. Second International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS). 23-25 February 2022. DOI: 10.1109/ICAIS53314.2022.9742757

[2] Hoay Hoon Ong. Establishing man-machine ratio using simulation. Winter Simulation Conference. 09-12 December 2007. DOI: 10.1109/WSC.2007.4419787

การลดความปลาป่นเพื่อผลิตอาหารสัตว์สำหรับเครื่องบดเศษปลาแบบใบตีหมุน

A study of dehumidification of fishmeal animal feed for hammer mill grinder machines

คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง[1*] นิรุต อ่อนสลุง[1] สมพร หงษ์กง[1] สุริยา โชคเพิ่มพูน[1] พงศธร ทุมพันธ์[1]
และ ภัทราวดี วงษาเวียง[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (วิทยาเขตสกลนคร)
[*]Email: kunanon.sa@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการลดความชื้นของปลาที่บดโดยใช้การอบแห้งมาประยุกต์ใช้ในเครื่องบดปลาเพื่อลดความชื้นของปลาป่นที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 32 % w.b.โดยทำการแบ่งน้ำหนักของปลาป่นสำหรับผลิตอาหารสัตว์เป็น 3 น้ำหนักคือ 0.5 1 และ 1.5 kg และจะใช้ลมร้อนที่ความเร็วลม 1 2 3 และ 3.5 m/s ที่อุณหภูมิภายในห้องอบที่ 50 °C จากการศึกษาพบว่าที่น้ำหนัก 1 kg ความชื้นของปลาป่นจะลดลงเหลือ 14 % w.b. ที่ความเร็วลม 2 2.5 3 และ 3.5 m/s น้ำหนัก 0.5 kg จะใช้เวลาที่ 80 75 70 และ 50 นาที ตามลำดับ ส่วนที่น้ำหนัก 1 kg จะใช้เวลาที่ 130 120 90 และ 80 นาที ตามลำดับ และที่น้ำหนักปลา 1.5 kg จะใช้ เวลาที่ 180 170 150 และ 130 นาที ตามลำดับส่วนในของสีของปลาป่นนั้นพบว่าจากการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลมร้อนนั้นสีของปลาป่นที่ผ่านการอบแห้งในทุกความเร็วลมร้อนจะมีความใกล้เคียงกันทั้งนี้มีความเหมาะแก้การนำไปใช้เป็นอาหาสัตว์ในทุกกรณีความเร็วลมร้อน

คำสำคัญ: เครื่องบดเศษปลาชนิดใบตีหมุน การอบแห้ง ความชื้นมาตฐานเปียก

Abstract

This research was to study the dehumidification of fish meal which was ground by drying applied in a fish grinder to reduce the moisture content of fish meal with an initial moisture content of 32 % w.b. By dividing the weight of fish meal for animal feed production into 3 weights, 0.5, 1 and 1.5 kg, and will use hot air at wind speeds of 1 2 3 and 3.5 m/s at an incubator temperature of 50 °C. The study found that at 1 kg weight, the moisture content of fish meal was reduced to 14% w.b. at wind speeds of 2, 2.5, 3 and 3.5 m/s, with a weight of 0.5 kg, it took 80, 75, 70 and 50 minutes, respectively. At the 1 kg weight, it took 130, 120, 90 and 80 minutes, respectively, and at the 1.5 kg, it took180, 170, 150 and 130 minutes, respectively. As for the color of the fishmeal, it was found that from drying by using a hot air dryer, the color of the fish meal dried at all hot air speeds was similar and suitable for use. Used as fodder in all cases, hot air velocity.

Keywords: Hammer mill Grinder Machines, Drying, Moisture content

1. บทนำ

การเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างรวดเร็ว ทำให้ภาคอุตสาหกรรมเกิดการ ขยายตัวภาคเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ดังนั้นจึงต้องพัฒนาควบคู่กันไปด้วยการพัฒนาอาหารทางปศุสัตว์เพื่อทดแทนการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ อาหารสัตว์ที่สามารถผลิตได้เองจากเกษตรกรจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีส่วนช่วยพัฒนาการปศุสัตว์โดยการพัฒนาให้สามารถแข่งขันกับตลาดในต่างประเทศได้คือ การลดต้นทุนการผลิต ซึ่งอาหารสัตว์เป็นต้นทุนที่สูงถึงร้อยละ 60-70 ของต้นทุนทั้งหมด ส่งผลถึงอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ที่จะต้องพัฒนาทางด้านการผลิตให้มีคุณภาพได้มา ตรฐาน [1] ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญสำหรับสัตว์เช่น กุ้ง สุกร โค กระบือ เป็นต้น โดยคุณสมบัติของปลาป่นคือให้โปรตีนสูงและมีคุณภาพดี ทำมาจากปลาเป็ด เศษปลาเล็กปลาน้อย [2] โดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอาหารสัตว์น้ำจะมีปลาป่นเป็นองค์ประกอบประมาณ ร้อยละ 7 – 10 [3] ซึ่งอาหารสัตว์ที่นำมาผลิตนั้นส่วนใหญ่แล้วมักจะประกอบไปด้วยปลาต่างๆ ที่ชาวประมงลากอวนติดมานำมาบดป่นและสกัดน้ำมันออกแล้วทำให้แห้งอาจมีทั้งเปลือกปู, กุ้ง, กั้งและหอยปนมาด้วย ซึ่งข้อดีของปล่าป่นคือคุณประโยชน์ของตัวปลาป่นที่จะสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมอาหารสัตว์นั้นมีเฉลี่ยแล้วปลาป่นจะมีโปรตีนอย่างน้อยร้อยละไม่เกิน 52 เปอร์เซ็นต์ ไขมันสูงสุดร้อยละ 12 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุประมาณร้อยละ 20–24 เปอร์เซ็นต์ [2] ส่วนข้อเสียก็มีบ่างอาทิเช่น ความชื้นสูงสุดมากกว่าเกินร้อยละ 10 ซึ่งเป็นปัญหาเนื่องจากหากเศษปลาถูกทิ้งไว้นานเกินไปก็อาจจะเกิดปัญหาเน่าเสียได้ เป็นปัญหาที่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และใช้ปลาป่นเป็นอาหารสัตว์ต้องการที่จะแก้ไขปัญหาเพื่อลดต้นทุนของอาหารสัตว์ในอนาคต

การอบแห้งถือเป็นอีกกระยวนการหนึ่งในการถนอนผลิตภัณฑ์ที่สำคัญทางภาคการเกษตรเป็นอย่างมาก โดยมีวัตถุประสงค์ของการอบแห้งในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สำหรับการบริโภค [4] ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีการอบแห้งก็มีหลากหลายรูปแบบ เช่น การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ การอบแห้งด้วยสุญญากาศ การอบแห้งด้วยปั๊มความร้อน การอบแห้งด้วยลมร้อนและการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด เป็นต้น [5] โดยจากวิธีการอบแห้งที่กล่าวมานั้นการอบแห้งด้วยลมร้อนถือเป็นวิธีที่มีนิยมมาก เนื่องจากทำง่ายและมีต้นทุนต่ำ [6] โดยใช้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการให้ความร้อนกับน้ำในชิ้นอาหาร และดึงน้ำออกจากชิ้นอาหารจนกระทั่งอาหารแห้ง [7] โดย ครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้ แหล่งพลังงานที่หลากหลาย เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น [8] โดยจากการงานวิจัยที่ผ่านมาการอบแห่งด้วยลมร้อนจะศึกษาถึงผลของสภาวะการทำแห้งด้วยลมร้อนต่อระยะเวลาการทำแห้งจลนพลศาสตร์ของการทำแห้ง (drying kinetic) และสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบ(Effective moisture diffusivity, Deff) [9-10] โดยมีอุณหภูมิการอบแห้งอยู่ที่ 50-70 °C หากอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้จำทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มและเหี่ยวย่นมากเกินไป [11] จากที่กล่าวมานั้น วิธีการอบแห้งขั้นพื้นฐานแบบการอบแห้งด้วยลมร้อนจะมีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ในการอบแห้งปลาป่นจากกระบวนการบดด้วยเครื่องบดปลาแบบใบตีหมุน เนื่องจากง่ายต่อการใช้งานของเกษตรกรอีกทั้งต้นทุนในการผลิตอาหารสัตว์ก็จะลดลง หากใช้การอบแห้งด้วยวิธีอื่นก็จะทำให้ต้นทุนสูงขึ้นเนื่องจากค่าวัสดุในการก่อสร้างเครื่องอบมีราคาสูง โดยในงานวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ทำการจัดสร้างเครื่องบดเศษปลาขึ้นและสามารถบดปลาได้ตามขนาดที่ต้องการ จะพบว่ายังเกิดปัญหาในด้านความชื้นของปลาป่นที่บดได้ยังไม่ได้ตามที่อุตสาหกรรมต้องการ (ความชื้นต่ำกว่า 14 %) ทำให้ยังเป็นปัญหาในการใช้งานในเชิงพาณิชย์

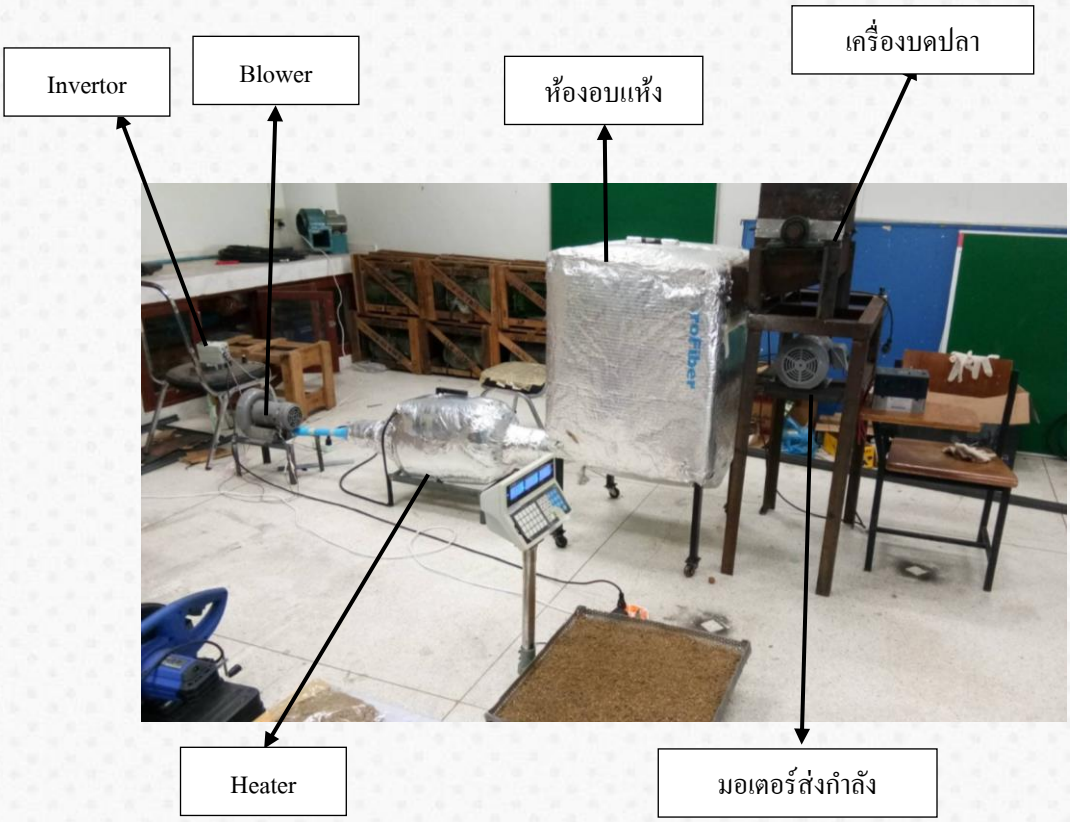
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมุ่งแก้ปัญหาเกี่ยวกับความชื้นของปลาป่นที่ได้จากการบดจากเครื่องบดปลาแบบตีหมุน เพื่อพัฒนาให้ให้มีคุณภาพของปลาป่นนั้นสูงขึ้นเหมาะสำหรับใช้ในระดับครัวเรือนของเกษตรกร อีกทั้งยังสามารถได้ที่จะได้ปลาป่นสำหรับอาหารสัตว์ที่มีความชื้นตามความต้องการของท้องตลาดต้องการ โดยใช้วิธีการอบแห้งแบบเครื่องอบแบบลมร้อนมาประยุกต์ใช้เพื่อสามารถลดความชื้นที่ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์โดยใช้เครื่องเป่าลมร้อน (Hot air Blower) และจะศึกษาความเร็วลมร้อนที่เหมาะสมและความชื้นที่เหมาะสมสำหรับเศษปลาเพื่อผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งผลการศึกษาจะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของเศษปลาที่มีมูลค่าต่ำให้มีมูลค่าสูงขึ้นและเป็นการแก้ไขปัญหาให้กับประชากรระดับชุมชนหรือเป็นการสร้างอาชีพให้กับประชากรและ

ส่งผลช่วยให้ประชากรผู้เลี้ยงสัตว์เช่น เลี้ยงสุกร หรือ ไก่ เป็ด ลดต้นทุนในการซื้ออาหารสัตว์ที่มีราคาสูงและเป็นพื้นฐานในการเริ่มต้นการสร้างเกษตรกรไปสู่ความเป็นผู้ประกอบการในอนาคต

2. วิธีการวิจัย

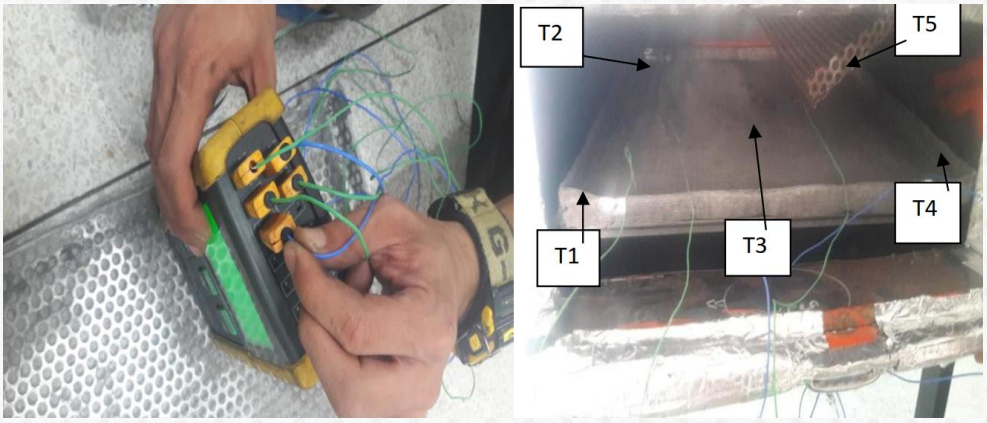
2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

รูปแบบของเครื่องอบแห้งปลาป่นในการทดลองนี้มี 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนของการบดปลาโดยใช้เครื่องบดเศษปลาแบบใบตีหมุน และส่วนของการอบแห้งด้วยลมร้อน ดังรูปที่ 1 โดยส่วนของเครื่องบดปลาแบบตีหมุนจะทำการออกแบบชุดส่งกำลังของเครื่องบดเศษปลาเพื่อผลิตอาหารสัตว์ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ สายพานและพูลเลย์ มอเตอร์ที่ออกแบบเลือกใช้เป็นมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลของความเร็วรอบในการบดปลาของเครื่องบดปลานั้น ความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดคือความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที



รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่องอบแห้งปลาโดยใช้ลมร้อน

ในส่วนของห้องเครื่องอบแห้งนั้น สร้างขึ้นเป็นลักษณะห้องอบรูปสี่เหลี่ยมขนาด 1.5 x 1 x 1 เมตร โดยลักษณะของห้องอบแห้งจะเชื่อมต่อกับส่วนด้านล่างของเครื่องบด เมื่อเศษปลาถูกบดให้มีความละเอียดสูงแล้วจะถูงลำเลียงลงมายังห้องอบแห้ง ภายในห้องอบแห้งจะมีตะแกรงสำหรับรองรับเศษปลาที่ผ่านจากการบดแล้ว โดยก่อนทำการอบแห้งจะทำการวัดอุณหภูมิบริเวณถาดรองทั้ง 5 จุด ดังรูปที่ 2 และทำการนำเศษปลามาชั่งน้ำหนักก่อนอบทุกครั้ง ในส่วนของลมร้อนนั้นจะถูกต่อมาจากโบเวอร์และฮีตเตอร์บริเวณด้านล่างของห้องอบแห้ง โดยที่โบเวอร์จะทำการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับระดับของความเร็วลมที่ออกมาได้



รูปที่ 2 การวัดอุณหภูมิบริเวณถาดอบปลาป่นทั้ง 5 จุด

2.2 วิธีการอบแห้ง

ในการศึกษาขั้นตอนการอบแห้งปลาป่นนั้นจะใช้เศษปลาดิบที่ผ่านการตากแดดเพื่อลดความชื้นมาระยะหนึ่งจนมีความชื้นเศษปลาเริ่มต้นที่ 32 % w.b. มาทำการทดสอบ เมื่อเศษปลานั้นถูกบดละเอียดมาจากเครื่องบดแล้วจะถูกลำเลียงมาที่ส่วนบริเวณห้องอบ จากนั้นจะนำเศษปลาชั่งน้ำหนักก่อนทำการเริ่มอบแห้ง ดังรูปที่ 3 โดยการทดลองจะทำการหาความชื้นมาตรฐานเปียกและความเร็วลมที่เหมาะสมของเครื่องบดเศษแบบเป่าลมร้อนปลาเพื่อผลิตอาหารสัตว์โดยใช้ความเร็วลมในการทดสอบที่ 1 2 3 และ 3.5 m/s ทดลองกับเศษปลาที่ผ่านการบดมาที่น้ำหนัก 0.5 1 และ 1.5 kg โดยจะทำการบันทึกผลของความชื้นและสีของปลาป่นในทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งค่าความชื้นของปลาป่นที่ได้จากการอบแห้งนั้นลดลงเหลือต่ำกว่า 14 % w.b. ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานในการค้าขายเศษปลาป่นสำหรับนำไปผลิตอาหารสัตว์ โดยการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเร็วลมที่เหมาะสมที่สุดของการเป่าเศษปลาทั้งสองชนิดและทำการตรวจสอบสีของปลาป่นที่ผ่านการอบแห้งเพื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ไม่ได้ทำการอบแห้ง



รูปที่ 3 ลักษณะสีของปลาป่นก่อนทำการอบแห้งด้วยลมร้อน

2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในส่วนของการวิเคราะห์ผลการทดลองของการอบแห้งโดยใช้ลมร้อนในงานวิจัยนี้ จะทำการทำการวิเคราะห์ผลที่ความชื้นสุดท้ายเหลือประมาณ 14 % w.b. ซึ่งความชื้นมาตรฐานเปียกนั้นจะแสดงน้ำหนกของน้าที่มีอยู่ต่อน้าหนักรวมของวัสดุโดย ปกติจะแสดงอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียกจะสามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 1

$$M_{wb} = \frac{w_w}{w_w + w_d} \quad (1)$$

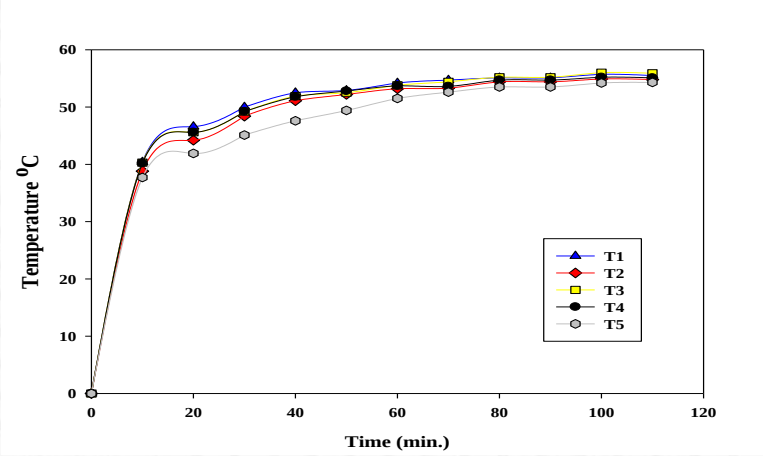
โดยที่ M_{wb} คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (w.b.), w_w คือ มวลของความชื้น, w_d คือ มวลแห้งของวัสดุ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

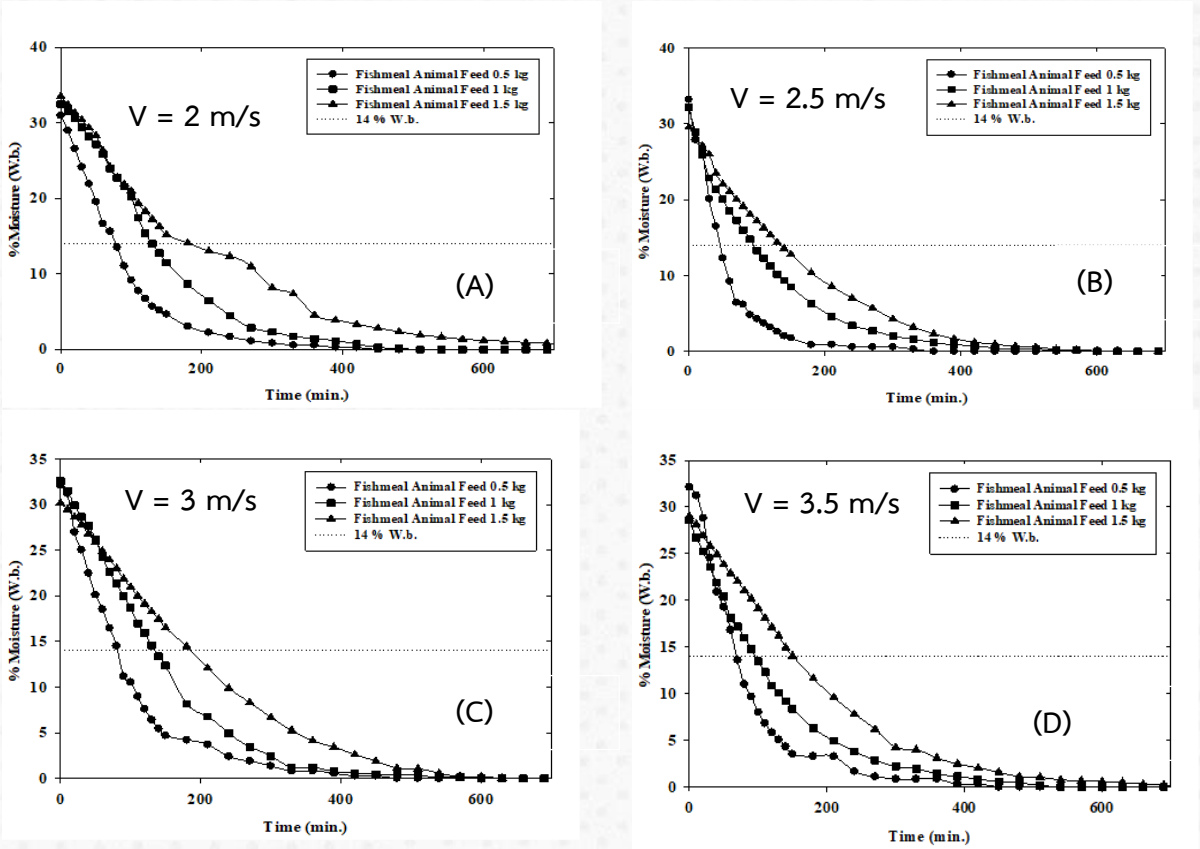
3.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง

การอบแห้งปลาแบบอบลมร้อนด้วยเครื่องอบแห้ง โดยที่พบว่าจากรูปที่ 4 จะพบว่าอุณหภูมิส่วนใหญ่บริเวณถาดอบนั้นจะมีค่าอยู่ที่ 55 °C ซึ่งผลของอุณภูมนั้นแสดงให้เห็นถึงความร้อนภายในห้องอบมีความสม่ำเสมอกันในทุกๆจุดที่ทำการอบแห้ง ทั้งนี้จากกราฟจะสังเกตได้ว่าเมื่อเริ่มทำการเปิดโบเวอร์และฮีตเตอร์ความร้อนของห้องอบจะเริ่มสูงขึ้นภายในเวลา 0-10 นาที จากนั้นเมื่อเวลาที่ 20 นาทีอุณหภูมิจะเริ่มคงที่อยู่ที่ 55 °C จะเริ่ม ทั้งนี้ผลจากการทำให้เห็นได้ว่าการทดลองการอบแห้งนั้นจะต้องทำการเริ่มให้ปลาป่นเมื่อการทำงานของเครื่องอบนั้นเริ่มไปที่เวลา 20 นาที โดยอุณหภูมินั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการอบแห้งปลาป่น และมีผลอย่างมากในการลดลงของความชื้นของปลาป่น

สำหรับการอบแห้งปลาป่นแบบอบลมร้อนด้วยเครื่องอบแห้ง ด้วยอุณหภูมิของอากาศ อบแห้ง 55 °C ที่ความเร็วลม 2 m/s โดยใช้อบปลาที่น้ำหนัก 0.5 1 และ 1.5 kg มีพฤติกรรมการอบแห้งดังแสดงในรูปที่ 5 (A) จะพบว่าพฤติกรรมการอบแห้งปลาป่นอยู่ในช่วงการอบแห้งที่ทำให้ความชื้นลดลงถึง 14 % อยู่ที่เวลา 70 – 200 นาที โดยเป็นปกติที่พบว่าที่น้ำหนัก 1.5 kg ปลาป่นใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่า ที่น้ำหนัก 0.5 kg ทั้งนี้สาเหตุที่การอบแห้งใช้เวลานานในการทดลองนี้อาจเป็นผลเนื่องจากการความเร็วลม 2 m/s ยังมีความเร็วลมไม่พอเหมาะสมกับการอบแห้งในน้ำหนักสูงขึ้น โดยที่น้ำหนัก 0.5 kg ใช้เวลา 80 นาที ในการลดความชื้นให้ต่ำกว่า 14 % ส่วนที่น้ำหนัก 1 และ 1.5 kg ใช้เวลาในการลดความชื้นที่ 130 นาที และ 180 นาที ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการทดลองของการอบปลาป่นที่ความเร็วลมร้อน 2.5 m/s โดยใช้อบปลาที่น้ำหนัก 0.5 1 และ 1.5 kg จะพบว่าการที่เพิ่มความเร็วลม 2.5 m/s นั้นจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยลงกว่าที่ความเร็วลม 2 m/s โดยที่น้ำหนัก 0.5 kg ใช้เวลา 75 นาที ในการลดความชื้นให้ต่ำกว่า 14 % ส่วนที่น้ำหนัก 1 และ 1.5 kg ใช้เวลาในการลดความชื้นที่ 120 นาที และ 170 นาที ตามลำดับ ในส่วนของการทดลองที่ความเร็วลม 3 m/s ที่น้ำหนัก 0.5 kg ใช้เวลา 70 นาที ในการลดความชื้นให้ต่ำกว่า 14 % ส่วนที่น้ำหนัก 1 และ 1.5 kg ใช้เวลาในการลดความชื้นที่ 90 นาที และ 150 นาที ตามลำดับ และจากรูปที่ 4 ที่ความเร็วลม 3.5 m/s การอบแห้งที่น้ำหนัก 0.5 kg ใช้เวลา 50 นาที ในการลดความชื้นให้ต่ำกว่า 14 % ส่วนที่น้ำหนัก 1 และ 1.5 kg ใช้เวลาในการลดความชื้นที่ 80 นาที และ 130 นาที ตามลำดับ จากการศึกษาความเร็วลมที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งพบว่าที่ความเร็วลมสูงขึ้นจะช่วยทำให้ผลของการอบแห้งปลาป่นมีระยะเวลาในการอบที่สั้นลง



รูปที่ 4 อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งก่อนเริ่มทำการทดสอบอบแห้ง



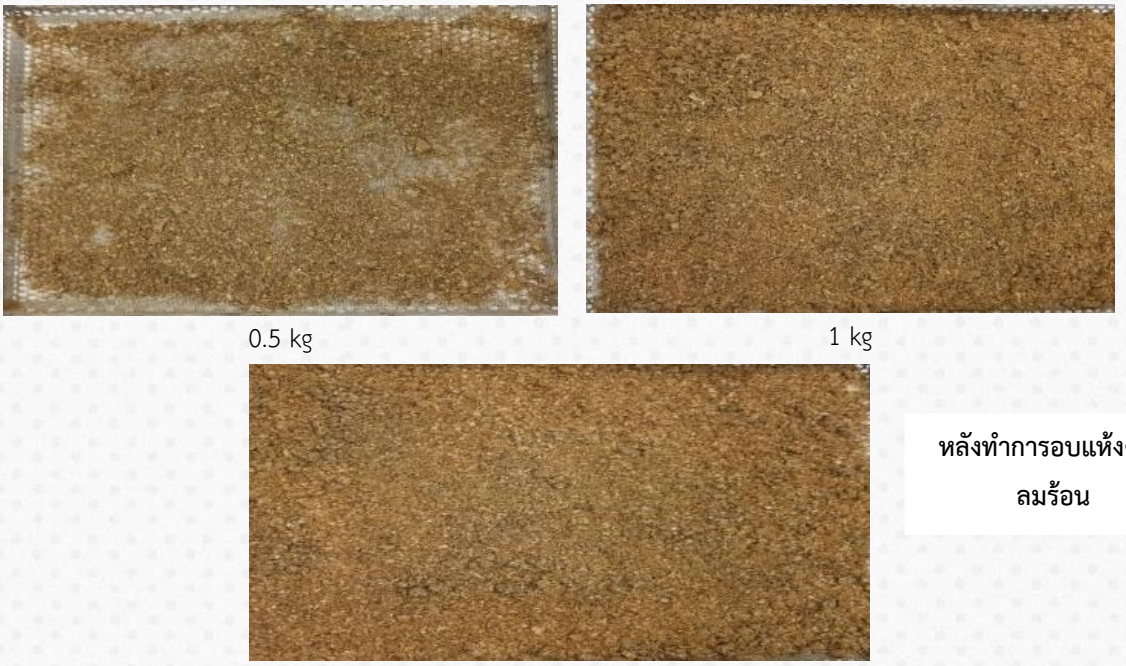
รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นมาตรฐานเปียกกับเวลาเมื่ออบปลาป่นที่ความเร็วลมร้อน (A) V= 2 m/s, (B) V= 2.5 m/s, (C) V= 3 m/s, (D) V= 3.5 m/s

3.2 ลักษณะของสีปลาป่นที่ผ่านการทดสอบอบแห้ง

เมื่อพิจารณาคุณภาพของปลาป่นที่ได้หลังการอบแห้งด้วยตาเปล่าพบว่าปลาป่นก่อนการอบแห้งที่ได้มีค่าสีน้ำตาลเข้มและเมื่อผ่านการอบแห้งในแต่ละช่วงเวลาสีของปลาป่นจะเป็นสีน้ำตาลอ่อนลดลงไปตามช่วงเวลาเป็นลักษณะน้ำตาลซีดลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำ ในส่วนของน้ำหนักในการอบที่มีผลต่อสีของปลาป่นนั้นจะพบว่าเมื่อวิเคราะห์ที่ความเร็วลมร้อนในการอบแห้งที่ 3.5 m/s ที่น้ำหนัก 0.5 – 1.5 kg พบว่าปลาป่นจะมีลักษณะสีที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยแทบจะไม่พบความแตกต่าง ดังรูปที่ 6 ฉะนั้นแล้วจะวิเคราะห์ได้ว่าการเพิ่มน้ำหนักในการอบแห้งนั้นไม่มีผลต่อสีปลาป่นที่อบแห้งเสร็จ และสามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ทั้งการอบแห้งที่น้ำหนัก 0.5 – 1.5 kg



ก่อนทำการอบแห้งด้วยลมร้อน



รูปที่ 6 คุณลักษณะของความแตกต่างของสีที่เกิดขึ้นจากการอบแห้งปลาป่นที่ความเร็ว 3.5 m/s

4. บทสรุป

จากการวิจัยพัฒนาทำเครื่องบดเศษปลาแบบอบลมร้อนชนิดใบตีหมุน (Hammer mill) ที่มีประสิทธิภาพสูง ให้ใช้สำหรับครัวเรือนได้ และเพิ่มการอบลมร้อนหลังจากการบดเศษปลา เพื่อลดความชื้นในเนื้อปลา ซึ่งสามารถใช้งานได้ด้วยตัวเองอีกทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของเศษปลาที่มีมูลค่าต่ำให้มีมูลค่าสูงขึ้นและยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษา อีกทั้งยังเป็นการนำเอาความรู้ในวิชาต่าง ๆ โดยสามารถวิเคราะห์ได้โดยจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากการศึกษาการอบปลาโดยใช้ลมร้อนแบบสเปร์ซึ่งใช้ปลาป่นเป็นวัสดุในการอบแห้งนั้นมีความชื้นของปลาเริ่มต้นที่ 32 % w.b. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้คือ ความเร็วของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้งที่มีผลต่อปริมาณของปลาที่ได้จากการบด โดยจะใช้ลมร้อนที่ความเร็วลม 1 2 3 และ 3.5 m/s ส่วนปริมาณการบดปลานั้นอยู่ที่ 0.5 1 และ 1.5 kg ที่อุณหภูมิภายในห้องอบที่ 50 oC โดยพบว่าความชื้นของปลาป่นจะลดลงเหลือ 14 % w.b. ที่ความเร็วลม 2 2.5 3 และ 3.5 m/s น้ำหนัก 0.5 kg จะใช้เวลาที่ 80 75 70 และ 50 นาที ตามลำดับ ส่วนที่น้ำหนัก 1 kg จะใช้เวลาที่ 130 120 90 และ 80 นาที ตามลำดับ และที่น้ำหนักปลา 1.5 kg จะใช้ เวลาที่ 180 170 150 และ 130 นาที ตามลำดับ

ผลการสรุปด้านคุณลักษณะของความแตกต่างของสีที่เกิดขึ้นจากการอบแห้งในแต่ละช่วงเวลาจะทำการเปรียบเทียบโดยการนำสีของปลาป่นที่มีต่ำกว่าความชื้น 14 % จะพบว่าที่ความเร็วลมร้อน 2 2.5 3 และ 3.5 m/s พบว่าที่ความเร็วลม 3.5 m/s จะมีลักษณะสีของปลาป่นที่ใกล้เคียงกับความชื้น 14 % ในเวลาที่ 50 นาที ที่น้ำหนักการอบ 0.5 kg ส่วนที่น้ำหนัก 1 kg จะมีลักษณะสีของปลาป่นที่ใกล้เคียงกับความชื้น 14 % ในเวลาที่ 80 นาที และ น้ำหนัก 1.5 kg จะมีลักษณะสีของปลาป่นที่ใกล้เคียงกับความชื้น 14 % ในเวลาที่ 130 นาที

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแหงชาติ (วช.) ประจำป พ.ศ. 2562มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อังคณา หลักหมั้น และคณะฯ. (2556). “เทคโนโลยีการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ดประจำปี 2556”. [ระบบออนไลน์]: http://www.agro.cmu.ac.th/absc/data/57/57-008.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 11 ม.ค. 2565

[2] เบสท์อินเตอร์ฟีด. (2562). “ปลาป่น”. [ระบบออนไลน์]: https://www.bestinterfeed.com. ค้นเมื่อวันที่ 12/06/2565

[3] ธนาภรณ์ จิตตปาลพงศ์. (2557). “การสร้างสูตรอาหารสัตว์น้ำและสูตรอาหารสัตว์น้ำเศรษฐกิจ”. รายงานวิจัยกรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

[4] วิฐู ชูศรี, พรทิพย์ วิริยะวัฒนา, พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร และธัชพงศ์ ชูศรี. (2563). “ผลของกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อนต่อสมบัติของกล้วยหอมสุกและฟักทองอบแห้ง”. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2563. หน้าที่ 37-52.

[5] ประทีป ตุ้มทอง และมงคล สาแก้ว. (2559). “เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อน”. การประชุมวิชาการระดับชาติ “ราชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 8”. วันที่ 22-23 ธันวาคม 2559. ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์. หน้าที่ B385-B388.

[6] Abarez H. T. 2016. 14 - Airborne Ultrasound for Convective Drying Intensification. In: knoerzer K., juliano P. & smithers G. (eds.) Innovative food processing technologies. Woodhead Publishing.

[7] สิริกัญญา กระต่ายทอง และ ธัชพงศ์ ชูศรี. (2563). ผลของการทำแห้งด้วยลมร้อนภายใต้สภาวะความดันต่ำต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้ง และคุณภาพทางเคมีกายภาพของมะม่วงสุกอบแห้ง. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 10. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. วันที่ 25-26 มิถุนายน 2563. ณ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม. หน้าที่ S150-S157.

[8] ศิริ ดวงพร, อภิรักษ์ ลอยแก้ว, ปริญญา พันธุ์พรหม และภากร ไทยพิทักษ์. (2562). “การอบแห้งกล้วยหอมทองด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับอินฟราเรด”. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2562. หน้าที่ 12-24.

[9] Thuwapanichayanan R., Prachayawarakorn S., Kunwisawa J. and Soponronnarit S. (2011). “Determination of effective moisture diffusivity and assessment of quality attributes of banana slices during drying”. LWT-Food Science and Technology. Vol. 44: 1502–1510.

[10] Silva W.P., Silva C.M.D.P.S. and Gomes J.P. (2013). “Drying description of cylindrical pieces of bananas in different temperatures using diffusion models”. Journal of Food Engineering. Vol. 117: 417–424.

[11] ศรัณย์ ศักดิ์สุวรรณ, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2561). “การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงมหาชนกอบแห้งโดยปราศจากการเติมสารละลายน้ำตาล โดยเทคนิคการอบแห้งแบบปรับลดอุณหภูมิลมร้อน”. วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน.ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน-ธันวาคม 2561. หน้าที่ 21-24.

ผลกระทบของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันชีวภาพจากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์สำหรับการเกษตร: กรณีศึกษาการใช้งานระยะยาว 300 ชั่วโมง

Effect of Diesel mixed waste plastic oil on agricultural Diesel engine: case study of 300 working hours

คุณานนต์ ศักดิ์กำปัง[1*] สุริยา โชคเพิ่มพูน[1] บัญชา ล้ำเลิศ[1] นัทธพงศ์ อาษาสร้อย[1]
และ อำพล มูลเทพ[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (วิทยาเขตสกลนคร)
[*]Email: kunanon.sa@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเล่มนี้เป็นการนำเสนอผลกระทบต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันไพโรไลซิสปืนเชื้อเพลิง ระยะเวลา 300 ชั่วโมง ซึ่งใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซล ในอัตราส่วน 100:0 , 95:5 , 98:2 %โดยปริมาตร เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งทดสอบทั้งด้านคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซล และทดสอบในเครื่องยนต์ 1 สูบ ขนาด 231 ซีซี ยี่ห้อ HINOTA 5.5 แรงม้า EL650 จากผลการทดสอบด้านสมรรถนะพบว่า แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ จะมีค่าแรงบิดที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลในช่วง 26.06 – 30.83 % กำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ มีค่าต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเท่ากับ 21.48 – 30.80 % ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่ 0.4223 0.6716 และ 0.7353 kg/kW.hr ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำมันจากขยะพลาสติก สมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล มลพิษควันดำ

Abstract

This research presents an impact on the performance of small diesel engines when using diesel fuel mixed with pyrolysis oil as fuel for 300 hours using diesel fuel and pyrolysis oil mixed with diesel in the ratio of 100%:0%, 95%:5%, 98%:2% by volume, and compare with diesel fuel which tested both the fuel quality of the pyrolysis oil mixed with diesel oil. The experiment was tested in a 1-cylinder 231cc engine brand HINOTA 5.5 horsepower EL650. From the performance test, it was found that torque and power of the engine when using pyrolysis oil mixed with diesel oil in different ratios, the torque is lower than that of diesel fuel engines in the range of 26.06 - 30.83%. The braking power of engines using pyrolysis fuel mixed with diesel oil in different ratios is lower than diesel fuel at 21.48 - 30.80%. The specific fuel consumption of pyrolysis fuel mixed with diesel in different ratios has higher fuel consumption than specific fuel 0.4223 0.6716 and 0.7353 kg / kW.hr respectively.

Keywords: Waste plastic oil, Performance of engine, Exhaust emission

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีความต้องการในการใช้พลังงานเชื้อเพลิงกันอย่างแพร่หลาย ทำให้เกิดภาวะพลังงานเชื้อเพลิงคลาดแคลนและมีราคาที่สูงขึ้นจากในอดีตเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันทั่วโลกเริ่มจะมีการหาพลังงานน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติเพื่อที่จะให้เพียงพอกับความต้องการในการใช้น้ำมันที่มีอยู่ รวมไปถึงในประเทศไทยก็ได้มีการศึกษาและพัฒนาในด้านพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนภายในประเทศ จากรายงานสถานการณ์การใช้เชื้อเพลิงในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2556 พบว่าการใช้น้ำมันสำเร็จรูป เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.1 โดยการใช้น้ำมันดีเซล เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.4 เป็นผลจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น [1] จากข้อมูลดังกล่าวทำให้มีนักวิจัยคิดค้นพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนที่เป็นพลังงานสะอาดเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อที่จะลดการนำเข้าของเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้รับความสนใจและศึกษาก็มีหลายประเภทเช่น แก๊สโซฮอล์, ไบโอดีเซล, พลังงานไฮโดรเจน, พลังงานน้ำ, พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นต้น โดยเชื้อเพลิงชีวภาพถือเป็นเชื้อเพลิงที่มีผู้ให้ความสนใจในการศึกษามากเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งในภาคอุตสาหกรรม, ภาคการเกษตร และภาคครัวเรือน มาทำการแปรรูปเพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงนำเข้าที่กำลังจะหมดลงไปในอนาคต

จากข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยเป็นขยะที่มีปริมาณมากที่สุดของประเทศไทย โดยปี 2564 สถานการณ์ขยะมูลฝอยในปี 2564 เกิดขึ้น 24.98 ล้านตัน ลดลงจากปี 2563 ประมาณ 1% หากแต่ขยะมูลฝอยติดเชื้อ ปี 2564 มีปริมาณ 90,009.23 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2563 มากถึง 87% [2] ซึ่งเป็นปัญหาหลักของประเทศไทยเนื่องจากขยะมีมากขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่อง หากยิ่งเผาทำลายก็จะเกิดปัญหาทางด้านมลพิษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะจำพวกพลาสติก ซึ่งขยะพลาสติก เป็นขยะปิโตรเลียมมีทั้งจากภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรมที่ถูกทิ้งอยู่เป็นจำนวนมาก โดยขยะเหล่านี้ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ และเป็นภาระในการกำจัดขยะพลาสติกโดยมากจะถูกคัดแยกแล้วนำกลับไปใช้ใหม่หรือรีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติกแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ ถ้าวิเคราะห์ถึงโครงสร้างของขยะพลาสติกจะมีสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นสารองค์ประกอบหลักประเภทเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิง [3] ทำให้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับการนำเอาขยะพลาสติกที่ใช้แล้วนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไรซิส โดยกระบวนการไพโรไรซีสคือ กระบวนการแตกตัวหรือสลายตัวของสารประกอบ หรือวัสดุต่างๆ ด้วย ความร้อนปานกลาง ที่อุณหภูมิประมาณ 400 – 800 °C ในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนหรือมีออกซิเจนในปริมาณที่น้อยมาก โดยทั่วไปผลผลิตที่ได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามสภาวะ คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ของเหลว (ซึ่งโดยทั่วไปมีคุณสมบัติคล้ายน้ำมัน) และของแข็ง (Char) [3] โดยของเหลวที่ได้จากการทำไพโรไรซิสสามารถนำมาใช้แทนได้ทั้งเชื้อเพลิงดีเซลและเบนซินแต่ต้องนำน้ำมันจากการไพโรไรซีสไปทำการกลั่นเพื่อให้บริสุทธิ์ก่อน จากงานวิจัยของ รณศักดิ์ วิวัฒน์ปรีชานนท์ และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาการผลิตน้ำมันจากขยะพลาสติกเพื่อใช้ในเครื่องยนต์เบนซิน โดยทำการกลั่นน้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไรซิสขยะพลาสติกที่อุณหภูมิ 420 °C อุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่นที่ 60 – 170 °C ประมาณ 30 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกลั่นเชื้อเพลิงเบนซิน จากการศึกษาพบว่าสามารถใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์เบนซินได้ เพียงแค่มีสมรรถนะต่างจากการใช้เชื้อเพลิงเบนซินเล็กน้อย Devaraj al et.[5] ได้ทำการทดสอบการใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ โดยทำการผสมน้ำมันจากขยะพลาสติกกับเชื้อเพลิงดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าสามารถใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลได้เช่นกันมีเพียงแค่สมรรถนะที่ต่างจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเล็กน้อย ส่วน Mani al et.[6] ได้ทำการทดสอบสมรรถนะและการปล่อยมลพิษการใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกในเครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ โดยทำการผสมน้ำมันจากขยะพลาสติกกับเชื้อเพลิงดีเซลในอัตราส่วน 10:90, 30:70, 50:50, 30:70 และ 100:0 โดยปริมาตร พบว่าสามารถใช้งานในเครื่องยนต์ดีเซลได้เช่นกันมีเพียงแค่สมรรถนะที่ต่างจากการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเล็กน้อยเช่นกัน แต่การใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกมีข้อดีที่มีการปล่อยมลพิษทางอากาศน้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมาพบว่าการใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกมาผสมกับเชื้อเพลิงดีเซลในเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ไม่มีปัญหาในเรื่องของสมรรถนะของเครื่องยนต์ แต่ยังมีปัญหาในของความเชื่อมั่นในระยะยาวในเรื่องของการทำงานหากใช้เชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกมาผสมกับดีเซล จึงเป็นแนวคิดที่จะศึกษาถึงการทำการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ดีเซล ตลอดจนเรื่องของผลกระทบของน้ำมันดีเซลผสมน้ำมันขยะพลาสติกในเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้งานระยะยาวถึง 300 ชั่วโมง

2. วิธีการวิจัย

2.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

ในการศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงผสมระหว่างเชื้อเพลิงดีเซลกับเชื้อเพลิงไพโรไลซิสนั้นจะใช้อัตราส่วนโดยปริมาตรโดยผู้วิจัยได้กำหนดอัตราส่วนของเชื้อเพลิงออกเป็น 3 อัตราส่วนเพื่อเปรียบเทียบกันคือ อัตราส่วนระหว่างดีเซล : น้ำมันไพโรไลซิสที่ 100:0 (Diesel), 95:5 (P2) , 98:2 (P5) % โดยปริมาตร จากตารางที่ 1 เป็นผลของการทดสอบหาค่าคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่าค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลมีค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิส โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่สูงกว่านั้นจะมีผลโดยตรง ต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในด้านความหนืดของเชื้อเพลิงผสมก็พบว่ามีค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันดีเซล โดยค่าความหนืดของเชื้อเพลิงจะเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงการฉีดพ่นน้ำมันเป็นฝอยละอองของหัวฉีดเครื่องยนต์ ในส่วนของจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันไพโรไลซิสผสมดีฌลนั้นจะมีอุณหภูมิของจุดวาบไฟที่สูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย โดยค่าของจุดวาบไฟและติดไฟเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการจุดระเบิดในลูกสูบของเครื่องยนต์ ถ้าหากมองในเรื่องคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจะพบว่า น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลทุกอัตราส่วนจะพบว่าค่าความร้อน ค่าความหนืด จุดวาบไฟและติดไฟ มีค่าอยู่เกินมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน พ.ศ. 2556 เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซลที่กำหนดให้เชื้อเพลิงที่จะสามารถใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบต่ำ 1 สูบได้ ต้องมีการทดสอบค่าคุรสมบัติของเชื้อเพลิงก่อนที่จะนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์

ตารางที่ 1 ค่าความหนืดของน้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซล

คุณสมบัติ	DIESEL	98:2 (P2)	95:5 (P5)
ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง (KJ/KG)	10657.60	10650.10	10638.21
ค่าความหนืด ณ อุณหภูมิ 40° (CST)	3.8	4.10	4.78
ค่าความหนาแน่น (KG/M³)	7.079	7.088	7.105
จุดวาบไฟ (°C)	75	77	79.7
จุดติดไฟ (°C)	82	84	87.5

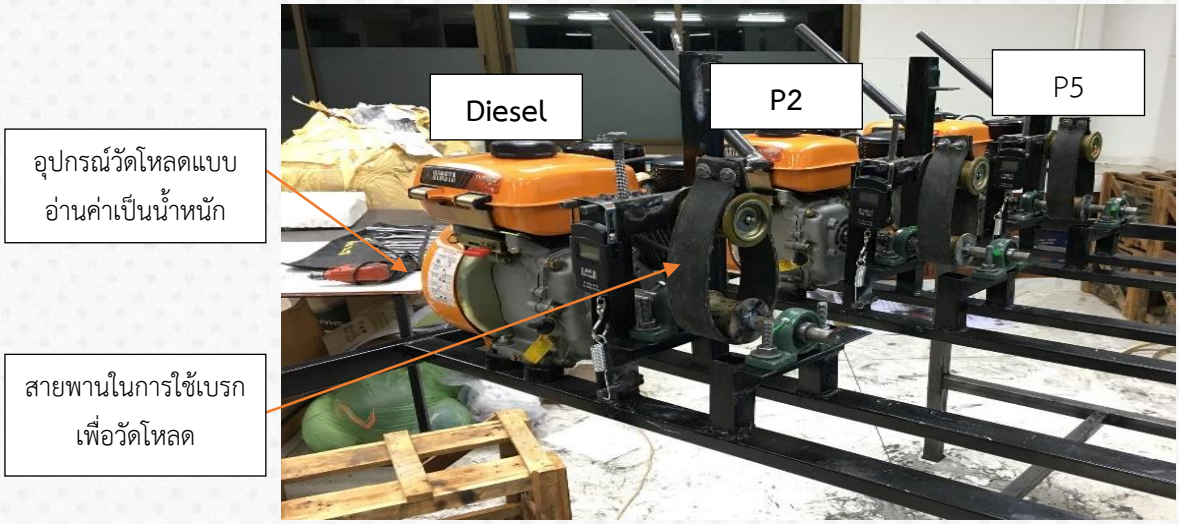
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องยนต์ชนิด 1 สูบ แบบดีเซล 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยอากาศ ยี่ห้อ HINOTA EL650 ขนาด 5.5 แรงม้า ดังตารางที่ 2 โดยวิธีการทดลอง จะทำการติดตั้งเครื่องมือวัดติดตั้งชุดสายพานเบรกแบบแบบโพนีเบรก (Pony Brake) (รูปที่ 1) เพื่อวัดค่าแรงบิด (Torque) โดยการคำนวณในสมการที่ 1 และ 2 ในส่วนของการวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจะใช้ชุดหลอดวัดปริมาตรเชื้อเพลิงต่อแทนที่ของถังน้ำมันดังรูปที่ 3 และคำนวณหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะโดยใช้สมการที่ 3 ในส่วนการวัดปริมาณควันดำจะใช้เครื่องมือวัดควันดำ

ยี่ห้อ TECNOTEST รุ่น 495/01 โดยเริ่มจากการเร่งคันเร่งของเครื่องยนต์ไปที่รอบสูงสุดก่อนที่จะทำการตรวจวัดควันดำที่ท่อไอเสียโดยตรง

ตารางที่ 2 รายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์ HINOTA EL650

รุ่น	**EL650**
แบบเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยอากาศ
แบบเผาไหม้	แบบสเวิร์ลแชมเบอร์
ความกว้างกระบอกสูบXช่วงชัก	70 x 60 มม.
ปริมาตรกระบอกสูบ	231 ซีซี.
กำลังแรงม้าสูงสุด	5.5 แรงม้า /3000รอบ-นาที (4.05 KW/3000rpm)
กำลังแรงม้าต่อเนื่อง	5 แรงม้า /3000รอบ-นาที (3.68 KW/3000 rpm)
อัตราส่วนแรงอัด	22 : 1



รูปที่ 3 การติดตั้งชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์



รูปที่ 4 การติดตั้งชุดทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

$$T \equiv Wr \tag{1}$$

เมื่อ T คือแรงบิด (Nm), W คือน้ำหนักตามแนวสัมผัส (N), r = ความยาวของคาน (m)

$$P_b \equiv \frac{2\pi nT}{60} \tag{2}$$

เมื่อ P_b คือกำลังเบรกของเครื่องยนต์ (W), T คือแรงบิดของเครื่องยนต์ (Nm), n คือความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm

$$BSFC \equiv \frac{r \times m_f}{P_b} \equiv \frac{m_c}{P_b} \tag{3}$$

เมื่อ $BSFC$ คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (kg/kw.hr), r คือ ความถ่วงจำเพาะของเชื้อเพลิง, kg/lt, m_f คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (lt/hr), m_c คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิง (lt/hr), P_b คือ กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (kW)

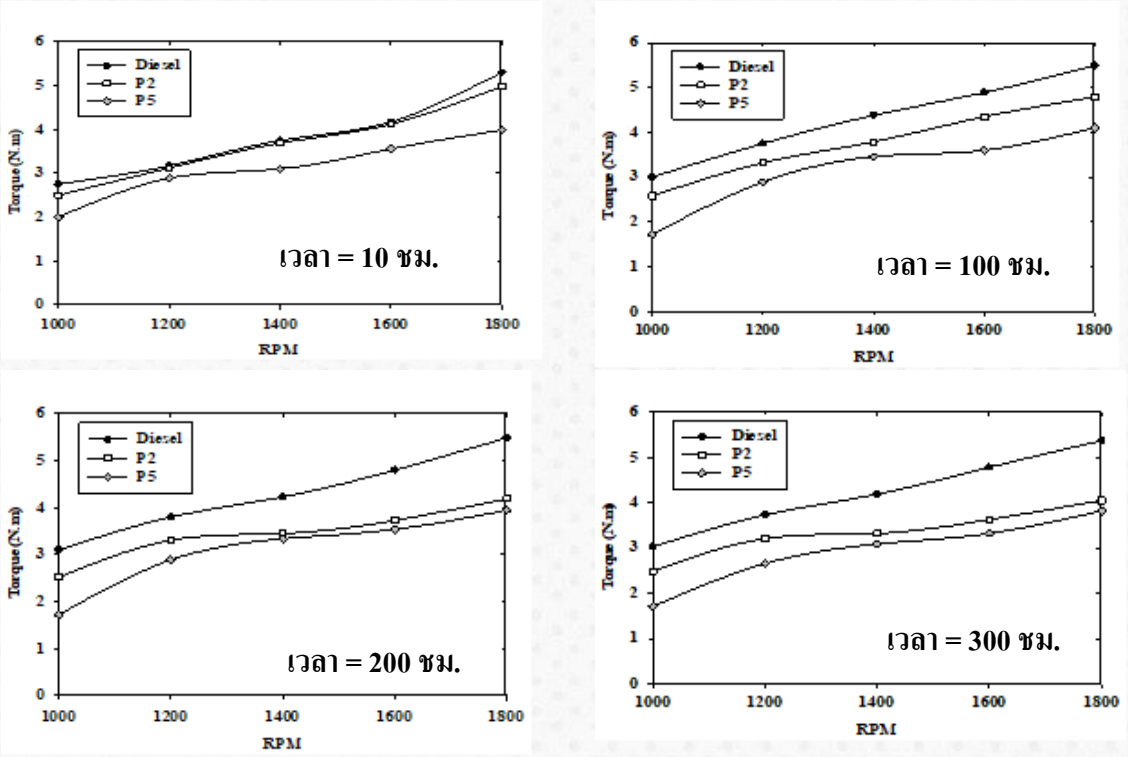
2.3 วิธีการทดลอง

การทดสอบระยะยาวของเครื่องยนต์ดีเซลใช้น้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันไพโลไรซิสเป็นเชื้อเพลิงในขั้นตอนแรกจะทำการสตาร์ทเครื่องและทำการตั้งรอบของเครื่องยนต์ไปที่ 1,400 rpm จากนั้นจะปล่อยให้เครื่องยนต์เดินเครื่องไปและจับเวลาในการเดินเครื่องยนต์จนถึงรอบการตรวจวัดแรงบิด กำลังเบรก อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ และค่าควันดำที่ 10 100 200 และ 300 ชม. เมื่อถึงรอบการทำงานที่ต้องการตรวจวัดแล้วนั้นจะทำการวัดแรงบิดที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 5 ระดับคือ 1,000 , 1,200 ,1,400 1,600 และ 1,800 rpm โดยการวัดค่าแรงบิดจะทำการเร่งคันเร่งไปที่รอบเครื่องยนต์สูงสุด จากนั้นจะทำการปล่อยโหลดน้ำหนักเพื่อชะลอความเร็วรอบของเครื่องยนต์และตรวจเช็คโหลดน้ำหนักที่ใส่เข้าไปเพื่อให้รอบของเครื่องยนต์ลดลงตามความเร็วรอบที่ต้องการวัดค่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก็จะทำการการสิ้นเปลืองความเร็วรอบต่างๆพร้อมกับการวัดค่าโหลดไปพร้อมกัน

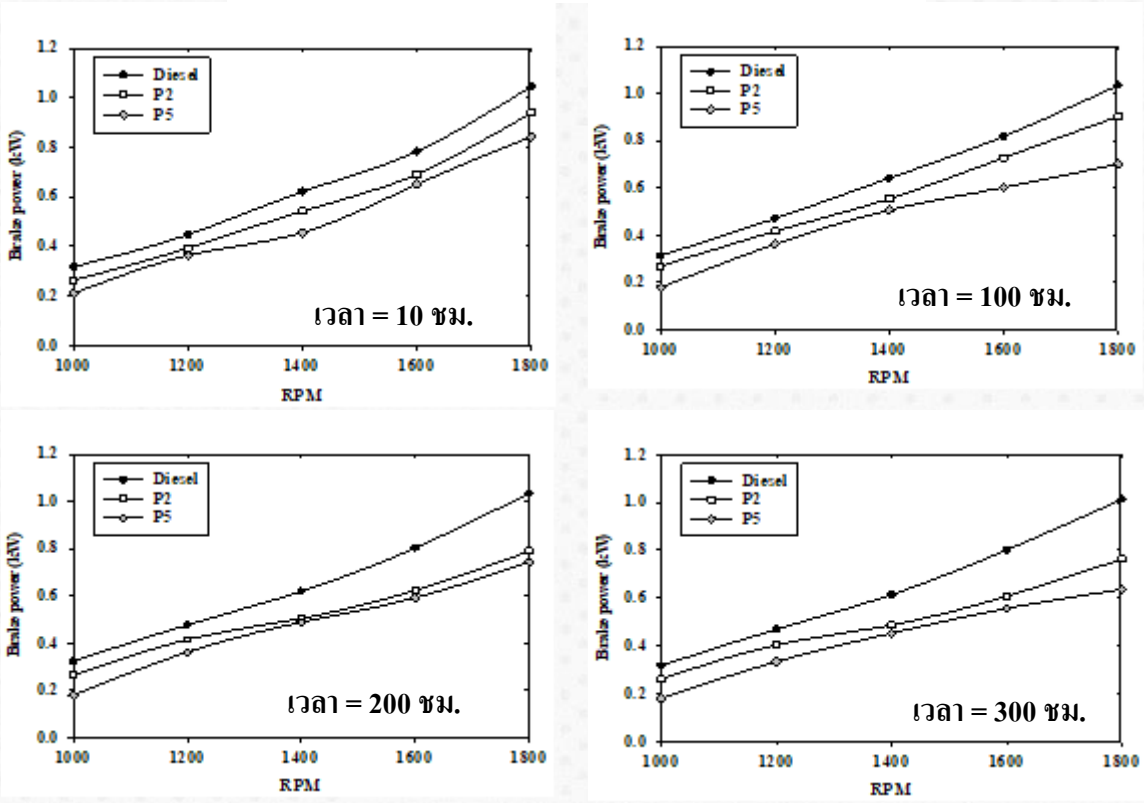
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สมรรถนะของเครื่องยนต์

จากรูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 100:0 , 95:5 , 98:2 เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซล และทำการทดสอบที่ความเร็วรอบ 5 ระดับคือ 1,000 , 1200 , 1,400 , 1600 และ 1800 รอบ/นาที พบว่า แรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่างๆ จะมีค่าแรงบิดที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล เมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าค่าแรงบิดในช่วงการทดสอบเดินเครื่องยนต์ที่ 10 – 100 ชั่วโมงแรก ในกราฟแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดจะมีค่าที่เป็นกราฟในลักษณะเดียวกันคือเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นแรงบิดก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่หลังจาก 100 – 300 ชั่วโมงแล้วนั้นจะพบว่าแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไพโรไลซิสจะมีค่าที่ต่ำลงอย่างเห็นได้ใช้เมื่อเร่งความเร็วรอบสูงในช่วง 1,400 – 1,800 rpm ซึ่งเป็นผลมาจากความหนืดของเชื้อเพลิงไพโรไลซิสที่มีค่ามากกว่าน้ำมันดีเซล โดยหากพิจารณาจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลนั้นจะพบว่ากราฟแรงบิดตั้งแต่ 10 – 300 ชั่วโมงนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีแรงบิดต่ำลงเพียงเล็กน้อย

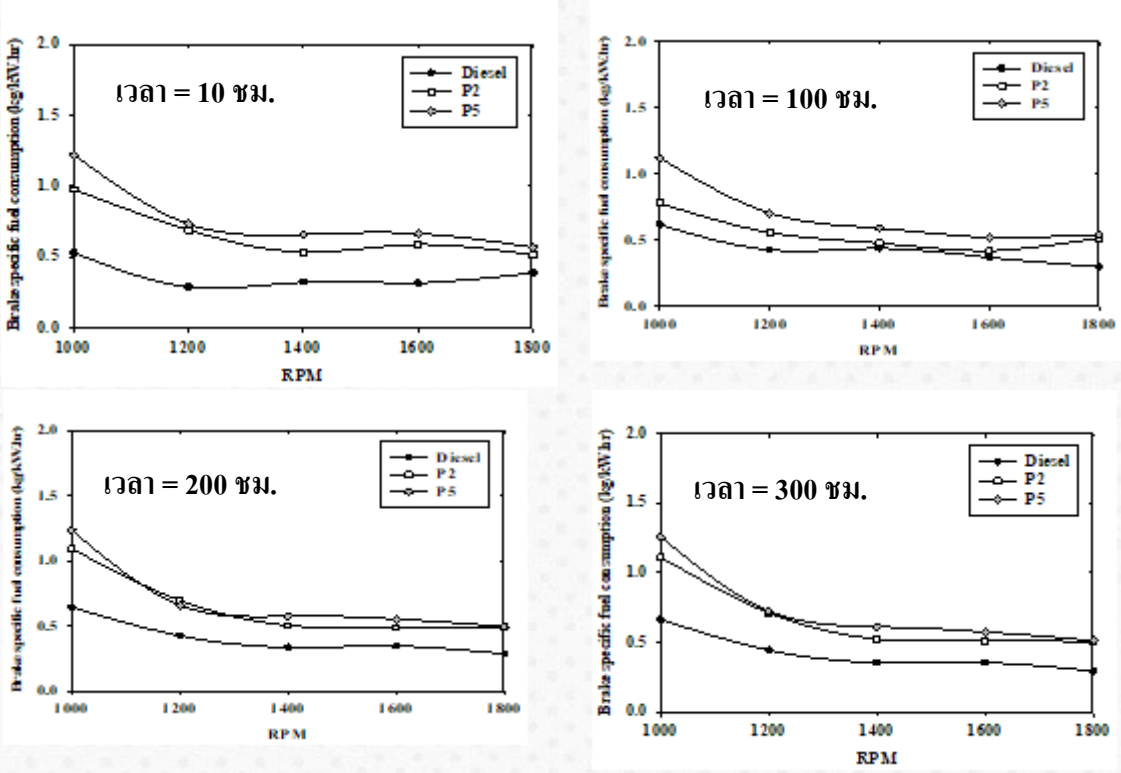


รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซล ในการทดสอบที่ 10 - 300 ชั่วโมง



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซล ในการทดสอบที่ 10 - 300 ชั่วโมง

จากรูปที่ 6 แสดงกำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 95:0 , 98:2, 95:5 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ พบว่า กำลังเบรกของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล มีค่าต่ำกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลโดยเมื่อเดินแครื่องไปครบ 300 ชั่วโมงเครื่องยนต์ดีเซลมีกำลังเบรกที่ 0.6426 kW ส่วนเชื้อเพลิงอัตราส่วน P2 และ P5 มีค่ากำลังเบรกที่ 0.5042 และ 0.4318 kW ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลจะสูงกว่าน้ำมันไพโรไลซิส สรุปได้ว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล จะให้ค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์สูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไพโรไลซิสในอัตราส่วน 100:0 , 98:2, 95:5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



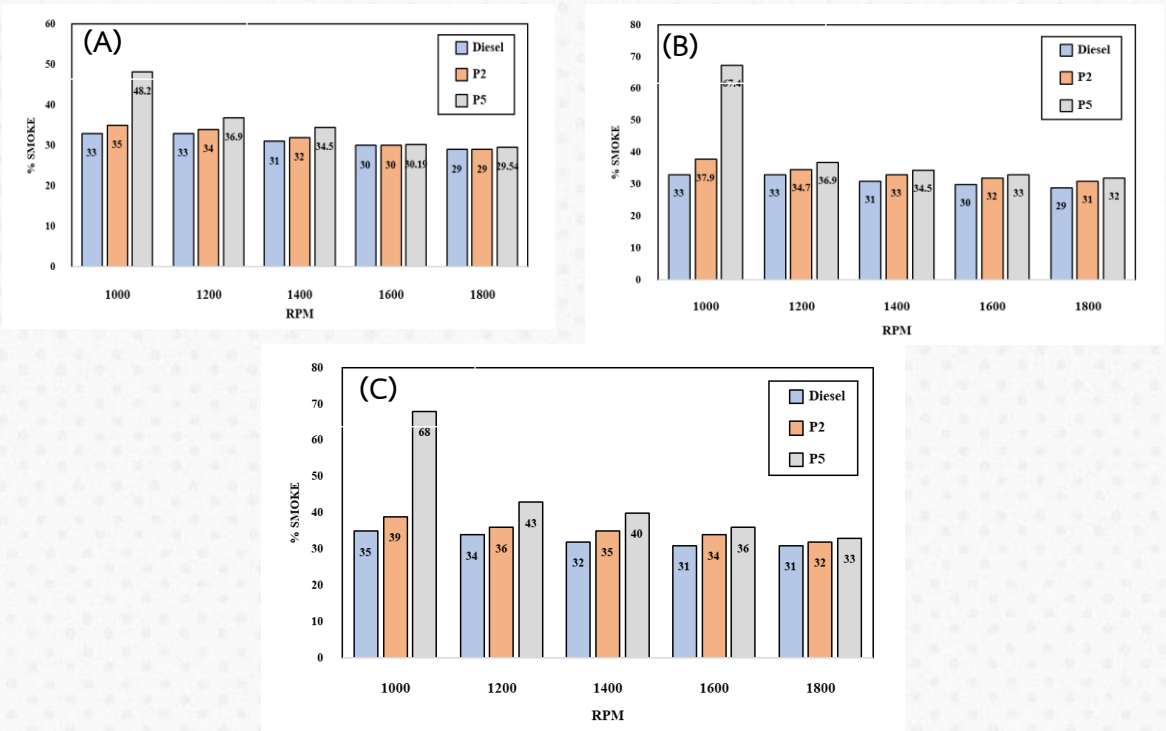
รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดเครื่องยนต์เปรียบเทียบกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซล ในการทดสอบที่ 10 - 300 ชั่วโมง

จากรูปที่ 7 แสดงผลจากการทดสอบเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาถึงอัตราการสิ้น เปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซล พบว่า เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น BSFC จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นที่ 1,200 – 1,800 rpm ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ พบว่า น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 100:0 , 98:2 , 95:5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ซึ่งน้ำมันไพโรไลซิสมีค่าความหนืดที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล จึงส่งผลต่อการฉีดพ่นน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองได้น้อย และทำให้เชื้อเพลิงที่ฉีดออกมากว่าปกติทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูง

3.2 การปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์

ในการทดสอบค่ามลพิษควันดำจะตรวจสอบเครื่องยนต์เมื่อเดินเครื่องยนต์ไปได้ทุกๆ 100 ชั่วโมง จากรูปที่ 8 แสดงการทดสอบค่าความสัมพันธ์ผลกระทบต่อการปล่อยค่าควันดำ ขณะเครื่องยนต์ไม่ได้รับโหลดของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก 1

สูบ HINOTA 5.5 แรงม้า EL650 HINOTA EL650 Diesel Enging Specification โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงไพโลไรซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วน 100:0 , 98:2 , 95:5 ตรวจวัดโดยการเทียบหาค่าความทึบแสง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีเดียวกันกับกรมการขนส่งใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจวัดควันดำ จากการทดสอบผลพบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงไพโลไรซิสผสมกับน้ำมันดีเซลอัตราส่วน P2 และ P5 ตามอัตราส่วนต่างๆ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของค่าควันดำ มีค่าการปล่อยควันดำสูงกว่า น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล แต่น้ำมันเชื้อเพลิงไพโลไรซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในส่วนผสมที่อัตราส่วน 95:5 วัดได้ค่าเฉลี่ยที่ 68 % เกินค่าภายใต้มาตรฐานที่กรมการขนส่งกำหนดคือ 50% (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2540)



รูปที่ 8 แสดงค่าความสัมพันธ์ผลกระทบต่อการปล่อยค่าควันดำขณะเครื่องยนต์ไม่ได้รับโหลดที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไพโลไรซิสผสมกับน้ำมันดีเซลทดสอบที่ชั่วโมงการเดินเครื่องยนต์ (A) 100 ชั่วโมง (B) 200 ชั่วโมง และ (C) 300 ชั่วโมง

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบต่ำที่ใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ เทียบกับน้ำมันดีเซลในระยะการทำงาน 300 ชั่วโมง เพื่อศึกษาคุณสมบัติของการเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันไพโรไลซิส เปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง และผลกระทบต่อค่าควันดำไอเสียเครื่องยนต์โดยผลของการศึกษาสามารถสรุปได้เป็นประเด็นดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบต่ำที่ใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนผสม พบว่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่าง ๆ จะมีค่าแรงบิดที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลประมาณ 3.91 %อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไพโรไลซิสผสมน้ำมันดีเซล เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น BSFC จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นที่ 1200-1800 rpm น้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิส : น้ำมันดีเซลในสัดส่วน 100:0 , 98:2 และ 95:5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการสิ้น เปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลโดยที่การเดินเครื่องครบ 300 ชั่วโมง เท่ากับ 0.4223 0.6716 และ 0.7353 kg/kW.hr ตามลำดับ ผลกระทบต่อการปล่อยค่าควันดำ ขณะเครื่องยนต์ที่ไม่ได้รับโหลด

ตรวจวัดโดยการเทียบหาค่าความทึบแสง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีเดียวกันกับกรมการขนส่งใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจวัดควันดำ พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล และน้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิส : น้ำมันดีเซลในสัดส่วน 100:0 , 98:2 , 95:5 เปอร์เซ็นต์ มีค่า % ควันดำที่ 300 ชั่วโมงเท่ากับ 35 39 และ 68 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของค่าควันดำ การปล่อยควันดำสูงกว่า น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล ดังนั้นน้ำมันแต่ละอัตราส่วนต่างๆ ไม่เกินค่าภายใต้มาตรฐานที่กรมการขนส่งกำหนดคือ 50%

ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการใช้น้ำมันไพโรไลซิสเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล เพื่อลดอัตราของขยะพลาสติก และเป็นการนำเอาวัตถุดิบที่เหลือใช้นำกับมาใช้ใหม่ เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าของการลงทุน จากการทดสอบพบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิสที่มีส่วนผสมทุกสัดส่วนมีราคาที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล ทั้งนี้เป็นผลมาจากต้นทุนของเชื้อเพลิงน้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิส มีราคาค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าหากนำน้ำมันไพโรไลซิสผสมกับดีเซลจะมีราคาที่ลดลงจากเดิมจึงหน้าจะดึงดูดให้มีผู้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไพโรไลซิส ดังนั้นจึงมีข้อดีคือเป็นการนำของเหลือทิ้งเช่น ขยะพลาสติก เพื่อให้เกิดประโยชน์และเป็นการพัฒนาในด้านพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนที่จะหมดไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแหงชาติ (วช.) ประจำป พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมธุรกิจพลงงาน. (2565). “สรุปสถานการณ์การใช้พลังงานไทยในช่วงไตรมาสแรกของปี 2565 และแนวโน้มปี 2565”. [ระบบออนไลน์]: http://www.eppo.go.th php/th/?option =com_k2&view=item&id=18111:situation-info-highlight0600622. ค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2565.

[2] ฐานเศรษฐกิจดิจิทัล. “ขยะติดเชื้อ ปี 2564”. http://www.dpim.go.th/recycling /article?catid=228=3499. [ระบบออนไลน์]: ค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2565.

[3] สถานการณ์ “ขยะ” ของประเทศไทย. 2556. http://thaipublica.org/2013/05/weast-1/. ค้นเมื่อ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2558.

[4] รณศักดิ์ วิวัฒน์ปรีชานนท์, อดุลย์ จรรยาเลิศอดุลย์และชุมสันติ แสนทวีสุข. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันจากขยะพลาสติกและผลกระทบเมื่อใช้กับเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็ก. วิศวกรรมสาร มข. ปี 2013 ฉบับ 2 (229-235). เมษายน- มิถุนายน 2556.

[5] J. Devaraj, Y. Robinson, P. Ganapathi. (2015). “Experimental investigation of performance, emission and combustion characteristics of waste plastic pyrolysis oil blended with diethyl ether used as fuel for diesel engine”. Journal of Energy 85(2015) 304-309.

[6] M. Mani, G. Nagarajan, S. Sampath. Characterisation and effect of using plastic oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. Journal of Energy 36 (2011). 212-219.

[9] วิชชากร จารุศิริ. (2556). “การจัดการขยะเป็นแหล่งพลังงานด้วยการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง”. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 4 ฉบับที่ 7 มกราคม-มิถุนายน 2555. เมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2556.

[10] คณิต วัฒนวิเชียรและอรวรรณ กรรณิกา. (2556) เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก : การแปรรูปและผลการใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 15-17 ตุลาคม 2557

การออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก

Design of a hydraulic auger motor pilot axis on a mini excavator-backhoe

ศุภกร จิตติศักดิ์[1]* สุธี กลมกล่อม[1] โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ[1] คมสันต์ ชไนศวรรย์[1]
ธีราพรรณ แซ่แห่ว[1] และ คเณศ จุลสุคนธ์[1]

[1]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*Email: Suphakon.jk@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก 2) เพื่อสร้างชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก และ 3) เพื่อประเมินสมรรถนะชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก จากการวิจัยพบว่า ผลการประเมินแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 ท่าน ปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 อยู่ในระดับดี ผลการประเมินคุณภาพด้านการออกแบบชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กเพื่อสร้างชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 11 ท่าน ปรากฏว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 อยู่ในระดับ ดี จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า แบบชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กที่ออกแบบสามารถนำไปสร้างชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กได้ตามแบบที่กำหนด จากนั้นนำชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กที่สร้างขึ้นมาทดลองขุดเจาะดินเพื่อประเมินสมรรถนะของชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก

คำสำคัญ: : รถขุด-ตักขนาดเล็ก แกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิค ชุดจำลองหลักการทำงาน

Abstract

The objectives of this research were to design a hydraulic auger motor pilot axis on a mini excavator-backhoe, to construct a model of the working theory of a hydraulic auger motor pilot axis on a mini excavator-backhoe, and to evaluate the performance of the hydraulic drill motor pilot axis model on the mini excavator-backhoe. From the research, it was found that the results of a pilot-axis evaluation of hydraulic auger motors on mini excavators based on evaluation from 6 experts, it founded that the mean was 3.83, the standard deviation was 0.61, at a good level. The results of the quality assessment by using the hydraulic auger motor pilot axis on the mini excavator-backhoe is to create the model of the working theory of the hydraulic auger motor pilot axis on the mini excavator-backhoe. This result based on 11 experts, it was found that the mean was 4.10, the standard deviation was 0.52, at the good level. This

research can be concluded that the model of the working theory of the hydraulic auger pilot axis on the mini excavator-backhoe designed can be used to create a simulation of the working theory of the hydraulic auger motor pilot axis on the mini excavator-backhoe. According to the hydraulic auger motor pilot axis simulator on the mini excavator was used for soil drilling experiments to evaluate the performance of the hydraulic auger motor pilot axis simulator on the mini excavator-backhoe.

Keywords : Mini excavator-backhoe, Hydraulic auger motor pilot axis, Model of the working theory

1. บทนำ

ปัจจุบันในงานอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทยในภาพรวมนั้นขยายตัวดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากการก่อสร้างในโครงการขนาดใหญ่ต่างๆทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพและปริมณฑลเริ่มมีงานก่อสร้างขนาดใหญ่ อาทิ คอนโดมิเนียมและอาคารพาณิชย์ต่างๆและการเดินหน้าลงทุนของภาครัฐ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาโครงการพื้นฐานการก่อสร้างรถไฟเร็วสูง และรถไฟส่วนต่อขยายรวมไปถึงโครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก หรืออีอีซี จึงส่งผลให้ปัจจุบันมีการนำเครื่องสว่านขุดดินมาใช้มีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้น มีการนำมาใช้งานหลากหลาย เช่น การปักเสาไฟฟ้า การเจาะหลุมเพื่อตอกเสาเข็มของอุตสาหกรรมก่อสร้าง

บริษัท ทีซี บาร์เธอร์ส แพค จำกัด เป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจจำหน่ายเกี่ยวกับมอเตอร์สว่านและนำจำหน่ายสว่านขุดดินที่ใช้ในงานขุดเจาะในงานก่อสร้างบริษัทนำเข้ามอเตอร์สว่านจากต่างประเทศมาจำหน่ายและทำการผลิตดอกสว่านเอง การใช้งานมอเตอร์สว่านคือนำไปติดตั้งที่ปลายบูมของรถขุด-ตัก ประกอบกับดอกสว่านขุดเจาะดิน ซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้จากงานนอกเหนือจากการรับงานขุด-ตักและทางบริษัทได้ประสบปัญหาในเรื่องของความลึกในการขุดเจาะจากเดิมความลึกของหลุมอยู่ที่ประมาณสองเท่าของความสูงปลายบูมของรถขุด-ตัก ซึ่งทางบริษัทมีความต้องการที่จะขุดเจาะหลุมให้ได้ความลึกที่เพิ่มขึ้นเพื่อผู้ใช้สามารถรับงานได้มากยิ่งขึ้น พบว่าจากการศึกษา ชัยวัฒน์ [1] ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องเจาะดินสำหรับปลูกต้นไม้ขนาดเล็กที่สามารถลดต้นทุนการจ้างแรงงานทั้งยังสามารถลดความเมื่อยล้าและป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่าง ขุดดิน เครื่องเจาะดินทำงานโดยระบบส่งกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังชุดเฟืองทดเพื่อลดความเร็ว รอบให้ช้าลงตามที่ต้องการจากนั้นส่งต่อไปยังเพลาเพื่อหมุนด้วยความเร็วรอบตามที่ต้องการ ซึ่งที่ส่วนปลายของเพลามีหัวเจาะที่เจาะดินหมุนไปพร้อม ๆ กับเพลาและมีฝาครอบที่มีช่องคลายดินด้านข้างอยู่ส่วนปลายของเครื่อง ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากหัวเจาะ ผลการทดสอบสามารถเจาะดินได้ความกว้างของหลุมประมาณ 10 ซม. ลึก 15 ซม.สามารถนำมาใช้กับการขุดดินได้ดี จรุงศรี [2] ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในงานตอกเสาเข็ม หาแนวทางในการแก้ไขปัญหาความล่าช้าของงานตอกเสาเข็มในโครงการที่คล้ายคลึงกันให้เจ้าของ งาน ผู้ออกแบบ และผู้รับจ้าง สามารถนำข้อมูลงานวิจัยนี้ไปเตรียมความพร้อมและวางแผนงาน โดยมีประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ควบคุมงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในงานตอกเสาเข็ม ประชากรที่ใช้ ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหาร พนักงาน คนงาน หรือผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับงานตอกเสาเข็ม โครงการก่อสร้างศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีษะเกษ และบึงกาฬทั้ง 3 โครงการ ได้ ประชากรจำนวน 144 คน เครื่องมือที่ใช้ในการ รวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าน้ำหนักความสำคัญสำหรับกลุ่ม ตัวอย่างที่มากกว่า 2 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ความคิดเห็นร่วมของกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 โครงการเกี่ยวกับปัจจัยที่เป็น สาเหตุที่ก่อให้เกิดความล่าช้าทั้ง 5 ด้าน พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในงานตอกเสาเข็มที่มี ผลกระทบมากที่สุด คือ ปัญหาในการส่งมอบงานซึ่งเกิดจากขั้นตอนการส่งมอบล่าช้าโดยเกิดขึ้นกับบางโครงการรองลงมา คือ ปัญหาการตอกเสาเข็มมักพบการวางพิกัดตำแหน่งตอกเสาเข็มผิดพลาด มีความล่าช้าจากการขนส่งที่เกิดจากเครื่องมือและเครื่องจักรขาดความพร้อมไม่เพียงพอในการ ขนส่ง มีกระบวนการผลิตที่ล่าช้าเนื่องจากสภาพภูมิอากาศ และการบริหารงานที่ขาดสภาพคล้องทาง

การเงินตามลำดับ แต่เกิดขึ้นได้น้อยมาก ข้อเสนอแนะควรมีการบริหารงานโดยรักษาสภาพคล้องทางการเงินและลดปัญหาด้านผู้รับเหมาและขั้นตอนการ ส่งมอบล่าช้าเพื่อให้การส่งมอบงานเป็นไปตามกำหนดติดตามสภาพภูมิอากาศและตรวจสอบเครื่องมือเครื่องจักรให้มีความพร้อมเพียงพอในการตอกเสาเข็ม ควรมีการวางพิกัดตำแหน่งตอก เสาเข็มและการนับ Blow count ที่แม่นยำถูกต้อง ศักดา [3] ได้ศึกษาปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างฐาน รากเสาเข็มระบบรถเครนสว่าน รวมทั้งเสนอแนวทางป้องกันและแนวทางบรรเทาความเสี่ยง ผู้วิจัยได้รวบรวมปัจจัยเสี่ยง ทั้งหมด 59 ปัจจัย และนำเสนอแนวทางป้องกนัความเสี่ยง 8 แนวทางและแนวทางบรรเทาความเสี่ยง 6 แนวทาง โดยสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ จำนวน 12 ท่าน ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยง 10 อันดับ สูงสุดของโครงการก่อสร้างฐานรากเสาเข็ม เจาะระบบรถเครนสว่าน คือ1.ฝนตกหน้างาน 2. ระบบไฮดรอลิคในรถเครนสว่านชำรุดเสียหาย 3.การเบิกจ่ายงวดงานล่าช้า 4. น้ำท่วมไซต์งาน 5.ความเห็นในการทำงานไม่ตรงกัน 6. เครื่องยนต์ชำรุดเนื่องจากขาดการบำรุงรักษา 7. สลิงยกของขาด 8. พื้นที่ก่อสร้างคับแคบ 9.การประมาณราคา ค่าก่อสร้างผิดพลาด และ 10. สถานที่ก่อสร้างมีการจราจรหนาแน่นการเคร่งครัดในกฎระเบียบหน้าที่และความรับผิดชอบต่องาน พร้อมทั้งการประสานพูดคุยถึงปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นปัจจัยที่จะช่วยป้องกนัความเสี่ยงต่อโครงการได้ดีที่สุด แนวทางบรรเทาความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือการประชุมกับผู้เกี่ยวข้องกับปัญหาของงานเมื่อเกิดปัญหาในงานก่อสร้างและการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญจะเป็นปัจจัยที่จะช่วยบรรเทาความเสี่ยงต่อโครงการได้ดีที่สุด Jared Harnish [4] ได้ศึกษาแรงบิดในใบสว่านและความสัมพันธ์ของต้นกำลัง โดยใช้การใช้แกนนำร่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ เพื่อรับแรงอัดจำนวนมากและโหลดแรงดึง ทั้งขนาดของแรงบิดในการติดตั้งที่ต้องการและความจุของแกนนำร่องได้ สาเหตุโดยตรงจากความต้านทานแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นเหนือพื้นที่ฝังตัวของแกนนำร่อง รวมทั้งเพลาและแผ่นสว่าน ดังนั้นความจุของแกนนำร่องสัมพันธ์กับแรงบิดในการติดตั้ง โดยใช้ตัวบ่งชี้แรงบิดแรงดันไฮด รอลิค การศึกษาในปัจจุบัน Torque pin ถูกประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้วิธีสเตรนเกจเพื่อให้แม่นยำ การวัดแรงบิดในการติดตั้ง ผลลัพธ์ของการตรวจสอบแรงบิดได้รับการพิสูจน์ว่าถูกต้อง และทำซ้ำได้ นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบแรงอัดและแรงดึงตามแนวแกน โดยได้วิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อกำหนดความจุสูงสุดของการทดสอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากำลังสูงสุดของแกนนำร่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ สามารถกำหนดได้จากข้อมูลการทดสอบการรับน้ำหนักของแกนนำร่อง โดยใช้เกณฑ์ความล้มเหลวที่ตีความไว้ โดย Elkasabgy และ El Naggar และ Fuller & Hoy ที่วัดแรงบิดในการติดตั้งและค่าความจุสูงสุดที่สอดคล้องกันถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดต่อความจุตามพื้นที่ ซึ่งเหมาะสำหรับแกนนำร่องเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ด้วยเกลียวเดี่ยวและเกลียวคู่ นอกจากนี้ผลจากการทดสอบเครื่องมือที่มีสเตรนเกจให้คำอธิบายของกลไกการถ่ายโอนโหลดที่ต่างๆระดับของการโหลดตามแนวแกน พบว่า อาจต้องมีการตั้งถิ่นฐานที่มีนัยสำคัญเพื่อรวมความต้านทานของแบริ่งสุดท้าย เกลียวต่อท้ายมีส่วนสนับสนุนความสามารถที่สำคัญภายใต้แรงอัดที่มีส่วนน้อยภายใต้การรับแรงดึง

จากประเด็นความสำคัญและที่มาปัญหาดังกล่าวผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะออกแบบและทำการสร้างชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุดตักเพื่อเพิ่มความลึกในการขุดเจาะ ทำให้รถขุด-ตักขนาดเล็กสามารถทำงานได้หลากหลายขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก เพื่อสร้างชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาด เพื่อประเมินสมรรถนะชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่าน ไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบ

2.1.1 แกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ ในการวิจัยมีการศึกษาการออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก เพื่อติดตั้งบนรถขุด-ตัก Kubota รุ่น U55 โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฮดรอลิค Yonda YDR 602 ในการออกแบบมีการคำนวณหาความต้านแรงเฉือนคราก [5] ดังสมการที่ (1) คำนวณหาความเค้นเฉือน

อนุญาต ดังสมการที่ (2) คำนวณความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นที่เพลากลวง ดังสมการที่ (3) คำนวณหาแรงที่เกิดจากแรงบิด ดังสมการที่ (4) คำนวณหาความต้านแรงดึงคราก ดังสมการที่ 5 และคำนวณหาแรงที่แนวเชื่อมสามารถรับได้ *[7]* ดังสมการที่ 6

คำนวณความแข็งของเพลากลวงที่ใช้ในการส่งกำลัง [5]

จากต้นกำลังมอเตอร์ไฮดรอลิค ยี่ห้อ YONDA YDR 602

- ใช้แรงบิดเกียร์ 1 ในการออกแบบและใช้งาน T = 5750 Nm.
- แรงดันน้ำมัน 205 bar อัตราการไหล 170 l/min
- วัสดุที่ใช้ st 52 ค่า yield strength เท่ากับ 355 N/mm^2

- หาความเค้นเฉือนอนุญาต (จากทฤษฎีความเค้นเฉือนออคตะฮีดรัล) [5]

ความต้านแรงเฉือนคราก จากสูตร $\tau_y = 0.6\sigma_y$ (1)

แทนค่า $\tau_y = 0.6\ x\ 355\ N/mm^2$

$\tau_y = 213\ N/mm^2$

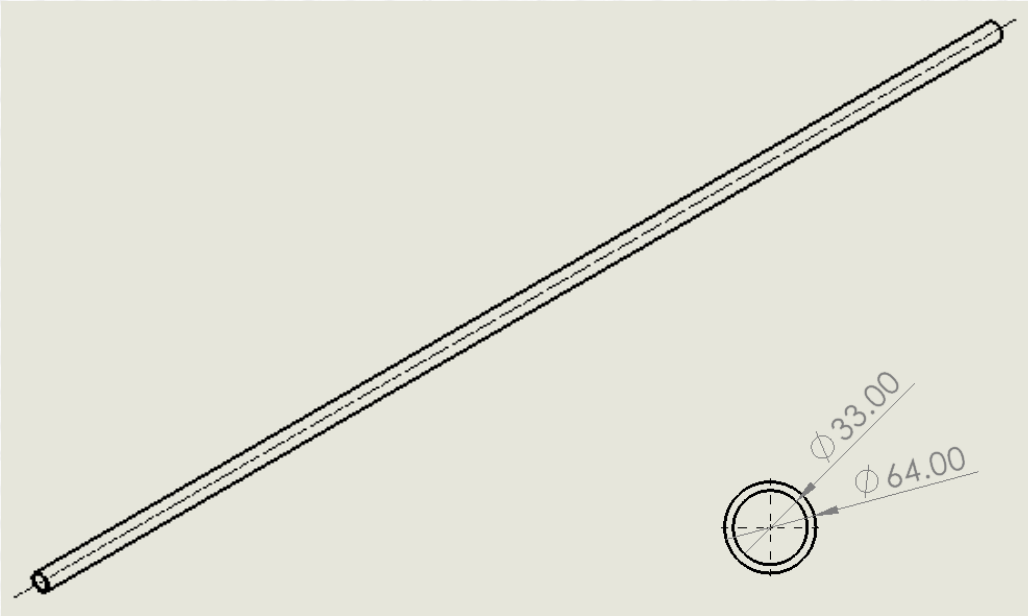
- ความเค้นเฉือนอนุญาต จากสูตร $\tau_{allow} = \frac{\tau_y}{N_y}$ (2)

(สมมติให้แรงที่กระทำต่อเพลากลวงมีแรงกระทำสม่ำเสมอหรือแรงอยู่นิ่ง ใช้ $N_y = 1.5$)

$$\tau_{allow} = \frac{213}{1.5} = 142\ N/mm^2$$

∴ ความเค้นเฉือนอนุญาต เท่ากับ $142\ N/mm^2$

- เพลากลวงขนาด 2.5 นิ้ว , sch80



พิจารณาความแข็งแรงของเหล็กโครงสร้างเพลากลวงที่ใช้ส่งกำลัง

จากสูตร $$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (3)$$

เนื่องจาก
$$J = \frac{\pi}{32}(d_o^4 - d_i^4)$$
$$= \frac{\pi}{32}(0.064^4 - 0.033^4)$$
$$= 1.53\ x\ 10^{-6}\ m^4$$

แทนค่า $$\tau = \frac{5750\ Nm.\ (0.031)m}{1.53\ x\ 10^{-6}\ m^4}$$
$$= 116.5\ x\ 10^6\ N/m^2$$
หรือ $$= 116.5\ N/mm^2$$

∴ ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นที่เพลากลวงขนาด 2.5 นิ้ว เท่ากับ *116.5* N/mm^2

ความแข็งแรงของลิ่มส่งกำลัง แกนนำร่องหมายเลข 1

- **กรณีรับแรงอัด**

พิจารณาค่าความแข็งแรงของโครงสร้างลิ่ม

- เลือกใช้วัสดุ *S45C Yield Strength* เท่ากับ 490 N/mm^2
- ลิ่มมีขนาดพื้นที่หน้าตัด (*A*) ที่ใช้ในการส่งกำลัง เท่ากับ 3000 mm^2

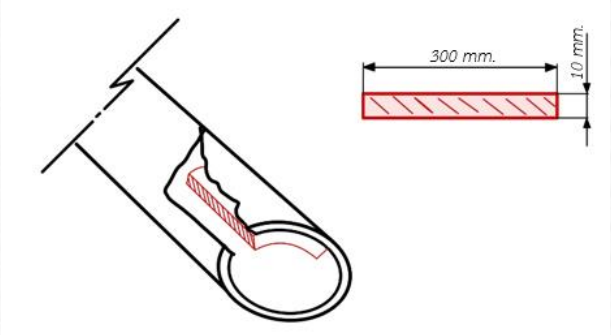
จากสูตร $$\sigma_{allow} = \frac{F}{A}$$
$$F = \sigma_{allow}\ x\ A$$
แทนค่า $$F = 490\ N/mm^2\ x\ 3000\ mm^2$$
$$F = 1{,}470{,}000\ N$$

เนื่องจากในการส่งกำลังโดยลิ่มเมื่อผ่านการใช้งานอาจมีการสึกหรอของลิ่มทำให้มีระยะขบของลิ่มมากขึ้นจึงอาจทำเกิดแรงกระแทกเล็กน้อย จึงเลือกใช้ *factor of safety* เท่ากับ 3

จะได้ $\frac{1{,}470{,}000}{3}$ = *490*,000 *N.*

∴ ลิ่มแต่ละชิ้นสามารถรับแรงได้ *490*,000 *N.*

คำนวณหาแรงที่เกิดจากแรงบิด [6]



จากการออกแบบแกนนำร่องหมายเลข 1

แรงบิดจากมอเตอร์ไฮดรอลิค เท่ากับ 5,750 *Nm*

- รัศมี *(r)* ด้านรับแรงเฉลี่ย $r_m = \frac{51.85+63.85}{2} = 57.35\ mm.$

จากสูตร $F = \frac{T}{r}$ (4)

แทน $= \frac{5{,}750\ Nm.}{0.057\ m.}$

$= 100{,}877.19\ N.$

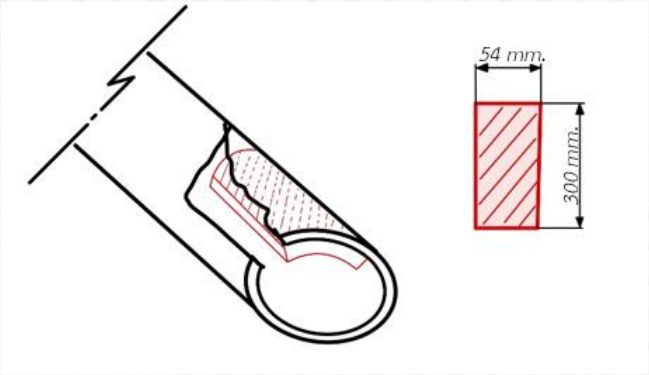
จะได้แรงที่เกิดจากบิดขนาด 5,750 *Nm.* กระทำกับลิ่มรัศมี 0.057 *m.* มีค่าเท่ากับ 100,877.19 *N.*

<u>เนื่องจากลิ่มมีทั้งหมด 3 ชิ้น</u>

แรงที่กระทำลิ่มแต่ละชิ้น เท่ากับ $\frac{100{,}877.19}{3} = 33{,}625.73\ N.$

ดังนั้น สรุปได้ว่าลิ่มแต่ละชิ้นสามารถรับแรงได้ 490,000 *N.* และแรงที่เกิดจากการส่งกำลังแรงบิดกระทำกับลิ่มแต่ละชิ้นเท่ากับ 33,625.73 *N.*จึงทำให้ลิ่มที่ออกแบบชุดนี้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

- **กรณีรับแรงเฉือน**



- พื้นที่รับแรงเฉือนมีขนาด เท่ากับ 54 *x 300* = 16,200 mm^2

- เลือกใช้วัสดุ *S45C Yield Strength* เท่ากับ 490 N/mm^2หาความเค้นเฉือน เมื่อแรงที่เกิดจากแรงบิดกระทำต่อลิ่ม 1 ชิ้น ของแกนนำร่องหมายเลข 1 มีขนาด เท่ากับ 33,625.73 *N.*

จากสูตร $\tau = \frac{F}{A}$

$= \frac{33{,}625.73\ N}{16{,}200\ mm^2}$

$= 2.076\ N/mm^2$

หาความเค้นเฉือนอนุญาต (จากทฤษฎีความเค้นเฉือนออคตะฮีดรัล)*[7]*

ความต้านแรงเฉือนคราก จากสูตร $\tau_y = 0.6\sigma_y$

แทนค่า $\tau_y = 0.6\ x\ 490\ N/mm^2$

$\tau_y = 294\ N/mm^2$

- ความเค้นเฉือนอนุญาต จากสูตร $\tau_{allow} = \frac{\tau_y}{N_y}$

(เนื่องจากในการส่งกำลังโดยลิ่มเมื่อผ่านการใช้งานอาจมีการสึกหรอทำให้เกิดแรงกระแทกเล็กน้อย ใช้ $N_y = 3$)

$$\tau_{allow} = \frac{294}{3} = 98\ N/mm^2$$

∴ ความเค้นเฉือนอนุญาต เท่ากับ $98\ N/mm^2$

ดังนั้น ลิ่มแต่ละชิ้นสามารถรับแรงเฉือนได้ $98\ N/mm^2$ แต่แรงเฉือนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการส่งกำลัง มีค่าเท่ากับ $2.076\ N/mm^2$ แสดงให้เห็นว่าลิ่มที่ออกแบบสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

คำนวณความแข็งแรงแนวเชื่อมของแกนนำร่องหมายเลข 3

ลวดเชื่อม *AWS A 5.20 E71T-1C (12mm.)* คุณสมบัติทางกล

- ความต้านแรงดึง (σ_u) $550\ N/mm^2$

หาความต้านแรงดึงคราก

จากสูตร $\sigma_y = 0.82\sigma_u$ (5)

แทนค่า $\sigma_y = 0.82(550)\ N/mm^2$

$\sigma_y = 451\ N/mm^2$

∴ ความต้านแรงดึงคราก เท่ากับ $451\ N/mm^2$

หาความต้านแรงเฉือนคราก

จากสูตร $\tau_y = 0.6\sigma_y$

$\tau_y = 0.6(451)\ N/mm^2$

$\tau_y = 270.6\ N/mm^2$

∴ ความต้านแรงเฉือนคราก เท่ากับ $270.6\ N/mm^2$

หาแรงที่แนวเชื่อมสามารถรับได้

- ความสูงแนวเชื่อม (*h*) 6 *mm.*
- *t = 0.707xh = 0.707 x 6 mm. = 4.28 mm.*

(เนื่องจากในการส่งกำลังเกิดแรงกระแทกเล็กน้อย ใช้ $N_y = 3$)

จากสูตร $F = \frac{\tau_y \times 2tl}{N_y}$ (6)

$F = \frac{\tau_y \times 2(4024)(1{,}200)}{3}\ N$

$F = 917{,}875.20\ N$

∴ แรงที่แนวเชื่อมสามารถรับได้มีค่าเท่ากับ 917,875.20 *N*

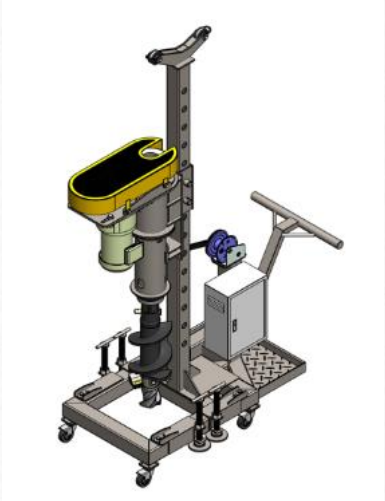
ดังนั้น จากการคำนวณความแข็งแรงของแนวเชื่อมในการเชื่อมลิ่มที่ใช้ส่งกำลังของแกนนำร่องหมายเลข 3 สามารถรับแรงได้ 917,875.20 *N* โดยแกนนำร่องหมายเลข 3 จะถูกส่งกำลังจากลิ่มของแกนนำร่องหมายเลข 2 ซึ่งมีแรงกระทำสูงที่สุดอยู่ที่ 49,398.62 *N* ซึ่งแนวเชื่อมนี้สามารถรับแรงในการใช้งานได้อย่างปลอดภัย (เนื่องจากการส่งกำลังของลิ่มแกนนำร่องหมายเลข 2 มีแรงที่กระทำสูงสุดจึงใช้การคำนวณแนวเชื่อมของแกนนำร่องหมายเลข 3 เพียงแกนเดียว)

จากการศึกษาข้อมูลรถขุด-ตัก มอเตอร์ไฮดรอลิคและการคำนวณนำไปใช้ประกอบการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก โดยใช้โปรแกรม เขียนแบบ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก

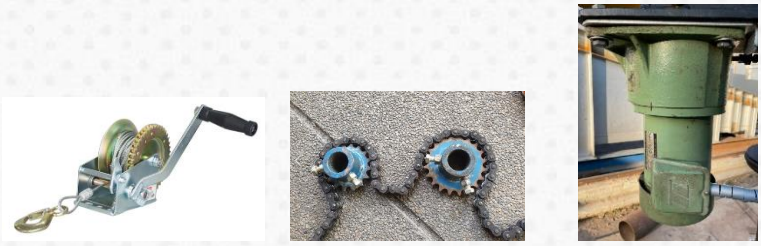
2.1.2 ชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก จากผลการออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้นำหลักการทำงานมาใช้ในการออกแบบและผลิตชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์เกียร์ ขนาด 1 แรง แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก

***2.2 การผลิต*ชุดจำลองหลักการทำงาน**

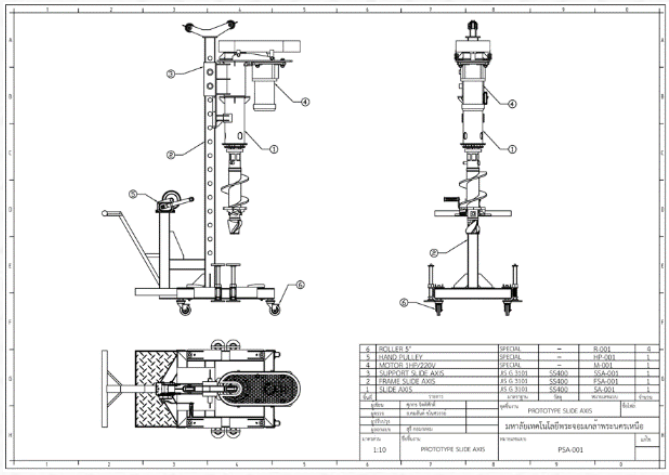
2.2.1 เตรียมชิ้นงานและอะไหล่ของชุดจำลองหลักการทำงาน ผู้วิจัยได้เลือกรอกสลิงมือหมุนขนาด 540 กิโลกรัมโดยเลือกใช้จากการคำนวณน้ำหนักของชุดแกนนำร่องและชุดหัวนำขุดเจาะมีน้ำหนัก เท่ากับ 160 กิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 3 ก) เลือกใช้มอเตอร์และเฟืองโซ่ส่งกำลังโดยได้จากการคำนวณความเร็วรอบและอัตราทด แสดงดังรูปที่ 3 ข)และรูปที่ 3 ค)



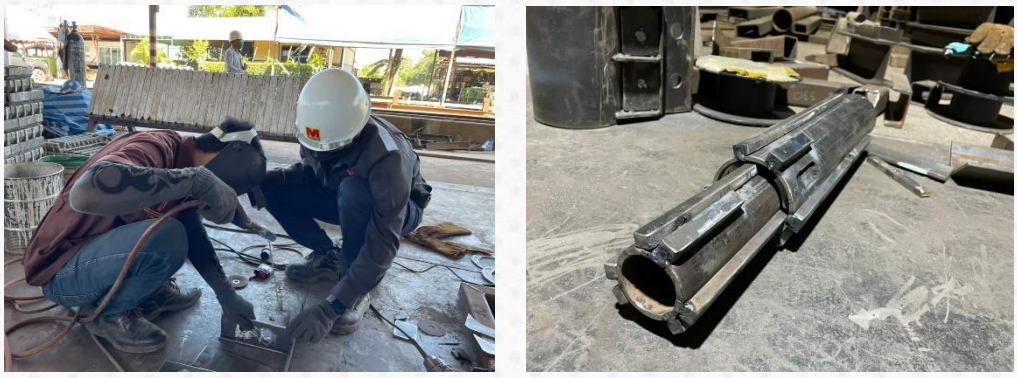
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3 (ก) รอกสลิงมือหมุน (ข) ชุดเฟืองและโซ่ (ค) มอเตอร์เกียร์ขนาด 1 แรงม้า

2.2.2 การประกอบชิ้นงานและอะไหล่ของชุดจำลองหลักการทำงาน ผู้วิจัยได้ประกอบและติดตั้งชิ้นงาน อะไหล่ตามแบบ แสดงดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5



รูปที่ 4 แบบประกอบชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก

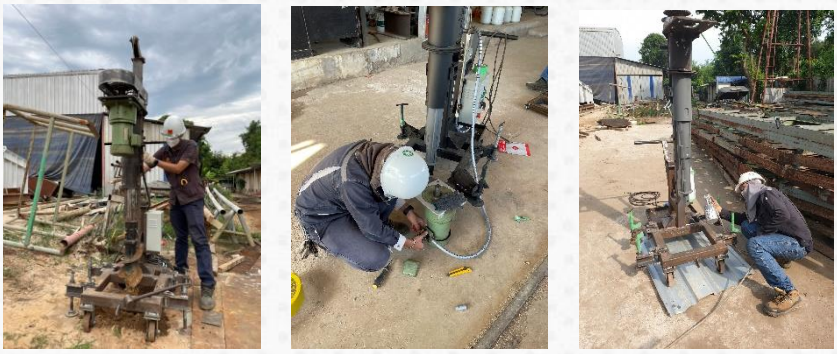


(ก) (ข)

รูปที่ 5 (ก) การประกอบชิ้นงาน(ชุดประคองแกน) (ข) การประกอบชิ้นงาน(แกนนำร่องสว่าน)

2.3 การทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อบกพร่อง

ทดสอบและหาจุดบกพร่องของชุดจำลองหลักการทำงาน ผู้วิจัยได้ทดสอบใช้งาน โดยนำไปทดสอบขุดเจาะดิน(แสดงดังรูปที่ 6)เพื่อหาจุดบกพร่องในการใช้งานและนำข้อบกพร่องที่พบนำไปปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 6 (ก)ทดสอบการใช้งานขุดเจาะดิน (ข) เก็บความเรียบร้อยสีของชิ้นงาน (ค) เก็บความเรียบร้อยของระบบไฟฟ้า

2.5 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล

2.5.1 การศึกษาการออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิค เพื่อออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิค จากการวิเคราะห์ความสามารถของรถขุดตัก ยี่ห้อ KUBOTA รุ่น U-55 ความสามารถของมอเตอร์สว่านไฮดรอลิค

2.5.1.1 วิเคราะห์ผลข้อมูลจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการประเมินออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ

2.5.1.2 วิเคราะห์ผลข้อมูลจากการจำลองการรับภาระแรงของแบบแกนนำล่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ โดย โปรแกรม solid work

2.5.2 เพื่อสร้างชุดจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก

2.5.2.1 วิเคราะห์ผลข้อมูลจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการประเมินชุดจำรองหลักการทำงานแกนนำล่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก

2.5.3 แบบบันทึกผลการประเมินแบบบันทึกผลการประเมินที่ผู้ทำวิจัยจัดทำขึ้นใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลการออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการประเมินการออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิดบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ โดยมีผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 6 ท่าน ในการประเมินแบบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินการออกแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรกขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ

ประเด็นความคิดเห็น	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	3.6	0.55	ดี
2. มีความสวยงาม	3.7	0.55	ดี
3. มีขนาดที่กะทัดรัดกับการใช้งาน	4	0.65	ดี
4. มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้อย	3.8	0.84	ดี
5. มีความสะดวกต่อการใช้งาน	3.8	0.55	ดี
6. มีความคงทนต่อการใช้งาน	3.7	0.89	ดี

7. มีความสะดวกต่อการติดตั้งเครื่อง	3.6	0.55	ดี
8. มีการบำรุงรักษาง่าย	3.4	0.55	พอใช้
9. น่าสนใจที่จะนำไปพัฒนาต่อ	4.4	0.55	ดี
10. การออกแบบสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้	4.3	0.45	ดี
เฉลี่ย	**3.83**	**0.61**	**ดี**

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบมีคุณภาพเฉลี่ยรวม 3.83 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพดี ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.61

3.2 ผลการประเมินชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก โดยมีผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 11 ท่าน ในการประเมินแบบชุดจำลองหลักการทำ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการออกแบบชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก

ประเด็นความคิดเห็น	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	3.81	0.42	ดี
2. มีความสวยงาม	4.00	0.62	ดี
3. มีขนาดกะทัดรัดกับการใช้งาน	4.45	0.68	ดี
4. มีการใช้จำนวนคนปฏิบัติงานน้อยลง	4.00	0.50	ดี
5. มีความสะดวกต่อการใช้งาน	4.18	0.75	ดี
6. มีความทนทานต่อการใช้งาน	3.81	0.75	ดี
7. มีความสะดวกต่อการติดตั้ง	3.72	0.51	ดี
8.มีการบำรุงรักษาง่าย	3.81	0.40	ดี
9. สามารถจำลองหลักการทำงานจากต้นแบบได้	4.18	0.60	ดี
10.น่าสนใจที่จะนำไปพัฒนาต่อ	5.00	0	ดี
เฉลี่ย	**4.10**	**0.52**	ดี

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินการออกแบบชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก พบว่า มีคุณภาพเฉลี่ยรวม 4.10 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพ ดี ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.52

3.3 ผลการทดสอบขุดเจาะดินโดยชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบชุดจำลองหลักการทำงาน โดยมีรายละเอียดการเก็บข้อมูลต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3 และรูปที่ 7



(ก) (ข)

รูปที่ 7 (ก) การใช้งานชุดจำลองหลักการทำงาน (ข) การวัดระยะความลึกของหลุมที่ขุดเจาะ

4. บทสรุป

4.1 ผลการประเมินแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 ท่าน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าแบบแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กต้นแบบ มีคุณภาพเฉลี่ยรวม 3.83 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพ ดี ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.61

4.2 ผลการประเมินการออกแบบชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็ก จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 11 ท่าน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก มีคุณภาพเฉลี่ยรวม 4.10 ซึ่งอยู่ในระดับคุณภาพ ดี ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน เท่ากับ 0.52

4.3 ผลการขุดเจาะดินโดยชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตัก มีการควบคุมตัวแปร ได้แก่ ความลึกของหลุม,ความเร็วรอบมอเตอร์,สว่านที่ผลิตระยะเวลา พื้นที่ดินที่เจาะต้องเป็นพื้นที่เดียวกัน ผลการขุดเจาะดินตัวอย่างที่ตำบลบ้านช่อง อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าชุดจำลองหลักการทำงานสามารถขุดเจาะดินได้ตามแผนที่กำหนดและสามารถจำลองหลักการทำงานของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กได้ จึงสรุปได้ว่าชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถจำลองหลักการทำงานการขุดเจาะดินของแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิคบนรถขุด-ตักขนาดเล็กได้ตรงตามวัตถุประสงค์

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ทีซี บราเธอร์ส แพค จำกัด , บริษัท ทีซี เครน แมชชีนเนอรี่ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ ในการศึกษาและปฏิบัติงาน ขอขอบคุณ บริษัท เมคคานิคอล คอนสตรัคชั่น จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการปฏิบัติงานและการใช้งานชุดจำลองหลักการทำงานแกนนำร่องมอเตอร์สว่านไฮดรอลิค ทดสอบขุดเจาะดิน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Chaiyawat. (2016). Research on the development of earth auger for planting trees. [Online]. Available: https://dspace.rmutk.ac.th

[2] Jarungsri Poklang, “Factors Affecting Delay of Pilng in rice seed center construction,” M.S. thesis, Dept.civ.Eng, SUT. Univ., Nakhon Ratchasima, Thailand, 2016.

[3] Sakda Ruenguttamanand, “A risk analysis of bored pile construction project by crane auger system,” M.S. thesis, Dept. civ. Eng, SUT. Univ., Nakhon Ratchasima, Thailand, 2017

[4] Jared Louis Hamish (2015) [online].https://ir.lib.uwo.ca/etd/?utm_source=ir.lib.uwo.ca

[5] B. Sornnil and S. Watanasriyakul, Tabellenbuch Metall, 1 3 rd ed. Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 2018.

[6] W. Ongphakorn and Ch. Thanatngan. Machine Design I. SE-Education Public Company Limited.

[7] W. Ongphakorn and Ch. Thanatngan. Machine Design II. SE-Education Public Company Limited.

ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน โดยใช้อะซิโตนหรือน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม

Transesterification of palm olein oil using acetone or biodiesel as a co-solvent

ธีรภัทร หรูปานวงษ์[1*] และ พงศ์ธร เจริญศุภนิมิตร[1]

[1]สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[*]Email: teerapatrupanwong@gmail.com

บทคัดย่อ

น้ำมันไบโอดีเซลเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่เกิดจากปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชและเมทานอล แต่เนื่องจากน้ำมันพืชและเมทานอลละลายเข้าด้วยกันได้น้อย การใส่ตัวทำละลายร่วม (co-solvent) เพื่อทำให้สารตั้งต้นสามารถละลายกันได้ดีขึ้นจึงถูกนำมาศึกษา งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เมื่อใช้อะซิโตนหรือน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม การทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (batch reactor) ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ที่ปริมาณตัวทำละลายร่วมตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 10 โดยมวลของน้ำมันพืช อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชถูกกำหนดไว้ที่ 6 ต่อ 1 และ ใช้โซเดียมเมทอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่น้ำหนักร้อยละ 1 โดยมวลของน้ำมันพืช ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น และการใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม สามารถเพิ่มร้อยละผลได้ของเมทิลเอสเทอร์

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน ตัวทำละลายร่วม น้ำมันไบโอดีเซล

Abstract

Biodiesel is one of the renewable energies for diesel engines, which can be produced by transesterification of vegetable oil and methanol. Since oil and methanol are barely miscible, co-solvent is added to increase the miscibility of these reactants. The purpose of this research is to study transesterification of palm olein oil using acetone or biodiesel as co-solvents. The experiments are conducted in a batch reactor at a temperature range of 40 °C to 60 °C. The amounts of co-solvents are varied from 0 % to 10 % with respect to the oil mass. The methanol-to-oil molar ratio is fixed at 6:1 and sodium methoxide used as a catalyst is employed at 1 % of oil mass. The results show that increasing the temperature can significantly increase the rate of reaction. Further, using acetone as a co-solvent can improve methyl ester yield.

Keywords: Transesterification, co-solvent, biodiesel

1. บทนำ

แฟตตีแอซิดเมทิลเอสเทอร์ (Fatty acid methyl ester; FAME) หรือน้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ผลิตได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ปัจจุบันมีการศึกษาการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชหลายชนิด ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้น้ำมันปาล์มโอเลอินมีจำนวนมาก และราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น ดังนั้นน้ำมันปาล์มโอเลอินจึงเป็นน้ำมันที่นิยมใช้ในการผลิตไบโอดีเซลในภูมิภาคนี้ และถูกเลือกเพื่อศึกษาในงานวิจัยนี้

โดยปกติแล้ว ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต่อเนื่อง 3 ขั้นตอน และสามารถผันกลับได้ [1] โดยขั้นแรกน้ำมันพืชหรือสารไตรกลีเซอร์ไรด์จะทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้สารไดกลีเซอร์ไรด์และน้ำมันไบโอดีเซล จากนั้นขั้นที่สองสารไดกลีเซอร์ไรด์จะทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้สารมอนอกลีเซอร์ไรด์และน้ำมันไบโอดีเซล และขั้นสุดท้ายสารมอนอกลีเซอร์ไรด์ทำปฏิกิริยากับเมทานอล ได้กลีเซอรอลและน้ำมันไบโอดีเซล ดังที่แสดงในสมการที่ (1) ถึง (3) หรือกล่าวโดยรวมคือสารไตรกลีเซอร์ไรด์ 1 โมลจะทำปฏิกิริยากับเมทานอล 3 โมลได้น้ำมันไบโอดีเซล 3 โมล และกลีเซอรอล 1 โมล

$$\text{Triglycerides} + \text{Methanol} \leftrightarrow \text{Diglycerides} + \text{FAME} \quad (1)$$

$$\text{Diglycerides} + \text{Methanol} \leftrightarrow \text{Monoglycerides} + \text{FAME} \quad (2)$$

$$\text{Monoglycerides} + \text{Methanol} \leftrightarrow \text{Glycerol} + \text{FAME} \quad (3)$$

เนื่องจากปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่สามารถผันกลับได้ ทำให้การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยทั่วไปจะใช้อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันพืชที่ 6:1 ซึ่งสูงกว่าสัดส่วนที่ต้องการตามปริมาณสารสัมพันธ์ (stoichiometric ratio) ที่ 3:1 เพื่อทำให้ไตรกลีเซอร์ไรด์ถูกใช้จนหมด และตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกเบสของแอลคาไลน์ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเมทอกไซด์ โพแทสเซียมเมทอกไซด์ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกเบสก่อให้เกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่สูงกว่า อุณหภูมิที่ใช้ในปฏิกิริยาต่ำกว่า และกัดกร่อนอุปกรณ์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาจำพวกกรด โดยงานวิจัยนี้จะเลือกใช้โซเดียมเมทอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ปริมาณร้อยละ 1 โดยมวลของน้ำมันพืช เนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล [2]

นอกจากนี้ ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างของเหลวสองวัฏภาค ได้แก่ วัฏภาคน้ำมัน (oil phase) และวัฏภาคเมทานอล (methanol phase) เนื่องจากน้ำมันพืชละลายในเมทานอลได้น้อย ปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันพืชและเมทานอลเป็นปฏิกิริยาที่เกิดช้าในช่วงต้นของการเกิดปฏิกิริยา [1] เพราะน้ำมันพืชต้องแพร่จากวัฏภาคน้ำมันไปยังวัฏภาคเมทานอลแล้วจึงเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาละลายอยู่ในวัฏภาคของเมทานอลเป็นหลัก [3] เมื่อน้ำมันไบโอดีเซลเกิดขึ้นในปริมาณหนึ่ง ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซลสามารถประพฤติตัวเป็นตัวทำละลาย ทำให้น้ำมันพืชและเมทานอลละลายกันได้ดีขึ้น

โดยทั่วไป น้ำมันไบโอดีเซลจะถูกผลิตที่อุณหภูมิไม่เกินจุดเดือดของเมทานอลหรือ 60 ถึง 65 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุดในขณะที่เมทานอลยังคงเป็นของเหลว อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มการละลายของเหล่ากลีเซอร์ไรด์ในเมทานอล และเนื่องจากการใช้ตัวทำละลายร่วมสามารถเพิ่มการละลายของเหล่ากลีเซอร์ไรด์ในเมทานอล การใช้ตัวทำละลายร่วมอาจช่วยให้การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำลง ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยฉบับนี้จึงศึกษาการใช้ตัวทำละลายร่วมในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เพิ่มเติมจากการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่อุณหภูมิปกติที่ 60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาชนิดของตัวทำละลายร่วมที่ส่งผลต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยปริมาณของตัวทำละลายร่วมที่ใช้ในการทดลอง จะถูกกำหนดไว้ที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันพืช เนื่องจากเป็นปริมาณที่เพียงพอที่จะเห็นผลกระทบของตัวทำละลายร่วม [4] โดยชนิดของตัวทำละลายร่วม ได้แก่ อะซิโตน และน้ำมันไบโอดีเซลถูกเลือกบนพื้นฐานของความสะดวกในการใช้ในระดับอุตสาหกรรม

การใช้อะซิโตน หรือ น้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมในปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มเป็นประโยชน์ต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลในระดับอุตสาหกรรม เช่น ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม จากงานวิจัยของ Y. Maeda และคณะ [5] แสดงให้เห็นว่า การใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วมทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาและร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลสูงขึ้น นอกจากนี้ การใช้อะซิโตนที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกับเมทานอล จะทำให้อะซิโตนถูกกู้คืนมาพร้อมกับเมทานอลที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ในขั้นตอนของการกู้คืนเมทานอล (methanol recovery) ด้วยการระเหย (evaporation) ในทางเดียวกัน การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลโดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลเองเป็นตัวทำละลายร่วม ทำให้เหล่ากลีเซอไรด์ละลายกับเมทานอลได้ดีขึ้น ดังแสดงในงานวิจัยของ S.N. Csernica และคณะ [3] นอกจากนี้ การใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมยังมีข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ไม่ต้องแยกตัวทำละลายร่วมออกจากผลิตภัณฑ์

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า การใช้ตัวทำละลายร่วมส่งผลดีต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ที่ควรเป็นประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการละลายของเหล่ากลีเซอร์ไรด์ในเมทานอล ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาและร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซล และความเป็นไปได้ในการลดอุณหภูมิของการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลที่อาจนำไปสู่การประหยัดพลังงาน ความพยายามในการศึกษาผลกระทบของตัวทำละลายร่วมต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลดังกล่าวนำไปสู่วัตถุประสงค์ของการวิจัยดังต่อไปนี้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวทำละลายร่วม ได้แก่ อะซิโตนหรือน้ำมันไบโอดีเซล ต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอิน เพื่อผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

3. ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาอิทธิพลของตัวทำละลายร่วมต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม เทียบกับกรณีที่ไม่มีตัวทำละลายร่วม การเปรียบเทียบดังกล่าวจะทำที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยตัวทำละลายร่วม ได้แก่ อะซิโตนหรือน้ำมันไบโอดีเซล ถูกกำหนดไว้ที่ปริมาณร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันพืช อัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลต่อน้ำมันปาล์มที่ 6:1 และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาหรือโซเดียมเมทอกไซด์ ที่ร้อยละ 1 โดยมวลของน้ำมันพืช

4. วิธีการวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองทำในเครื่องปฏิกิกรณ์ที่ทำจากแก้วขนาด 2 ลิตร ปั่นกวนโดยใช้แท่งแม่เหล็กกวน (magnetic stirrer) ให้ความร้อนด้วยเครื่องทำความร้อนแบบแผ่น (belt heater) ควบคุมอุณหภูมิด้วยตู้ควบคุมอุณหภูมิ และมีคอนเดนเซอร์ (condenser) เพื่อควบแน่นสารที่ระเหยระหว่างการทดลอง อาทิ เมทานอล และอะซิโตน

4.2 วิธีการทดลอง

ในแต่ละการทดลอง ลำดับแรก เทน้ำมันพืช 400 กรัม ลงในเครื่องปฏิกรณ์ จากนั้นเปิดเครื่องปั่นกวนและเครื่องทำความร้อน เมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่ต้องการ จึงผสมเมทานอล โซเดียมเมทอกไซด์และตัวทำละลายร่วมเข้าด้วยกัน แล้วเทสารผสมลงเครื่องปฏิกรณ์ แล้วจึงเริ่มจับเวลาการทดลอง เก็บตัวอย่างปริมาณ 5 มิลลิลิตร ตามเวลาที่ต้องการ ตัวอย่างที่เก็บมาจะถูกหยุดปฏิกิริยาโดยการหยดกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวล ปริมาณ 6 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำไปล้างด้วยน้ำดีไอออไนซ์ 3 ครั้ง หรือจนกว่าค่าพีเอชของน้ำดีไอออไนซ์จะไม่เปลี่ยนแปลง แล้วจึงนำตัวอย่างไปกรองผ่านโซเดียมซัลเฟรตแอนไฮดรัส เพื่อกำจัดน้ำจากขั้นตอนการล้าง จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน

4.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์ตามมาตรฐาน EN14103 โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ จากนั้นคำนวณหาร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลตามสมการที่ (4)

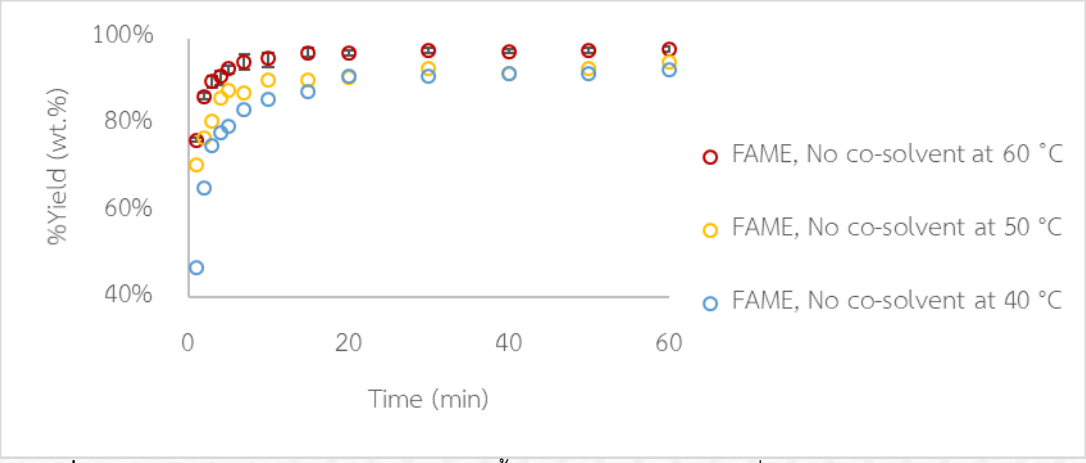
$$\%\text{FAME yield} = \frac{\text{FAME}_{\text{detected}}\ (g) - \text{FAME}_{\text{initial}}\ (g)}{\text{Oil}_{\text{initial}}\ (g)} \times 100 \qquad (4)$$

5. ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มโอเลอินเมื่อมีตัวทำละลายร่วม ได้แก่ อะซิโตนและน้ำมันไบโอดีเซล เทียบกับกรณีที่ไม่มีตัวทำละลายร่วม เพื่อความชัดเจนของบทความ การอภิปรายผลการวิจัยจะแบ่งเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ 5.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม 5.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม เมื่อมีตัวทำละลายร่วม และ 5.3 การเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลระหว่างกรณีที่มีและไม่มีตัวทำละลายร่วม

5.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม

อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม ถูกศึกษาที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส โดยร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ถูกแสดงดังรูปที่ 2 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เวลา 1 นาทีสูงขึ้น การที่ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เวลา 1 นาทีสูงขึ้นนั้นบ่งชี้ว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาช่วงแรก (initial rate) สูงขึ้น เนื่องจากเมทานอลและน้ำมันพืชสามารถละลายกันได้ดีขึ้น กล่าวคือ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มโอกาสที่โมเลกุลของสารตั้งต้นจะชนกันได้ง่ายขึ้นตามทฤษฎีของกฎอัตรา (rate law) นอกจากนี้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นสามารถเพิ่มร้อยละผลได้สุดท้ายของน้ำมันไบโอดีเซล เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เหล่ากลีเซอร์ไรด์และเมทานอลในช่วงท้ายของปฏิกิริยาละลายกันได้ดีขึ้น



รูปที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซล (FAME) เมื่อไม่มีตัวทำละลายร่วม

เนื่องจากปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน [6] อุณหภูมิที่สูงขึ้นควรส่งผลให้ร้อยละผลได้สุดท้ายของน้ำมันไบโอดีเซลต่ำลงตามหลักสมดุลเคมี อย่างไรก็ตาม จากแนวโน้มของร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลสุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่มีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้น ผลการศึกษาดังกล่าวบ่งชี้ว่า ในช่วงท้ายของปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม ปฏิกิริยาไม่ควรถูกจำกัดด้วยสมดุลเคมี แต่ถูกจำกัดด้วยปัจจัยอื่น อาทิ สมดุลของการถ่ายโอนมวลสารข้ามวัฏภาค ซึ่งตัวทำละลายร่วมจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสมดุลดังกล่าว ดังนั้นหัวข้อที่ 5.2 จึงอภิปรายเกี่ยวกับอิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม เมื่อมีตัวทำละลายร่วม

5.2 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม เมื่อมีตัวทำละลายร่วม

5.2.1 ช่วงต้นของการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

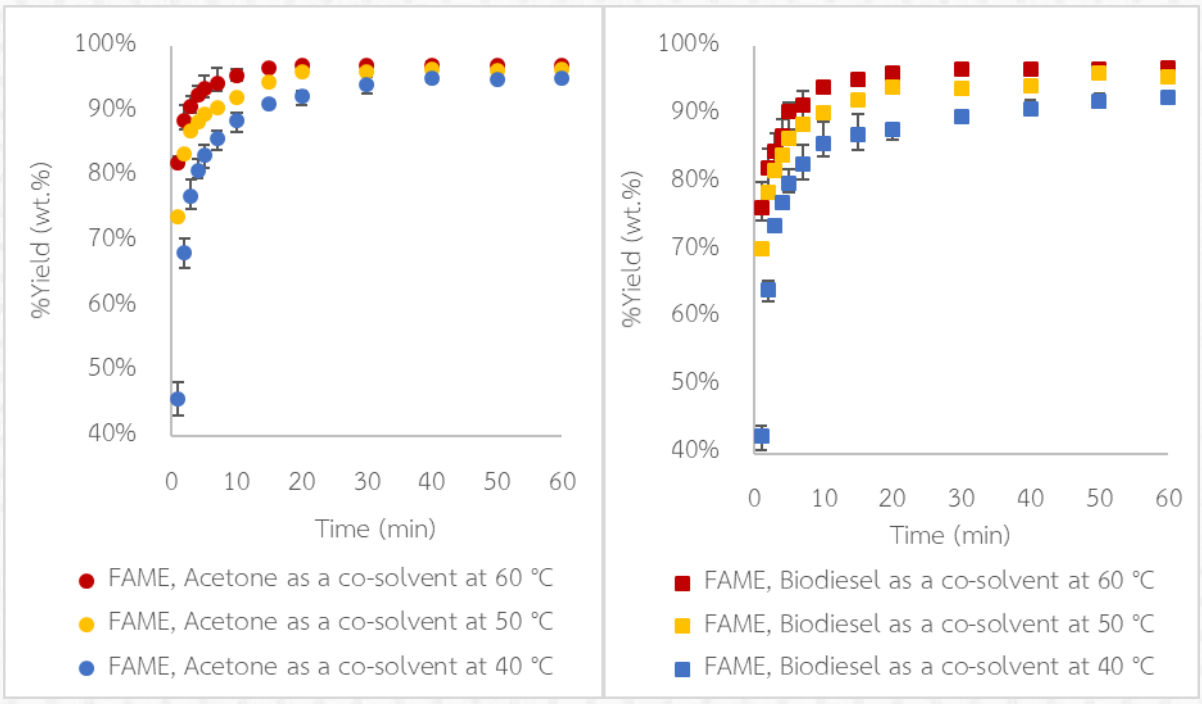
อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม เมื่อมีตัวทำละลายร่วม ถูกศึกษาที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มอุณหภูมิทำให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เวลา 1 นาทีสูงขึ้นทั้งในกรณีที่มีอะซิโตน หรือน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม ดังแสดงในรูปที่ 3 จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเมทานอลกับน้ำมันพืช เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้น้ำมันพืชละลายในเมทานอลได้ดีขึ้น

5.2.2 ช่วงท้ายของการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

จากรูปที่ 3 (ก) และ 3 (ข) ข้อสังเกตหนึ่งที่สำคัญคือ ที่ 60 องศาเซลเซียส ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยาไม่แตกต่างกันระหว่างกรณีที่ใช้อะซิโตนหรือน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม (จุดสีแดงในรูปที่ 3 (ก) และ 3 (ข) หรือโปรดดูตารางที่ 2 ประกอบเพื่อความชัดเจน) จากข้อสังเกตดังกล่าวสามารถกล่าวเป็นนัยได้ว่า 60 องศาเซลเซียส คืออุณหภูมิที่ตัวทำละลายร่วมไม่มีอิทธิพลต่อการละลายของเหล่ากลีเซอร์ไรด์และเมทานอล เนื่องจากเหล่ากลีเซอร์ไรด์และเมทานอลละลายกันได้ดีอยู่แล้วที่อุณหภูมิดังกล่าว หลักฐานที่บ่งชี้ว่าที่ 60 องศาเซลเซียส เหล่ากลีเซอร์ไรด์และเมทานอลละลายกันได้ดีอยู่แล้วนั้น สังเกตได้จากผลการทดลองในรูปที่ 2 ที่ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลในช่วงท้ายของปฏิกิริยาไม่แตกต่างกับกรณีที่มีตัวทำละลายร่วมในรูปที่ 3 (โปรดดูตารางที่ 2 ประกอบเพื่อความชัดเจน)

ทว่า กรณีที่ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม ที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส อะซิโตนทำให้เหล่ากลีเซอร์ไรด์และเมทานอลในช่วงท้ายของปฏิกิริยาละลายกันได้ดีขึ้น ส่งผลให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับร้อยละผลได้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ L.T.

Thanh และคณะ [4] ในขณะที่การใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม ที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส น้ำมันไบโอดีเซลไม่สามารถทำให้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับร้อยละผลได้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากการสังเกตดังกล่าวนำไปสู่ข้อสรุปคือ อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วมที่ดีกว่าน้ำมันไบโอดีเซล เนื่องจากที่ปริมาณตัวทำละลายร่วมเท่ากัน อะซิโตนสามารถทำให้ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลช่วงท้ายที่ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เทียบเท่ากับร้อยละผลได้ช่วงท้ายที่ 60 องศาเซลเซียส ในขณะที่ไม่พบพฤติกรรมดังกล่าวเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม หรือกล่าวได้อีกนัยคือ การลดอุณหภูมิของปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มให้ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส มีความเป็นไปได้เมื่อใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม



(ก) (ข)

รูปที่ 3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม (ก) เมื่อมีอะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม และ (ข) เมื่อมีน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม

หัวข้อถัดไปจะเป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างปฏิกิริยาที่มีและไม่มีตัวทำละลายร่วม เพื่อทำให้การอภิปรายผลกระทบของตัวทำละลายร่วมชัดเจนยิ่งขึ้น

5.3 การเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซล ระหว่างกรณีที่มีและไม่มีตัวทำละลายร่วม

อิทธิพลของตัวทำละลายร่วมต่อร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เวลา 1 นาที ถูกแสดงดังตารางที่ 1 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของตัวทำละลายร่วมต่อร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลยังไม่ชัดเจนในช่วง 1 นาทีแรกของการเกิดปฏิกิริยา กล่าวคือ หากเทียบกันระหว่างกรณีที่มีหรือไม่มีตัวทำละลายร่วม ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลมีทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลง ภายในขอบเขตของค่าความไม่แน่นอนของการทดลอง (experimental uncertainties) ดังนั้นเพื่อดูอิทธิพลของตัวทำละลายร่วมที่เวลา 1 นาทีแรกของปฏิกิริยา การทดลองควรมีตัวทำละลายร่วมในปริมาณที่สูงกว่าร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันพืช เพื่อทำให้เห็นผลกระทบชัดเจนขึ้น

นอกจากนี้ อิทธิพลของตัวทำละลายร่วมต่อร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซล ในช่วงท้ายของปฏิกิริยา ถูกแสดงดังตารางที่ 2 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส การมีอะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วมทำให้ร้อยละผลได้สุดท้ายของน้ำมันไบโอดีเซลสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่มีตัวทำละลายร่วม อย่างไรก็ตาม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลไม่มีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบระว่างการมีและไม่มีอะซิโตน เนื่องจากเหล่ากลีเซอร์ไรด์และเมทานอลละลายเข้ากันได้ดีอยู่แล้วที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังที่อภิปรายในหัวข้อที่ 5.2

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวทำละลายร่วมต่อร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เวลา 1 นาที

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลที่เวลา 1 นาที				
	ไม่ใส่ตัวทำละลายร่วม	ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม	ร้อยละเพิ่มขึ้น	ใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม	ร้อยละเพิ่มขึ้น
40	46.8	45.7 (-2.5, +2.7)	-2.35	42.6 (-2.1, +1.5)	-8.97
50	70.8	73.9	4.38	70.2	-0.85
60	76.4 (-0.3, +0.6)	82.1 (-0.6, +1.0)	7.46	76.3 (-2.0, +3.8)	-0.13

นอกจากนี้ ตารางที่ 2 ยังแสดงให้เห็นอีกว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมก่อให้เกิดร้อยละผลได้สุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างจากกรณีที่ไม่มีตัวทำละลายร่วม ข้อสังเกตดังกล่าวบ่งชี้ว่า การใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วมไม่ช่วยเพิ่มการละลายของเหล่ากลีเซอร์ไรด์ในเมทานอล ณ ช่วงท้ายของปฏิกิริยา หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งคือ น้ำมันไบโอดีเซลที่เกิดจากปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันเพียงพอต่อการทำให้เหล่ากลีเซอร์ไรด์และเมทานอลละลายกัน การเพิ่มน้ำมันไบโอดีเซลลงไปในระบบในฐานะตัวทำละลายร่วมจึงไม่มีความจำเป็น

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวทำละลายร่วมต่อร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซล ณ ช่วงท้ายของปฏิกิริยา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละผลได้สุดท้ายของน้ำมันไบโอดีเซล ณ ช่วงท้ายของปฏิกิริยา				
	ไม่ใส่ตัวทำละลายร่วม	ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม	ร้อยละเพิ่มขึ้น	ใช้ไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม	ร้อยละเพิ่มขึ้น
40	92.8	95.1 (-0.5, +0.6)	2.48	92.4 (-0.5, +0.8)	-0.43
50	94.4	96.6	2.33	95.4	1.06
60	97.6 (-0.5, +0.7)	97.0 (-0.6, +0.5)	-0.61	96.7 (-0.4, +0.3)	-0.92

6. สรุปผลการวิจัย

ในกรณีที่ไม่มีตัวทำละลายร่วม อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม กล่าวคือการเพิ่มอุณหภูมิทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาและร้อยละผลได้สุดท้ายของน้ำมันไบโอดีเซลสูงขึ้น ในกรณีที่มีอะซิโตนเป็นตัวทำละลายร่วม ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์มสามารถเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ซึ่งร้อยละผลได้สุดท้ายของน้ำมันไบโอดีเซลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ยังคงเทียบเท่ากับร้อยละผลได้สุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทว่า ในกรณีที่มีน้ำมันไบโอดีเซลเป็นตัวทำละลายร่วม กลับไม่ทำให้ร้อยละสุดท้ายของผลิตภัณฑ์

เทียบเท่ากับการทดลองที่ 60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ในช่วง 1 นาทีแรกของการเกิดปฏิกิริยา ปริมาณของตัวทำละลายร่วมที่ร้อยละ 10 โดยมวลของน้ำมันพืช ยังไม่เพียงพอต่อการศึกษาอิทธิพลของตัวทำละลายร่วมต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันของน้ำมันปาล์ม

7. ข้อเสนอแนะ

จากหลายงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า การใช้ตัวทำละลายร่วมสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นอย่างมาก ในขณะที่พฤติกรรมดังกล่าวยังเห็นได้ไม่ชัดเจนในงานวิจัยนี้ สาเหตุที่เป็นไปได้อาจสืบเนื่องมาจากปริมาณของตัวทำละลายร่วมที่ใช้ในการทดลอง ยังไม่เพียงพอที่จะแสดงอิทธิพลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือร้อยละผลได้ของน้ำมันไบโอดีเซลอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของปริมาณตัวทำละลายร่วมต่อปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันจึงมีความจำเป็น ซึ่งเป็นการทดลองที่จะเกิดขึ้นต่อจากงานวิจัยฉบับนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] B. Freedman, R.O. Butterfield, E.H. Pryde, Transesterication kinetics of soybean oil. JAOCS. 63(1986)1375-1380.

[2] U. Rashid, F. Anwar, G. Knothe, Evaluation of biodiesel obtained from cottonseed oil. Fuel Processing Technology. 90(2009)1157-1163.

[3] S.N. Csernica, J.T. Hsu, The Phase Behavior Effect on the Kinetics of Transesterification Reactions for Biodiesel Production. Industrial & Engineering Chemistry Research. 51(2012)6340-6349.

[4] L.T. Thanh, K. Okitsu, Y. Sadanaga, N. Takenaka, Y. Maeda, H. Bandow, A new co-solvent method for the green production of biodiesel fuel – Optimization and practical application. Fuel. 103(2013)742-748.

[5] Y. Maeda, L.T. Thanh, K. Imamura, K. Izutani, K. Okitsu, L. Boi, P. Ngoc Lan, N. Tuan, Y. Yoo, N. Takenaka, New technology for the production of biodiesel fuel. Green Chem. 13(2011)1124-1128.

[6] B. Freedman, E.H. Pryde, T.L. Mounts, Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. JAOCS. 61(1984)1638-1643.

การเคลื่อนที่สามแกนของแขนกลแบบขนานโดยใช้วิธีการควบคุมพีดี พร้อมการชดเชยแรงเสียดทาน

3-Dof translation parallel manipulator using DP control with friction compensation

ชนทัต บุญเฉลียว[1*] และ กรรมมันต์ ชูประเสริฐ[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]Email: chonnathat.bo@ku.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบเส้นทางของการเคลื่อนที่ของตำแหน่งปลายแขนกลแบบขนานไขว้ (Cross Slide Manipulator)ชนิด3PUU-120 โดยใช้วิธีระบบควบคุม PD ร่วมกับการชดเชยค่าความเสียดทาน โดยใช้มอเตอร์ที่เชื่อมต่อกับข้อต่อของชุดแขนกลให้เคลื่อนที่ตามเส้นทางที่ได้ระบุไว้ ArduinoMega2560เป็นอุปกรณ์ที่ถูกใช้เป็นตัวควบคุมของระบบการควบคุมนี้โดยมีมอเตอร์DCแบบไร้หัวแปรงที่มีDigital AC Servo Driver เป็นตัวขับเคลื่อนมอเตอร์ การนำคำสั่งไปใช้ควบคุมตำแหน่งต้องทำการปรับแต่งค่าตัวแปรสำหรับควบคุมของ PD ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร สัดส่วน และอนุพันธ์ ระบบPD จะทำการเทียบค่าผิดพลาดของชุดค่าตำแหน่งเส้นทางที่ต้องการกับค่าตำแหน่งที่ได้จากเส้นทางจริงที่ได้จากค่าสัญญาณขาออกร่วมกันกับแบบจำลองค่าชดเชยแรงเสียดทาน ซึ่งผลลัพธ์เห็นได้ว่าความเร็วมีการตอบสนองต่อระบบควบคุมที่ดีขึ้นและค่าความผิดพลาดของตำแหน่งบนเส้นทางที่ต้องการมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 0.5509เปอร์เซนต์

คำสำคัญ: ระบบควบคุมพีดี, แขนกล, มอเตอร์

Abstract

This paper finds to get the path position of the cross-slide manipulator by using PD Control with friction compensation in order to control position of the motor that attached with joint manipulator. The Arduino Mega2560 microcontroller is mainly used to control the brushless DC motor having digital AC servo driver as the motor drive. Implementing code to control the path position requires tuning the parameter of PD consist of Proportional and Derivative. The PD Controller with friction compensation calibrates the error of desired path position and actual path position to minimize the error and stabilized the system. The result is clearly seen, the velocity is more responsive to the control system and the desired path position error is maximal at 0.5509 percent.

Keywords: PD Control, Manipulator, Motor

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์อย่างกว้างขวางซึ่งทำให้มีการนำมาใช้งานแทนมนุษย์หรือใช้ในงานที่อันตรายหรือมนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้ ซึ่งปัจจุบันหุ่นยนต์กำลังกลายเป็นส่วนสำคัญภาคส่วนต่างเช่น ทางการแพทย์ แฮบติก โรงงานไฟฟ้า นิวเคลียร์ อวกาศ ระบบอัตโนมัติ และอุตสาหกรรม ในนอกเหนือนี้ยังมีใช้งานอื่นๆเช่น งานที่เกี่ยวข้องกับใต้น้ำ การติดตามเป้าหมาย [6]

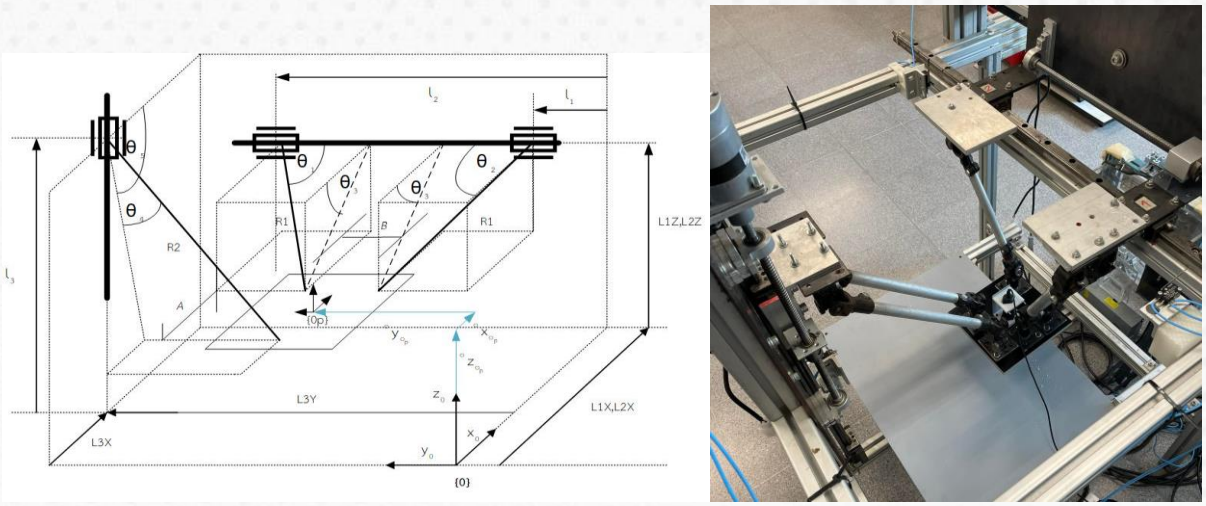
แขนกลที่มีโครงสรางแบบขนาน(Parallel Manipulator) เป็นโครงสร้างหุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับงานที่เกิดแรงปฏิกิริยาสูง ด้วยการออกแบบของการเชื่อมต่อปลายเครื่องมือแบบขนานจึงทำให้เครื่องมือแขนกลนี้สามารถรับแรงต้านและแรงบิดต้านได้มาก [7]

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยมีอุปกรณ์มอเตอร์พร้อมกับEncoder ที่จับตำแหน่งของมอเตอร์และนำไปควบคุมโดยใช้ระบบPID หรือเรียกว่าระบบ สัดส่วน ปริพันธ์ อนุพันธ์ เพื่อศึกษาผลลัพธ์ประสิทธิภาพของการตำแหน่งเคลื่อนที่ของแขนกลที่ระบบทำงานกับตำแหน่งการเคลื่อนที่ที่ผู้ใช้ระบุไว้

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 แบบจำลองจลศาสตร์

สำหรับการคำนวณสมการของแขนกลรูปแบบขนาน ใช้วิธีทางเรขาคณิตวิเคราะห์ โดยใช้สมการvector-loop ของแต่ละข้อต่อแขน และตัวแปรแฝงของข้อต่อจะถูกกำจัดจากสมการ [1,2]
ในส่วนนี้เป็นการกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อต่อของกล $q=[l_1,l_2,l_3]$ และตำแหน่งของแกนแท่นเทียบกับแกนอ้างอิงหลัก $x=[{}^{o}x_{o_p},{}^{o}y_{o_p},{}^{o}z_{o_p}]$ โดยองค์ประกอบทางเรขาคณิตแสดงดังภาพที่ 1



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 องค์ประกอบของข้อต่อแขนกล (ก) และ องค์ประกอบจริงของข้อต่อแขนกล (ข)

R1 = ความยาวของก้านแขนที่ 1 และก้านแขนที่ 2

R2 = ความยาวของก้านแข้นที่ 3

A = ระยะห่างในแนวแกน Y ระหว่างข้อต่อที่ 1 และ ข้อต่อที่ 2 บนฐานเครื่องมือ

B = ระยะห่างในแนวแกน X ระหว่างข้อต่อที่ 1 และ ข้อต่อที่ 3 บนฐานเครื่องมือ

L1X, L2X = ระยะทางตามแนวแกน X ของตัวสไลด์ที่1 และตัวสไลด์ที่ 2 เทียบกับจุดอ้างอิงหลัก {0}

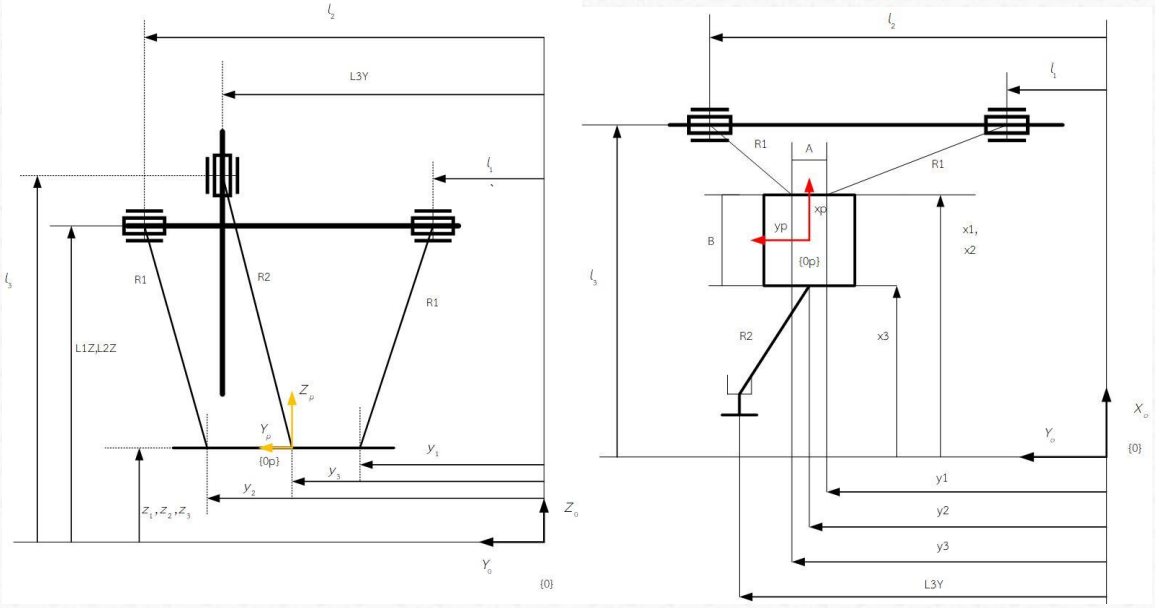
L1Z, L2Z = ระยะทางตามแนวแกน Z ของตัวสไลด์ที่1 และตัวสไลด์ที่ 2 เทียบกับจุดอ้างอิงหลัก {0}

L3X, L3Y = ระยะทางตามแนวแกน X และ แกน Y ของตัวสไลด์ที่ 3 เทียบกับจุดอ้างอิงหลัก {0}

$^{o}x_{o_p}$, $^{o}y_{o_p}$, $^{o}z_{o_p}$ = ระยะทางในแนวแกน X, Y, Z จากจุดอ้างอิงหลัก {0} ไปยังจุดของแท่น {0p}

2.2 จลศาสตร์ผกผัน

โดยปกติ พื้นที่การทำงานจะถูกกำหนดในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนซึ่งการคำนวณจลศาสตร์ผกผันใช้สำหรับหารูปแบบการเคลื่อนที่ของข้อต่อสไลด์แขนกลจากเส้นทางการทำงานของฐานเครื่องมือที่ระบุไว้[5]



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 องค์ประกอบของแขนกลในมุมมองด้านหน้า (ก) และมุมมองด้านบน (ข)

ในภาพที่ 2 จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ความพิกัดของฐานเครื่องมือเทียบกับพิกัดอ้างอิง ในแนวแกน XYZ และสามารถกำหนดเป็น [$^{o}x_{o_p}$, $^{o}y_{o_p}$, $^{o}z_{o_p}$] ในหน่วยมิลลิเมตร โดยตำแหน่งของข้อต่อ3ตัวจะสามารถหาในทิศทางของ XYZ ได้ดังนี้

แกน X ;

$$x_1 = x_2 = {}^{o}x_{o_p} + \left(\frac{B}{2}\right) \quad (1)$$

$$x_3 = {}^{o}x_{o_p} - \left(\frac{B}{2}\right) \quad (2)$$

แกน Y;

$$y_1 = {}^{o}y_{o_p} - \left(\frac{A}{2}\right) \quad (3)$$

$$y_2 = {}^{o}y_{o_p} + \left(\frac{A}{2}\right) \quad (4)$$

$$y_3 = {}^{o}y_{o_p} \tag{5}$$

แกน Z;

$$z_1 = z_2 = z_3 = {}^{o}z_{o_p} \tag{6}$$

จากภาพที่ 1 นำค่าพิกัดของทั้งสามแกน มาใช้คำนวณวิเคราะห์หามุมของข้อต่อแขนของการเคลื่อนที่

$$\theta_1 = sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{\left(L1X-\left({}^{o}x_{o_p}+\left(\frac{B}{2}\right)\right)^2+\left(L1Z-{}^{o}z_{o_p}\right)^2\right)}}{R1}\right) \tag{7}$$

$$\theta_2 = sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{\left(L2X-\left({}^{o}x_{o_p}+\left(\frac{B}{2}\right)\right)^2+\left(L2Z-{}^{o}z_{o_p}\right)^2\right)}}{R1}\right) \tag{8}$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}\left(\frac{L1X-\left({}^{o}x_{o_p}+\left(\frac{B}{2}\right)\right)}{\sqrt{\left(L1X-\left({}^{o}x_{o_p}+\left(\frac{B}{2}\right)\right)^2+\left(L1Z-{}^{o}z_{o_p}\right)^2\right)}}\right) \tag{9}$$

$$\theta_4 = sin^{-1}\left(\frac{{}^{o}y_{o_p}-L3Y}{R2}\right) \tag{10}$$

$$\theta_5 = \cos^{-1}\left(\frac{\left(\left({}^{o}x_{o_p}-\left(\frac{B}{2}\right)\right)-L3X\right)}{R2\cos\theta_4}\right) \tag{11}$$

จากภาพที่ 1 ตัวแปรข้อต่อ l_1, l_2และl_3 นำสมการ (1) ถึง (11) มาวิเคราะห์หาการเคลื่อนที่ตัวสไลด์ทั้งสามตัว จะได้สมการดังนี้

$$l_1 = y_1 - R1\cos\theta_2 \tag{12}$$

$$l_2 = y_2 - R1\cos\theta_1 \tag{13}$$

$$l_3 = z_3 - R2\cos\theta_4\sin\theta_5 \tag{14}$$

2.3 จลศาสตร์ไปข้างหน้า

เป็นกระบวนการตรงข้ามกับจลศาสตร์ผกผันโดยวิธีการจะใช้การเคลื่อนที่ของข้อต่อสไลด์แขนกลเพื่อให้ได้ตำแหน่งเส้นทางของฐานเครื่องมือ

จากภาพที่ 1 นำค่าตัวแปรของการเคลื่อนที่ข้อต่อสไลด์ของแขนกลมาคำนวณหามุมของข้อต่อแขนของการเคลื่อนที่

$$\theta_1 = \theta_2 = \cos^{-1}\left(\frac{\left(\frac{l_2 - l_1 - A}{2}\right)}{R1}\right) \quad (15)$$

$$\theta_4 = \sin^{-1}\left(\frac{\left(\frac{l_1 + l_2}{2}\right) - L3Y}{R2}\right) \quad (16)$$

θ_3, θ_5 มีความสัมพันธ์แบบแปรผันกับทิศทางในแนวแกน X และ แกน Z

แกน Z;

$$R2\cos\theta_4 \sin\theta_5 - R1\sin\theta_1 \sin\theta_3 = l_3 - L1Z \quad (17)$$

แกน X;

$$R2\cos\theta_4 \cos\theta_5 - R1\sin\theta_1 \cos\theta_3 = L1X - L3X - B \quad (18)$$

สำหรับวิธีแก้สมการ (17) และ (18) กำหนดตัวแปรใหม่เป็นสมการดังต่อไปนี้

$$A1 = R2\cos\theta_4 \quad (19)$$

$$B1 = R1\sin\theta_1 \quad (20)$$

$$C1 = l_3 - L1Z \quad (21)$$

$$D1 = L1X - L3X - B \quad (22)$$

นำสมการ (19)-(22) แทนค่าลงในสมการ (17) และ (18) แล้วจัดรูปสมการได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\theta_3 = 2\tan^{-1}\left(\frac{2B1C1 \pm \left(\sqrt{(2B1C1)^2 + (-2B1D1)^2 - (A1^2 - B1^2 - C1^2 - D1^2)^2}\right)^2}{(-2B1D1) + (A1^2 - B1^2 - C1^2 - D1^2)}\right) \quad (23)$$

$$\theta_5 = 2\tan^{-1}\left(\frac{2A1C1 \pm \left(\sqrt{(2A1C1)^2 + (2A1D1)^2 - (A1^2 - B1^2 - C1^2 + D1^2)^2}\right)^2}{(2A1D1) + (A1^2 - B1^2 - C1^2 + D1^2)}\right) \quad (24)$$

ทำการวิเคราะห์สมการตำแหน่งพิกัดของปลายแขน

$$x_1 = L1X - R1\sin\theta_1 \cos\theta_3 \quad (25)$$

$$y_1 = l_1 + \left(\frac{l_2 - l_1 - A}{2}\right) \quad (26)$$

$$z_1 = L1Z - R1\sin\theta_1 \sin\theta_3 \quad (27)$$

$$x_2 = L2X - R1\sin\theta_1 \cos\theta_3 \quad (28)$$

$$y_2 = l_2 - \left(\frac{l_2 - l_1 - A}{2}\right) \quad (29)$$

$$z_2 = L2Z - R1\sin\theta_1 \sin\theta_3 \quad (30)$$

$$x_3 = L3X + R2\cos\theta_4 \cos\theta_5 \quad (31)$$

$$y_3 = \frac{l_1 + l_2}{2} \quad (32)$$

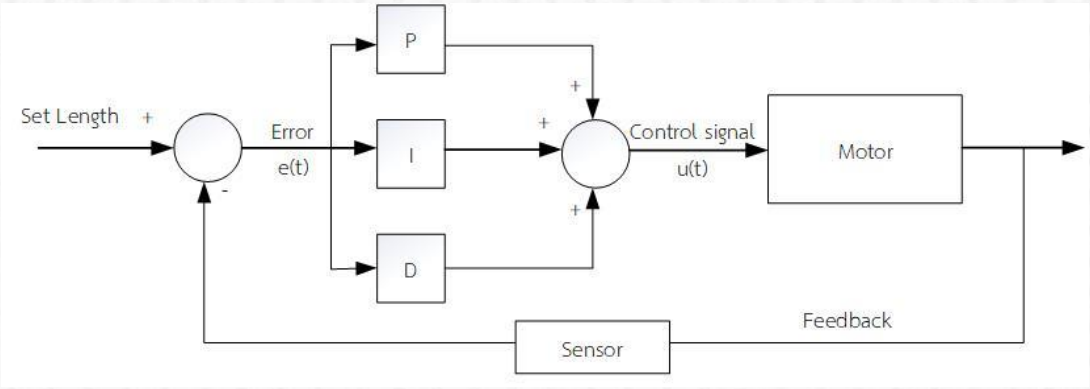
$$z_3 = l_3 - R2\cos\theta_4 \sin\theta_5 \quad (33)$$

จากภาพที่ 1 ทำการวิเคราะห์สมการ (25) ถึง (33) จะได้ตำแหน่งของฐานเครื่องมือเทียบกับแกนอ้างอิงหลักดังนี้

$${}^{o}x_{o_p} = \frac{x_1 + x_3}{2} \quad (34)$$

$${}^{o}y_{o_p} = \frac{y_1 + y_2}{2} \quad (35)$$

$${}^{o}z_{o_p} = z_1 = z_2 = z_3 \quad (36)$$



ภาพที่ 3 ควบคุมแบบระบบปิดโดยใช้ PID

สัญญาณของระบบ u(t)

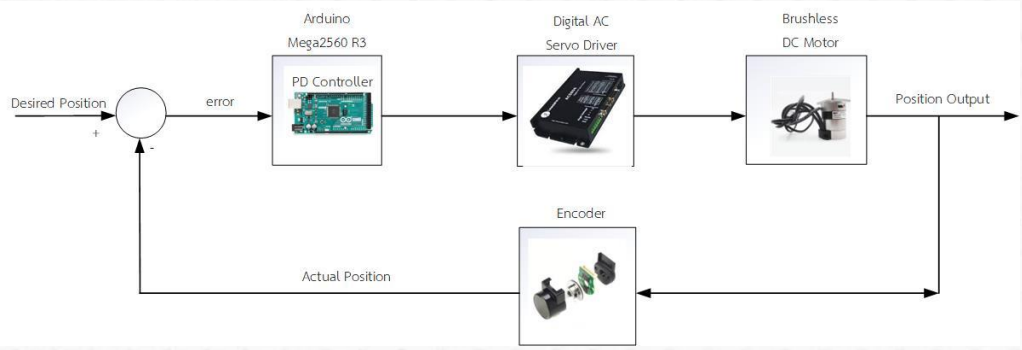
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \qquad (42)$$

2.4 ระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID Control)

เป็นระบบป้อนกลับทั่วไป ที่ใช้หลากหลายในอุสาหกรรม โดยวิธีการจะนำค่าเป้าหมายกับค่าจริงในกระบวนการทำงานมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อลดค่าความผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับสัญญาณเข้าของระบบ การคำนวณระบบนี้อาศัยตัวแปรสามส่วนคือ สัดส่วน ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ โดยค่าสัดส่วนจะตรวจสอบค่าความผิดพลาดของระบบและตอบสนองตามสัดส่วน ค่าปริพันธ์จะขึ้นอยู่กับความผิดพลาดที่สะสมทั้งหมดของการทำงาน และค่าอนุพันธ์ขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด[3,4] ซึ่งค่าทั้งหมดจะถูกนำมาคำนวณตามน้ำหนักของแต่ละตัวแปร ดังแสดงในภาพที่ 3

2.5 บล็อคไดอะแกรม (Block diagram)

บล็อกไดอะแกรมสำหรับทั้งระบบแสดงดังภาพที่ 4 โดยบล็อคได้อะแกรม โดยอุปกรณ์ประกอบด้วย ArduinoMega2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้สำหรับควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ด้วยวิธีการควบคุมPD มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่านเป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งควบคุม Digital AC Servo Driver เป็นตัวช่วยให้ควบคุมตำแหน่งและทิศทางของมอเตอร์DC แบบไร้แปรงถ่าน Encoder เป็นตัวบอกตำแหน่งการเคลื่อนที่ปัจจุบันของตัวระบบเพื่อนำค่ากลับไปคำนวณระบบการควบคุม PID



ภาพที่ 4 แผนผังของระบบอุปกรณ์การควบคุมตำแหน่ง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดลองนี้ทำการทดลองควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์DC แบบไร้หัวแปรงทั้งหมดสามตัวด้วยกันเพื่อให้การเคลื่อนที่ของแขนกลใช้งานตามเส้นทางที่ผู้ใช้ระบุโดยค่าการวัดที่เราต้องการสามารถอ่านได้การทางแสดงผลหน้าจอของโปรแกรมArduino IDE แล้วนำค่ามาทำการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งของฐานเครื่องมือแล้วนำมาเทียบกับค่าที่ผู้ใช้ระบุ หลังจากนั้นทำการพล็อตค่าด้วยโปรแกรม MATLAB โดยมีการกำหนดค่าเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมมีรัศมีเท่ากับ 50มิลลิเมตร และจากสมการ (42) มีการใส่ค่าตัวแปรดังนี้

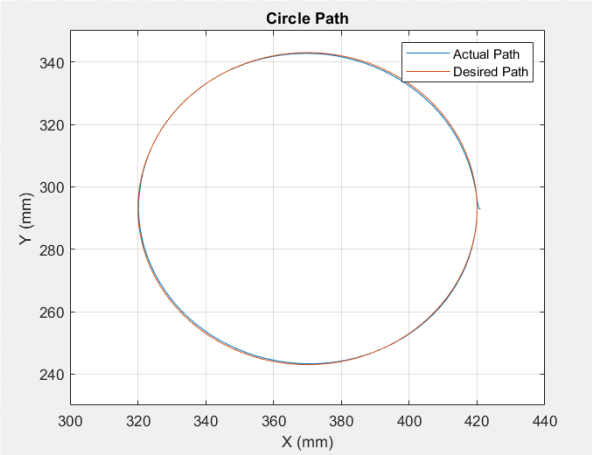
ข้อต่อที่ 1 และข้อต่อที่ 2

Kp = 6000 Ki=0 Kd=30

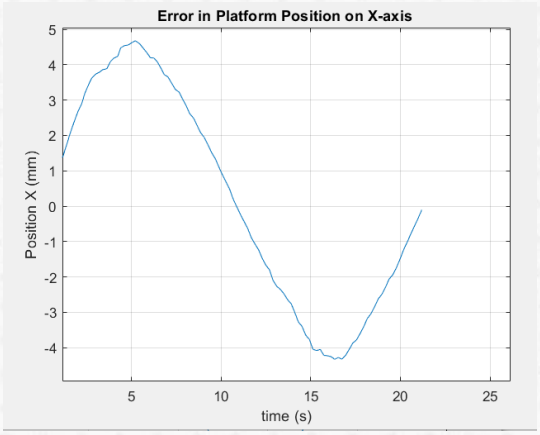
ข้อต่อที่ 3

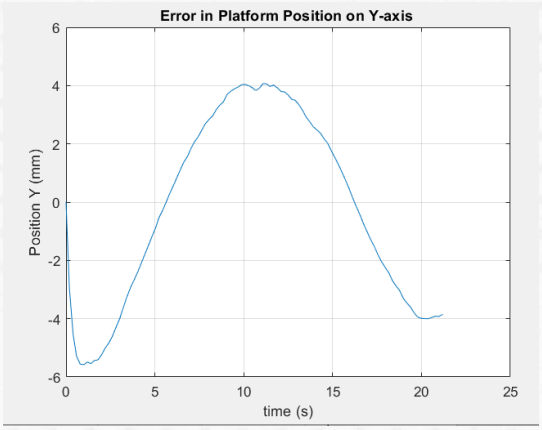
Kp = 8000 Ki=0 Kd=30

3.1 ผลลัพธ์ของ การใช้ระบบควบคุม PD



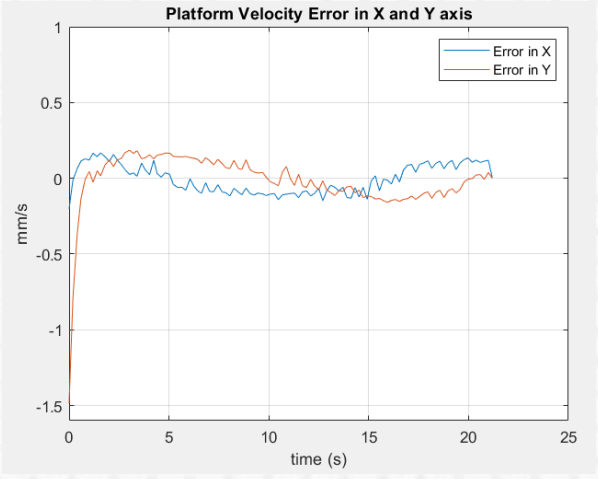
ภาพที่ 5 เส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลที่ใช้การควบคุม PD





(ก) (ข)

ภาพที่ 6 ค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X (ก) และ แนวแกน Y (ข)



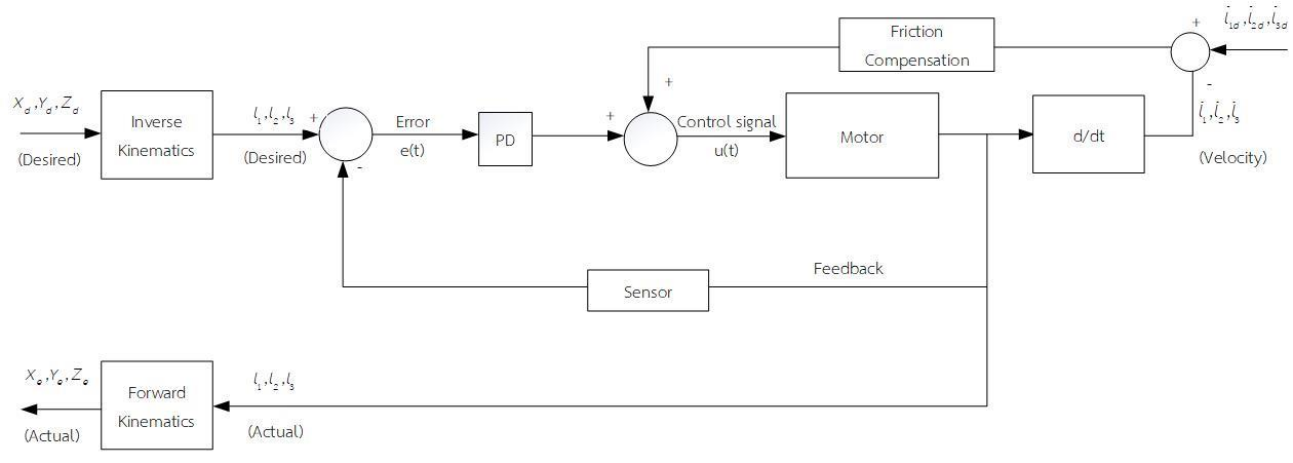
ภาพที่ 7 ค่าความผิดพลาดความเร็วการเคลื่อนที่ในแกน XY

จากภาพที่ 5 แสดงค่าถึงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลที่อ้างอิงกับEncoder เมื่อเทียบกับค่า Simulation ของการเคลื่อนที่ และจากภาพที่ 6 หลังจากที่ทำการทดสอบการควบคุมสำหรับการควบคุม PD เห็นได้ว่ายังมีค่าความผิดพลาดเล็กน้อย เมื่อเทียบตำแหน่งที่ผู้ใช้ระบุกับตำแหน่งของจริงที่ออกมาจากระบบ

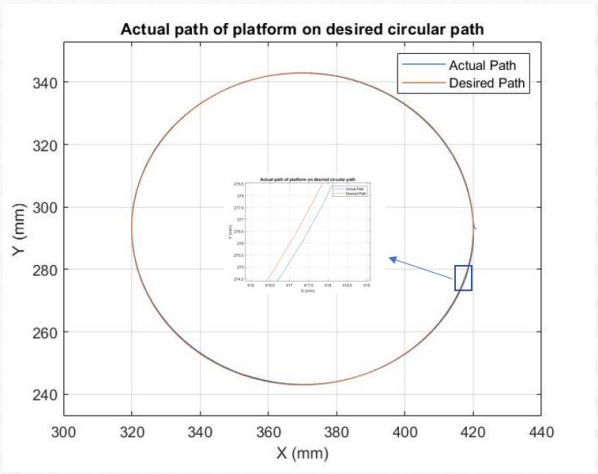
จากภาพที่ 7 แสดงค่าของความเร็วของการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน สังเกตได้ว่ายังคงมีค่าความผิดพลาดความเร็ว การลดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ต้องใส่ ค่าการชดเชยค่าความผิดพลาดลงไปในระบบเพิ่มเติม

3.2 ผลลัพธ์ของ การใช้ระบบควบคุม PD พร้อมการชดเชยค่าความผิดพลาด

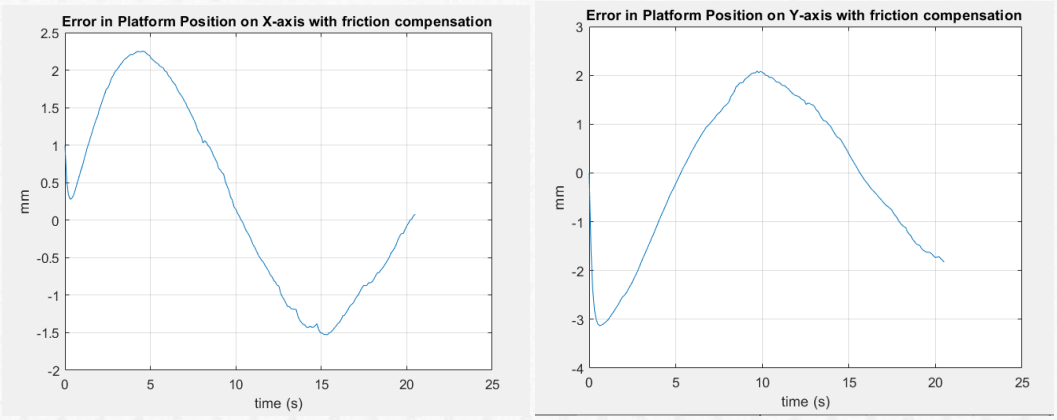
สำหรับการควบคุม เรื่องแรงเสียดทานมีความสำคัญสำหรับการออกแบบระบบขับเคลื่อน ความแม่นยำ หุ่นยนต์ และระบบไฮโดรลิค โดยที่ค่าแรงเสียดทานอาจส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดในช่วงสถานะคงที่ และทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง[4]



ภาพที่ 8 ไดอะแกรมชดเชยแรงเสียดทานของมอเตอร์

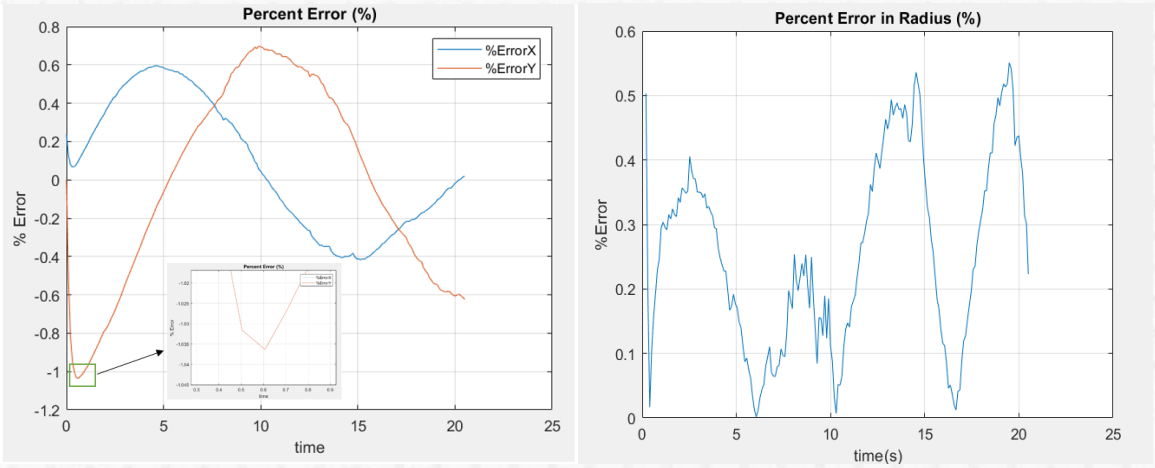


ภาพที่ 5 เส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนกลที่ใช้การควบคุม PD โดยเพิ่มการชดเชยค่าความผิดพลาด



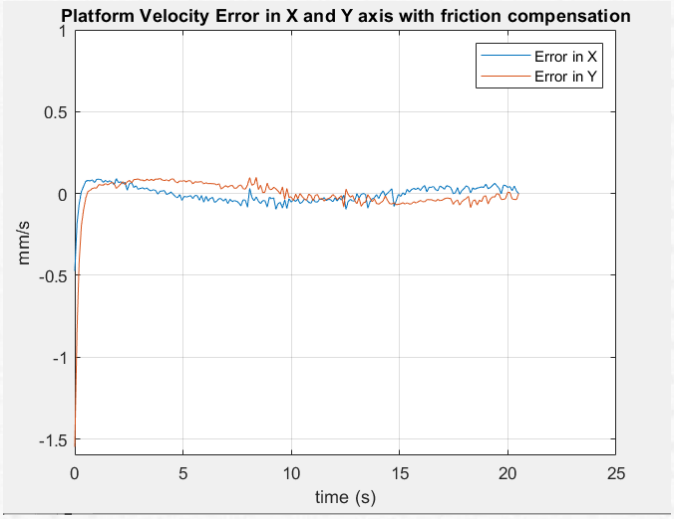
(ก) (ข)

ภาพที่ 9 ค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X (ก) และ แนวแกน Y (ข) โดยเพิ่มการชดเชยค่าความผิดพลาด



(ก) (ข)

ภาพที่ 10 เปอร์เซนต์ค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ แนวแกน Y (ก) และ ค่าความผิดพลาดการเคลื่อนที่ในรัศมีวงกลม (ข) โดยเพิ่มการชดเชยค่าความผิดพลาด



ภาพที่ 11 ค่าความผิดพลาดความเร็วการเคลื่อนที่ในแกน XYโดยเพิ่มการชดเชยค่าความผิดพลาด

จากภาพที่9 หลังจากที่ได้ทำการเพิ่มการชดเชยแรงเสียดทานเข้าไปแล้ว สังเกตได้ว่าค่าความผิดพลาดตำแหน่งมีความผิดพลาดน้อยลงเนื่องจากมีการชดเชยแรงเสียดทานเข้าไปในระบบPD และจากภาพที่ 10 เป็นเปอร์เซนต์ค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่

จากภาพที่ 11 สังเกตได้ว่า กราฟความเร็วที่มีการเพิ่มการชดเชยแรงเสียดทานเข้าไปมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้เมื่อเทียบกับการที่ไม่ได้ทำการชดเชยแรงเสียดทาน

4. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ สัญญาณขาเข้าที่ส่งค่าจากตำแหน่งของผู้ใช้ระบุให้กับ Arduino เพื่อให้ระบบควบคุมPD ทำงาน หลังจากการทำงาน เห็นได้ว่า เส้นทางของแขนกลที่มอเตอร์ทำงาน มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แต่เมื่อทำการชดเชยค่าแรงเสียดทานเข้าด้วยการเพิ่มค่าคงที่ทิศทางสำหรับการเคลื่อนที่ไปทำให้ระบบมีความผิดพลาดน้อยจากเดิม เนื่องจากแรงเสียดทานที่กระทำต่อมอเตอร์ มีผลต่อการเคลื่อนที่ และผลลัพธ์ที่ได้สุดท้าย สามารถลดค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่ได้ ซึ่งค่าความผิดพลาดของการเคลื่อนที่มีค่าสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y มีค่าเท่ากับ 1.036เปอร์เซนต์ ค่าสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกน X มีค่าเท่ากับ 0.5959เปอร์เซนต์ และค่าผิดพลาดการเคลื่อนที่ตามแนวรัศมีวงกลมอยู่ค่าสูงสุดที่ 0.5509เปอร์เซนต์ที่ตำแหน่ง (417,276) ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในงานวิจัยนี้ ถัดจากนี้จะนำแขนกลขนานชุดนี้มาใช้ร่วมกับแขนกลสั่งการในส่วนmaster-slaveต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนสถานที่และห้องปฏิบัติการในการดำเนินการทำวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Tsai LW, Robot analysis: The Mechanics of serial and parallel manipulators., Wiley, New York, 1999

[2] Sangveraphunsiri, V., Chooprasird, K. Dynamics and control of a 5-DOF manipulator based on an H-4 parallel mechanism. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 52, 343–364 (2011)

[3] Detchrat, et. al., IMC-Based PID Controllers Design for Two-Mass System. IMECS 2012 Volume –II, Hong Kong, 2012, 928-931

[4] Maung, Myo & Latt, Maung & Nwe, Chaw., DC Motor Angular Position Control using PID Controller with Friction Compensation., International, Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP). 2018,149-155

[5] Craig, J. J., Introduction to Robotics: Mechanics and Control 3rd Edition**,** Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, 2005

[6] Aziz, Hafiz & Iqbal, Jamshed., Flexible Joint Robotic Manipulator: Modeling and Design of Robust Control Law (Best Paper Award)., IEEE International Conference on Robotics and Artificial Intelligence, (2016) 10.1109/ICRAI.2016.7791230.

[7] ทศพล กลิ่นสุคนธ์ และ กรรมมันต์ ชูประเสริฐ, ออกแบบและสร้างแบบจำลองกลไกการทำงานของแขนกลต้นแบบโครงสร้างขนาน 3 ขา เคลื่อนที่สไลด์แบบทิศทางไขว้, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31,

ระบบจองห้องพักโรงแรม ด้วยแอปพลิเคชั่น LINE

Hotel reservation system with the LINE application

เกียรติชัย สุขุประการ[1] วิยะดา เจิ่งฤทธิ์[1] และ ธนพงศ์ นิตยะประภา[1*]

[1]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[*]Email: Thanapong.n@psru.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเว็บแอพพลิเคชันที่สามารถทำงานร่วมกับ LINE โดยเริ่มจากการศึกษาระบบงานเดิม สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาหาความต้องการของระบบ จากนั้นนำความต้องการที่ได้มาทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วยหลักการ UML ซึ่งได้เลือกใช้ use case diagram, class diagram และ sequence diagram จากนั้นพัฒนาเว็บแอพพลิเคชันในรูปแบบ Responsive web design ทำให้สามารถใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม พัฒนาระบบด้วยภาษา HTML5, PHP, CSS, Jason พัฒนาด้านการแจ้งเตือนต่าง ๆ ของระบบด้วย LINEAPI, LINE notify, และ Dialogflow ระบบทั้งหมดทำงานร่วมกับ MySQL ที่ใช้เป็นฐานข้อมูล จากนั้นนำระบบไปทดลองใช้และทำการประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพจากผู้ใช้งาน ด้วยผู้ใช้งานและผู้ที่สนใจทั้งหมด 25 คน ผลการประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38 แสดงว่าระบบการจองโรงแรมห้องพัก ผ่านระบบการจองโรงแรมห้องพัก สามารถนำไปใช้งานได้ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน และนำมาใช้ช่วยเพิ่มช่องทางการจองห้องพัก ช่วยประชาสัมพันธ์โปรโมชั่นต่าง ๆ ของทางโรงแรม ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: การจองห้องพัก, ระบบแจ้งเตือน, เว็บแอพพลิเคชัน

Abstract

Research objectives to explore Point the target to challenge the LINE. Starting from studying the old system. Interview those involved to bring the needs of systems. Then take the needs that have been analyzed and design the system using UML. Principles which have selected use case diagram, class diagram and sequence diagram. Then develop web applications in Responsive web design format. Make it available for all platforms system development using HTML5, PHP, CSS, Jason. Improved system notifications with LINEAPI, LINE Notify, and Dialogflow. The entire system works with MySQL as a database. Then bring the system to test and test the satisfaction of the performance from the users. With 25 users and interested people satisfaction assessment results. In the system efficiency is at the highest level. has an average of 4.67 standard deviation is 0.38. Show that the hotel room reservation system through the hotel reservation. System can be used meet the needs of users and used to increase the channel of booking. Help publicize various promotions of the hotel as well.

Keywords: Room reservation, Notification system, Web applications

1. บทนำ

เนื่องจากผลกระทบของการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้คนในปัจจุบันมีวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปหันเข้าไปหาเทคโนโลยีมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อรูปแบบการท่องเที่ยว ผู้บริโภคมักจะหารีวิวหรือตัวอย่างก่อนเสมอเพื่อที่ตอบโจทย์ความต้องการส่วนบุคคล [1] ทำให้เกิดปัจจัยที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญ ก่อนที่จะจองโรงแรม คือ การเปรียบเทียบของแต่ละโรงแรม ไม่ว่าจะเป็นเรื่อง สถานที่ตั้งของโรงแรม บรรยากาศภายในโรงแรม การเดินทางไปโรงแรมเป็นต้น [8] ซึ่งในปัจจุบันการทำงานของโรงแรมบางแห่งมีช่องทางการติดต่อเพียงทางโทรศัพท์ช่องทางเดียวเท่านั้น และหากมีการจองห้องพักก็จะทำการบันทึกใส่สมุดบันทึกการติดต่อ เพียงเท่านั้น เมื่อมีการร้องขอเพื่อดูตัวอย่างของโรงแรมในการประกอบการตัดสินใจเลือกจองห้องพัก ทางโรงแรมจะไม่สามารถทำได้ จึงเป็นปัญหาในการประชาสัมพันธ์โรงแรมและอำนวยความสะดวกให้ลูกค้าเป็นอย่างมาก อีกทั้งทางโรงแรมมีการจดบันทึกข้อมูลลูกค้า และการใช้งานห้องพักไว้เป็นรูปแบบเอกสาร หากต้องการทำสรุปรายงานยอดค่าใช้จ่ายประจำเดือน ประจำปี ก็จะทำให้เสียเวลารวบรวมข้อมูลเป็นอย่างมาก

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่ต่างก็มีสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่อื่น ๆ ที่สามารถเข้าถึงโลกอินเตอร์เน็ตได้ตลอดเวลา ซึ่งทำให้เว็บแอพพลิเคชันจองที่พักจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้ใช้บริการออนไลน์ที่นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ต้องการค้นหาข้อมูลการเดินทางและที่พักเพื่อใช้ในการวางแผนการเดิน ทางพร้อมทั้งยังสามารถกำหนดค่าใช้จ่ายได้ล่วงหน้า ซึ่งการซื้อขายผ่านทางออนไลน์ ถือเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยประชาสัมพันธ์เชิงการตลาดได้เป็นอย่างดี [10] และมีการใช้แอปพลิเคชัน LINE ในการประกอบธุรกิจที่เป็นการเขาถึงตลาดอีกด้านนึง สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคได้อย่างตรงจุด โดยเรียกว่า E-commerce หรือพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ดำเนินการธุรกิจ ช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยว การโฆษณา และการบริการจองห้องพักผ่านเว็บแอพพลิเคชันโดยการใช้ร่วมกับแอปพลิเคชัน LINE [6, 7] ซึ่งเราสามารถนำแอปพลิเคชัน LINE มาเป็นตัวกลางในการแสดงข้อมูลอีกทั้งมี LINE Notify มาช่วยในการแจ้งเตือนการเข้าจองห้องพักเพื่อให้ทางโรงแรมทราบว่ามีลูกค้าเข้าพักโรงแรม เจ้าของกิจการส่วนใหญ่จึงนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ในการประชาสัมพันธ์ และใช้เป็นระบบแจ้งเตือนให้ลูกค้า เพื่อส่งเสริมกิจการให้มีลูกค้ามากยิ่งขึ้น [9] อย่างเช่น agoda, traveloka และ booking ที่เป็นเว็บไซต์ ในการจองห้องพักที่ผู้ประกอบการโรงแรมต่าง ๆ เลือกใช้ แต่ต้องเสียค่าทำเนียมให้แก่เว็บแอพพลิเคชันเหล่านั้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำ เว็บแอปพลิเคชันร่วมกับ LINE notify เข้ามาพัฒนาระบบจองห้องพัก ที่สามารถประชาสัมพันธ์ในด้านต่าง ๆ ของโรงแรมได้ และเป็นระบบจองห้องพักที่เมื่อมีคนจองจะสามารถแจ้งเตือนไปที่เจ้าของโรงแรมในทันที ในส่วนของลูกค้าก็จะสามารถเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ของทางโรงแรมได้ เพื่อง่ายต่อการตัดสินใจในการจองห้องพัก อีกทั้งเจ้าของโรงแรมก็สามารถใช้ระบบเพื่อดูแนวโน้มการเข้าพักของลูกค้าได้ ว่าส่วนใหญ่เข้าพักในเดือนไหนมากที่สุด จะได้วางแผนได้อย่างชัดเจน เพื่อให้ง่ายต่อการทำงาน และสะดวกรวดเร็ว

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ในการพัฒนาระบบจองโรงแรมห้องพักด้วยแอปพลิเคชั่น LINE มีวิธีการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการศึกษารูปแบบความต้องการของระบบ 2) ขั้นตอนออกแบบและพัฒนาระบบ 3) ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ขั้นตอนการหาความต้องการของระบบ ขั้นตอนนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยทำการสัมภาษณ์ เจ้าของโรงแรม ผู้จัดการโรงแรม ผู้ดูแลห้องพัก และศึกษาจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาจากระบบงานเดิม โดยแบ่งออกเป็นดังนี้

2.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และระบบงานเดิม

2.1.2 รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เจ้าของโรงแรม และพนักงานโรงแรมที่ดูแลระบบ

2.1.3 รวบรวมข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อสรุปและหาความต้องการของระบบการจองห้องพัก

2.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบ มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วย Unified Modeling Language (UML) ได้นำข้อมูลสรุปความต้องการของระบบมาวิเคราะห์ โดยเลือกใช้ 3 ไดอะแกรม คือ 1) Use Case Diagram 2) Class Diagram 3) Sequence Diagram

2.2.2 พัฒนาเว็บแอพพลิเคชันร่วมกับแอพพลิเคชัน LINE ตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้ HTML5, PHP, CSS, Jason, LINEAPI, LINE Notify, Dialogflow และใช้ MySQL ในการเก็บข้อมูลทั้งหมด และได้พัฒนาระบบตามหลักการของ Responsive web design เพื่อให้ระบบสามารถเปิดได้ทุกแพลตฟอร์ม

2.3 ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจระบบการจองห้องพัก มีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพจากการใช้งานระบบ

2.3.2 แบบประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพจากการใช้งานระบบ ด้วยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเจ้าหน้าที่โรงแรมทั้งหมด 5 คน และการเลือกแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) โดยผู้ใช้งานทั่วไป ทั้งหมด 20 คน ด้วยแบบสอบถามถามประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลจากศึกษารวบรวมข้อมูล ศึกษาระบบงานเดิม และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาความต้องการของระบบที่นำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบโดยแสดงรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ผลจากการศึกษาระบบงานเดิม และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 5 คน ได้แก่ เจ้าของโรงแรม 2 คน ผู้จัดการโรงแรม 2 คน พนักงานดูแลระบบ 1 คน พบว่า

- มีปัญหาในการประชาสัมพันธ์โรงแรม ห้องพัก และโปรโมชั่นของทางโรงแรม
- เมื่อลูกค้าต้องการจองห้องพัก สามารถทำได้เพียงแค่โทรศัพท์เข้ามาจองกับทางโรงแรมเท่านั้น ในบางครั้งหากทางโรงแรมติดสายก็อาจจะทำให้เสียลูกค้าไปได้ อีกทั้งหากลูกค้าต้องการข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ของโรงแรม ก็จะไม่สามารถทำได้
- บางครั้งเจ้าหน้าที่โรงแรมจดบันทึกผิดพลาดทำให้เกิดการจองที่ซ้ำซ้อนกันของลูกค้า อาจทำให้ภาพลักษณ์ของทางโรงแรมเสียหาย และจะทำให้เสียลูกค้าได้
- เมื่อลูกค้าเข้ามาเช็คอินที่โรงแรม พนักงานจะต้องไปค้นเอกสารที่ลูกค้าได้ทำการจองไว้ และเมื่อพนักงานไม่ได้เก็บแฟ้มเอกสารไว้เป็นที่เป็นทาง หรือไม่ได้จัดหมวดหมู่ของเอกสาร อาจทำให้เสียเวลาในการค้นหาข้อมูลลูกค้า และจะทำให้ลูกค้าไม่พอใจในที่สุด

3.1.2 สรุปความต้องการของระบบ ระบบต้องมีการจัดการข้อมูลการจอง ซึ่งลูกค้าจะสามารถจองห้องพักได้อย่างอิสระ และมีข้อมูลบอกไว้ทั้งหมดว่ามีใครจองห้องไหนและวันที่อะไรอย่างชัดเจน ระบบต้องสามารถประชาสัมพันธ์ข้อมูลในด้านต่าง ๆ ของโรงแรมได้ ระบบสามารถแจ้งเตือนการเข้าจองห้องพัก และสามารถติดต่อระหว่างเจ้าของโรงแรมและลูกค้าได้ตลอดเวลา ข้อมูลทั้งหมดของระบบจะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูลซึ่งจะมีการจัดหมวดหมู่อย่างชัดเจนเพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา

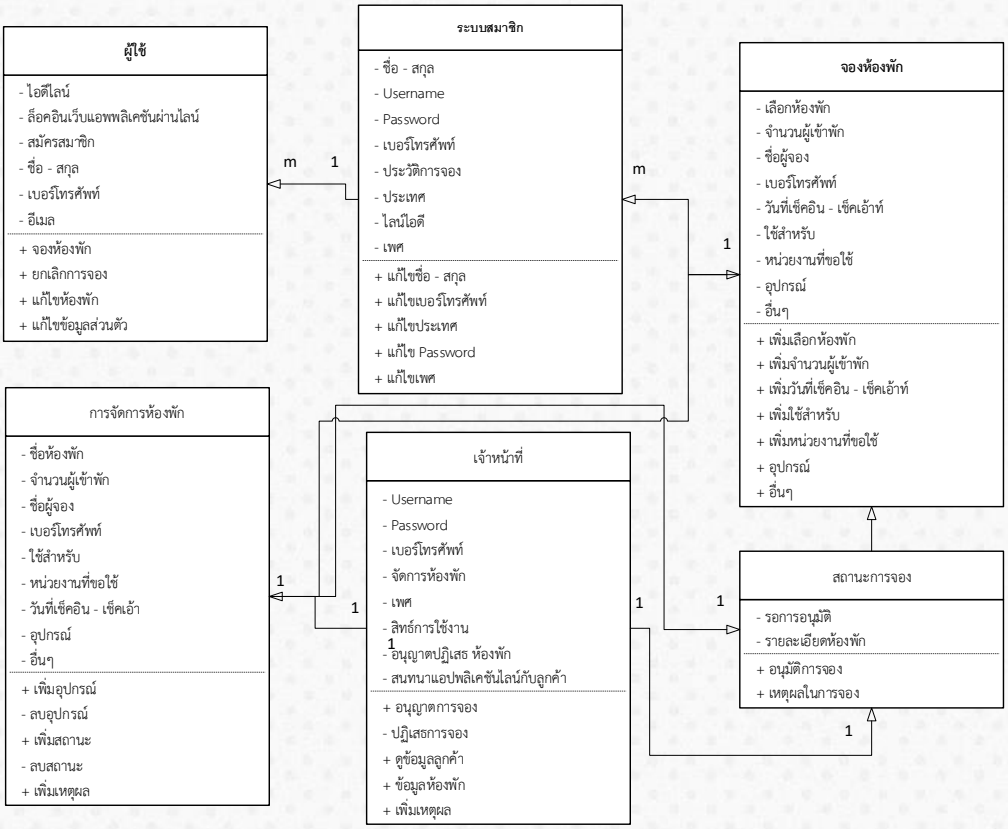
3.2 ผลจากการออกแบบระบบโดยการใช้หลักการของ UML ซึ่งได้เลือกใช้ Use Case Diagram, Class Diagram และ Sequence Diagram ดังนี้

3.2.1 ผลการออกแบบระบบด้วย Use Case Diagram เป็นการแสดงระบบย่อยต่าง ๆ ของระบบทั้งหมด ดังภาพที่ 1



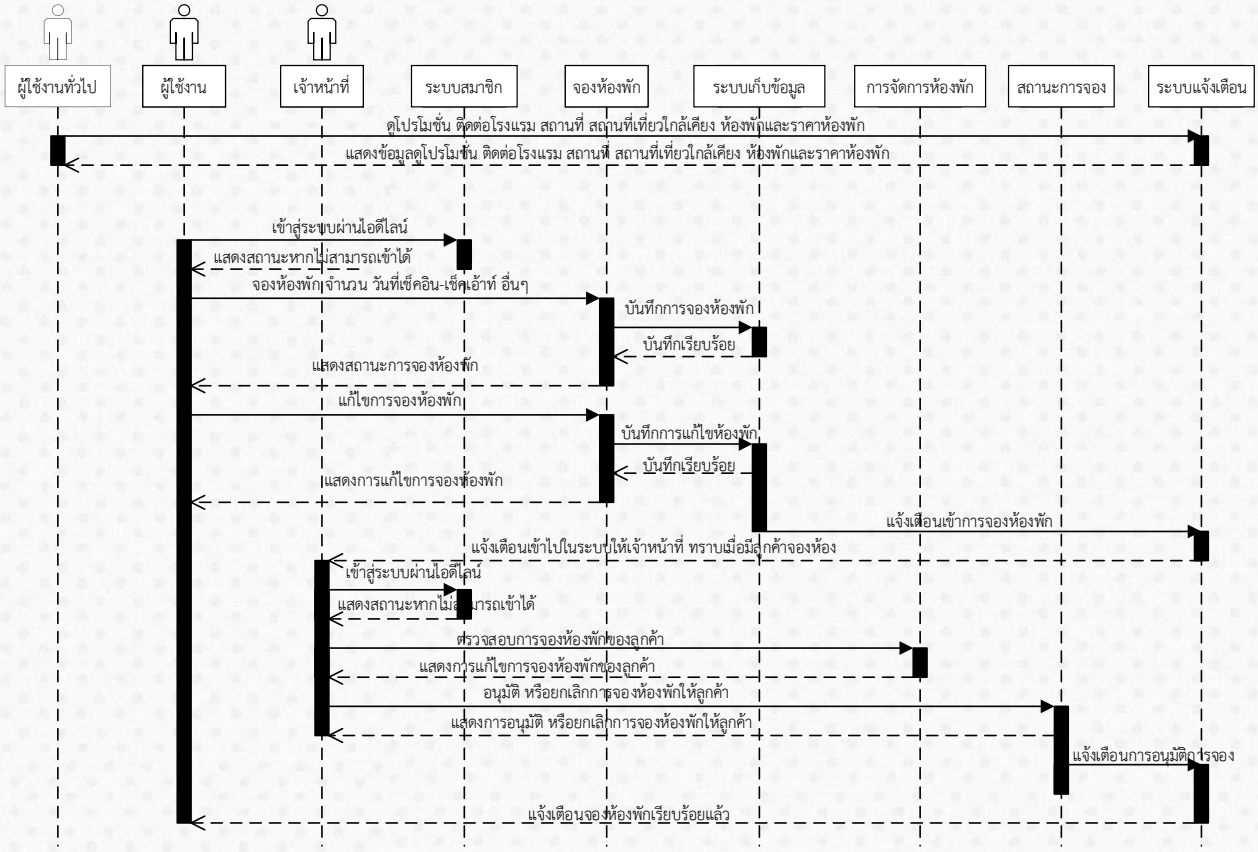
ภาพที่ 1 แสดงผลการออกแบบระบบด้วย Use Case Diagram

3.2.2 ผลการออกแบบระบบด้วย Class Diagram เป็นการแสดงองค์ประกอบของระบบทั้งหมดซึ่งมีการแสดง Class ที่มีความสัมพันธ์ Object ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงผลการออกแบบระบบด้วย Class Diagram

3.3.3 ผลการออกแบบระบบด้วย sequence diagram แสดงขั้นตอนการทำงานที่ละขั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์กับระบบดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงผลการออกแบบระบบด้วย Sequence Diagram

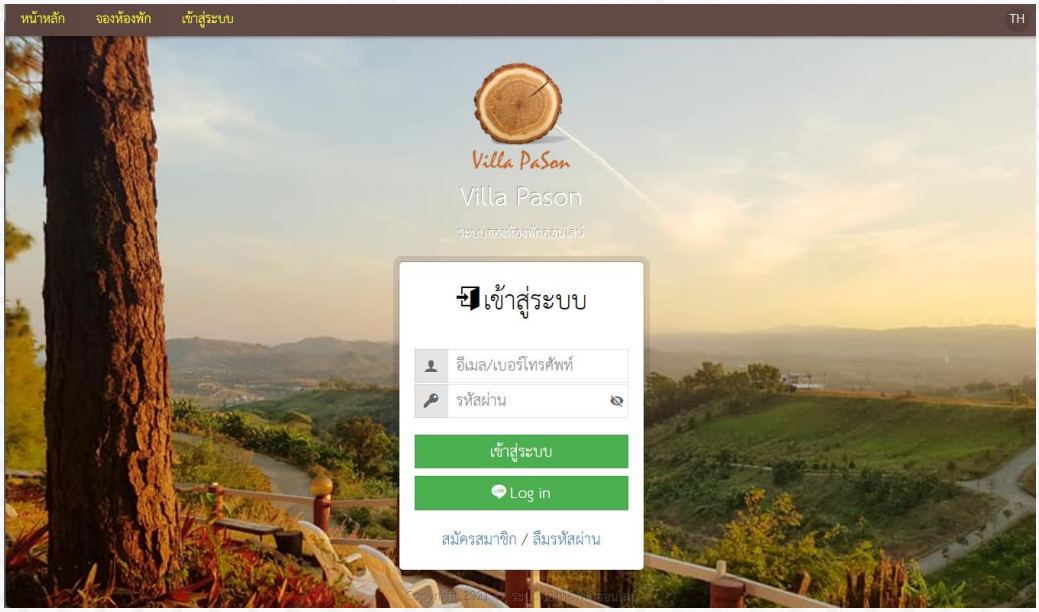
3.3 ผลการพัฒนาระบบจองโรงแรมห้องพักด้วยแอปพลิเคชั่น LINE โดยใช้หลักการ Responsive Web Design ซึ่งทำให้ระบบสามารถใช้ได้ทุกแพลตฟอร์ม เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน ระบบนี้ได้แบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

เจ้าหน้าที่ สามารถเข้าสู่ระบบดูรายละเอียดข้อมูลภายในแอพพลิเคชัน LINE และเว็บแอพพลิเคชัน จัดการข้อมูลผู้ใช้งาน เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล จัดการข้อมูลการจองห้องพัก เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล และจัดระบบการทำงาน เอกสารและบัญชีแอบพลิเคชันไลน์ สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีลูกค้าเข้าจองห้องพัก และโต้ตอบกับสมาชิกกับผู้ใช้งานทั่วไปได้ สามารถแก้ไข ข้อมูลเมนูต่าง ๆ ได้

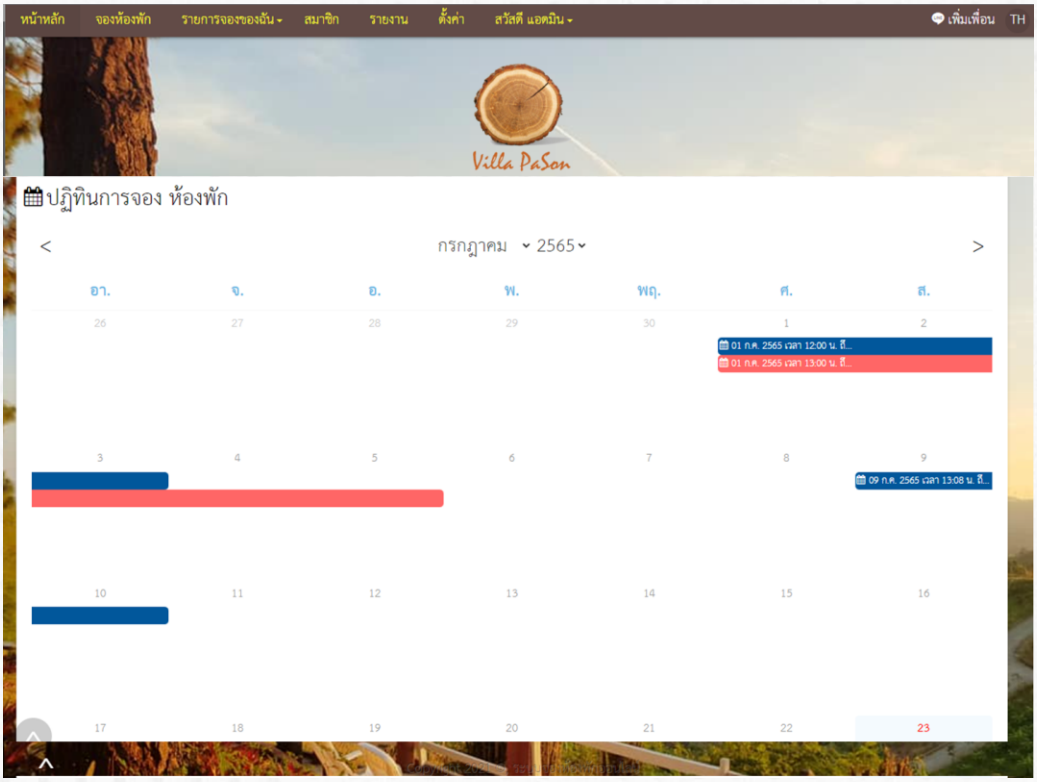
สมาชิก สามารถจัดการข้อมูลสมาชิก แก้ไขชื่อ เบอร์โทร Password เพศ สามารถ เพิ่ม ยกเลิก แก้ไข การจองห้องพัก สามารถดูสถานการณ์จองห้องพักของตนเอง และแอบพลิเคชันไลน์ ดูโปรโมชั่น ติดต่อโรงแรม สถานที่ สถานที่เที่ยวใกล้เคียง ห้องพักและราคาห้องพัก เมื่อจองสำเร็จจะมีข้อความแจ้งเตือนการจองห้อง

ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถใช้งานในส่วนของแอพพลิเคชัน LINE เพื่อดูโปรโมชั่น ติดต่อโรงแรม สถานที่ สถานที่เที่ยวใกล้เคียง ห้องพักและราคาห้องพัก

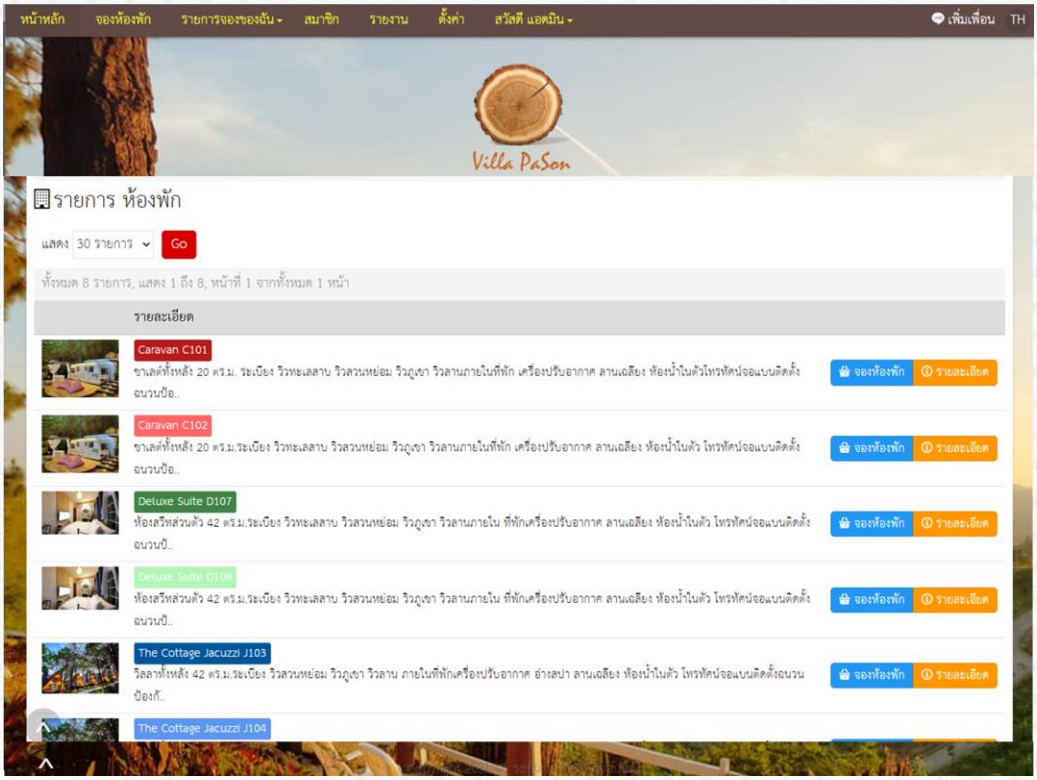
ผลการพัฒนาระบบจองโรงแรมห้องพักด้วยแอปพลิเคชั่น LINE แสดงในภาพที่ 4 – 10



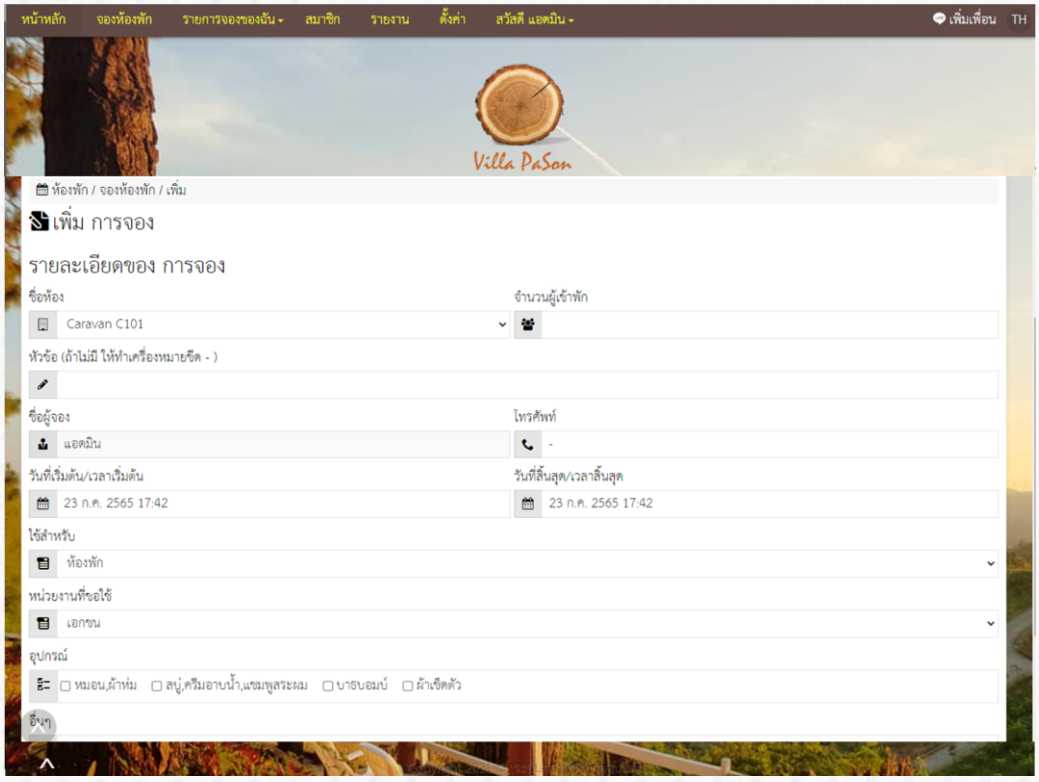
ภาพที่ 4 หน้าเมนูล็อคอินเข้าเว็บแอพพลิเคชัน



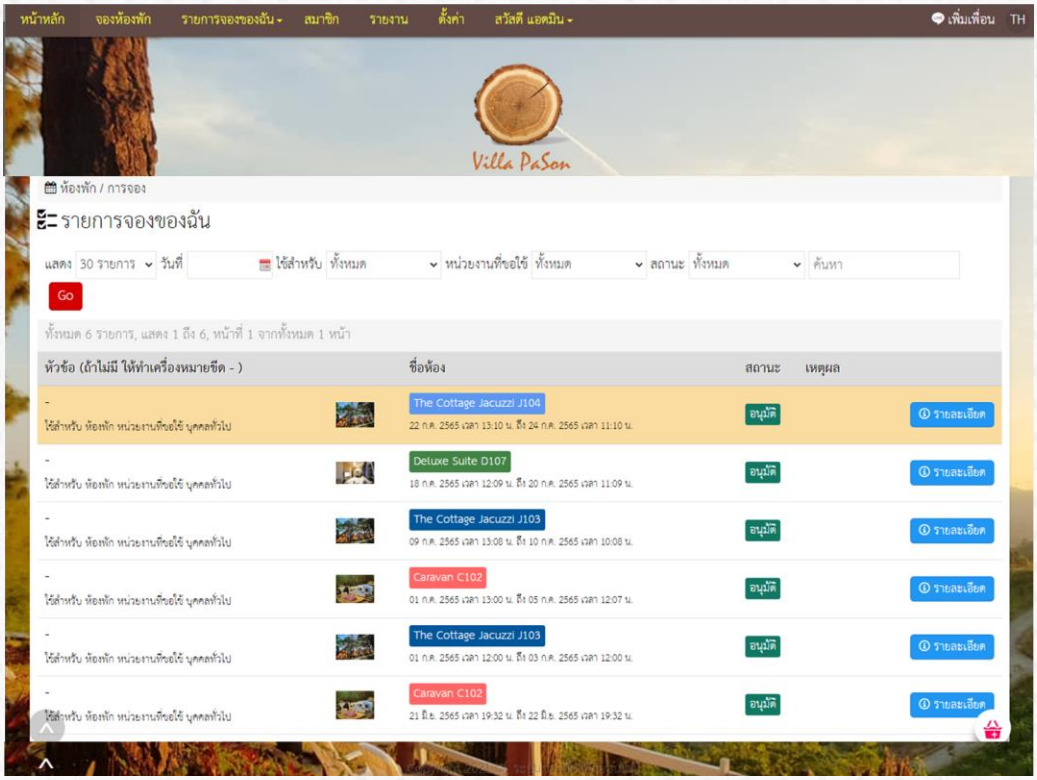
ภาพที่ 5 ปฏิทินแสดงห้องพักที่ได้มีการจอง



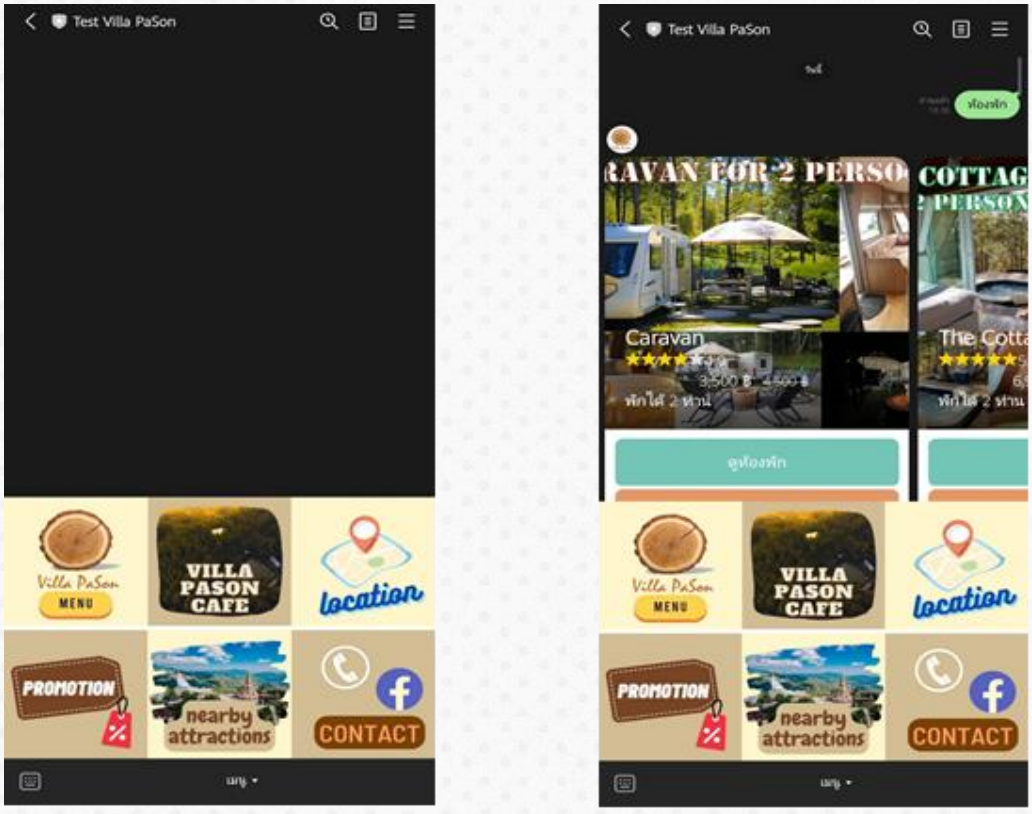
ภาพที่ 6 การเลือกห้องพัก



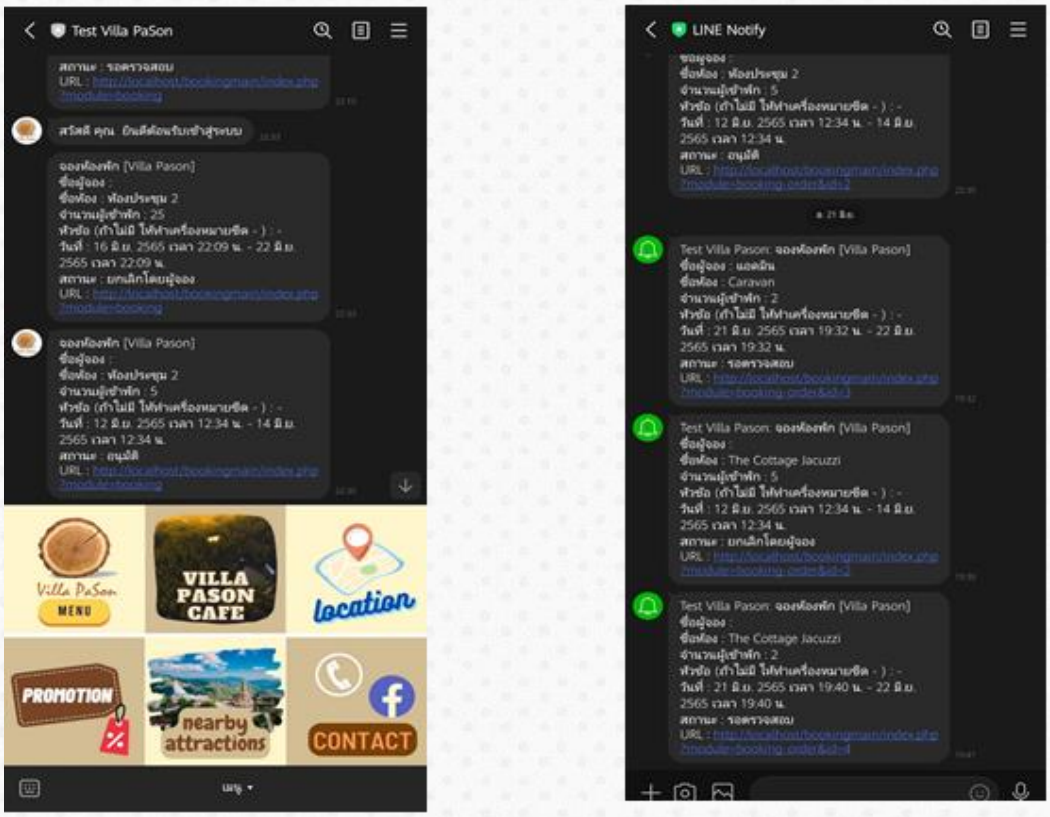
ภาพที่ 7 ลงทะเบียนจองห้องพัก



ภาพที่ 8 การแจ้งสถานะให้ผู้ใช้ทราบ



ภาพที่ 9 หน้าจอหลักของแอพพลิเคชั่นไลน์ หน้าเมนูต่าง ๆ และ เข้าลิงค์เว็บแอพพลิเคชัน



ภาพที่ 10 การแจ้งเตือนสถานะการจองให้ลูกค้า และ การแจ้งเตือนการเข้าพักให้เจ้าหน้าที่

3.4 แบบประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพจากการใช้งานระบบ ด้วยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเจ้าหน้าที่โรงแรมทั้งหมด 5 คน และการเลือกแบบบังเอิญ (Accidental Sampling โดยผู้ใช้งานทั่วไป ทั้งหมด 20 คน ด้วยแบบสอบถามถามประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบ พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.38 ซึ่งแปรผลได้ว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
	5	4	3	2	1	$\bar{x}$	S.D.	ผลลัพธ์
ด้านการทำงานของแอปพลิเคชั่นไลน์ และเว็บแอพพลิเคชัน								
1. แอปพลิเคชั่นไลน์ และเว็บแอพพลิเคชัน มีการเข้าถึงที่ง่ายและน่าสนใจ	15	5	5	0	0	4.40	0.64	มาก
2. มีการแสดงเป็นสัดส่วนและการแยกหมวดหมู่อย่างชัดเจน	10	6	9	0	0	4.04	0.76	มาก
3. ทันสมัยและเป็นปัจจุบันของข้อมูล	19	0	6	0	0	4.52	0.73	มากที่สุด
4. สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลได้	20	5	0	0	0	4.80	0.16	มากที่สุด
5. สามารถใช้งานในส่วนเมนูได้ง่าย	22	3	0	0	0	4.88	0.11	มากที่สุด
6. แสดงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ	23	0	2	0	0	4.84	0.29	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
	5	4	3	2	1	$\bar{x}$	S.D.	ผลลัพธ์
ด้านความง่ายของการใช้เว็บแอพพลิเคชัน								
1. ความเหมาะสมของการใช้ ขนาด สี อักษร	17	4	4	0	0	4.52	0.57	มาก
2. ความเหมาะสมของการใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย	21	4	0	0	0	4.68	0.43	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของการใช้รูปภาพในการสื่อความหมาย	19	4	2	0	0	4.68	0.37	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของตำแหน่งในส่วนประกอบ และเมนูต่าง ๆ	18	3	4	0	0	4.56	0.57	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมของรูปแบบการแสดงผล	20	5	0	0	0	4.80	0.16	มากที่สุด
6. การออกแบบใช้งานง่าย เข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว	18	7	0	0	0	4.72	0.20	มากที่สุด
ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน								
1. ระบบใช้งานได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว	23	2	0	0	0	4.92	0.07	มากที่สุด
2. ความชัดเจนของคำอธิบาย ส่วนประกอบต่าง ๆ	22	1	2	0	0	4.80	0.32	มากที่สุด
3. ความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล	21	0	4	0	0	4.68	0.54	มากที่สุด
4. ความน่าสนใจ และความหลากหลายของข้อมูล	24	0	1	0	0	4.92	0.15	มากที่สุด
รวม						4.67	0.38	มากที่สุด

4. บทสรุป

จากผลการวิจัยพบว่าระบบการจองโรงแรมห้องพักผ่านแอปพลิเคชั่นไลน์ สามารถใช้งานได้ในระดับดี มีการออกแบบที่ง่ายต่อการเข้าถึง มีหน้าจอแสดงการจองห้องพักทั้งหมด มีการจัดหมวดหมู่ข้อมูลอย่างชัดเจน และยังสามารถใช้ในการประชาสัมพันธ์โปรโมชั่น สถานที่ท่องเที่ยว โปรโมทห้องพัก ได้อย่างชัดเจนครบถ้วน และสมบูรณ์ สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จากผลการประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสมภพ มุสิกร และ พิมรินทร์ คีรินทร์. (2564) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสนับสนุนการให้บริการ PSRU-LIB LINEBot ร่วมกับระบบห้องสมุดอัตโนมัติ WALAI AutoLib สำหรับห้องสมุด 4.0 ที่มีการประเมินผลความพึงพอใจจากการใช้ระบบ ผลการศึกษาพบว่าผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมารฐาน 0.57 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบการจองโรงแรมห้องพัก ผ่านแอปพลิเคชั่นไลน์ สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสุชา สุขุประการ ผู้จัดการโรงแรมวิลล่าป่าสน เขาค้อ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาระบบการจองห้องพักออนไลน์ และการพัฒนาระบบแอบพลิเคชันไลน์ ให้ตอบสนองต่อความต้องการของโรงแรม ขอขอบคุณ ผู้ที่กรอกแบบสอบถามทุกท่าน ทำให้เราได้ทราบถึงความต้องการลูกค้า และขอขอบคุณ คณะอาจารย์ที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ให้ประสบความสำเร็จ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วราพรรณ แสงเสงี่ยม. (2565). *ปัจจัยทางการตลาดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจจองห้องพักผ่านตัวกลางออนไลน์ของชาวกรุงเทพมหานครในช่วงการระบาดโควิด-19.* (การค้นคว้าอิสระเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ศิลปะศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรมการบริการและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยกรุงเทพ).

[2] สุมามาลย์ ปานคำ และ สุภักปรียา แย้มมี. (2564). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีผลต่อความภักดีในการจองห้องพักบนเว็บแอพพลิเคชัน แอร์บีเอ็นบี ของผู้บริโภคในประเทศไทย. *วารสารศิลปการจัดการ, 5(2)*, 384-398.

[3] สุนทรีย์ พีระพาณิชย์ และ ธนพรรณ กุลจันทร์. (2564). การพัฒนาบริการและช่องทางประชาสัมพันธ์โดยใช้ไลน์อ๊อฟฟิเชียลแอ๊กเคาต์ (LINE Official Account) สำหรับห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. *Information-อินฟอร์เมชั่น*, *28*(2), 87-102.

[4] สมภพ มุสิกร และ พิมรินทร์ ศิรินทร. (2564). การพัฒนาระบบสนับสนุนการให้บริการ PSRU-LIB LINEBot ร่วมกับระบบห้องสมุดอัตโนมัติ WALAI AutoLib สำหรับห้องสมุด 4.0. *วารสารวิชาการ “การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม”*, *8*(1), 114-127.

[5] ณภัทร ไชยพราหมณ์, ณัฐวุฒิ ทุมนัต และ ชูพันธุ์ รัตนโภคา. (2563). ระบบตอบกลับและแจ้งข้อมูลทางการศึกษาผ่านไลน์บอท. *JIST Journal of Information Science and Technology*, *10*(2), 59-70.

[6] วสุ บัวแก้ว, และ ปณิธิ เนตินันทน์. (2563). การพัฒนาระบบ LINE BOT สำหรับบัณฑิต วิทยาลัย. *การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา*, *15*(1), 2406-2413.

[7] เจนจิรา หาญบูรณะพงศ์ และ ศศิธร ทองนวล. (2561). *กรณีศึกษา:ระบบ Chatbot ในแอพพลิเคชั่น LINE สำหรับพนักงานในโรงแรมแชงกรี – ลา กรุงเทพฯ (สหกิจศึกษา).* (วิชาการการโรงแรมและการท่องเที่ยว คณะศิลปะศาสตร์) กรุงเทพมหานครฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.

[8] แก้วขวัญ สุธีระตฤษณา. (2560). *ปัจจัยที่นักท่องเที่ยวให้ความสำคัญในการ ตัดสินใจเลือกจองโรงแรมผ่านช่องทางออนไลน์ = FACTOR OF TOURISTS’s TO MAKE DECISION THE HOTEL VIA ON LINE RESERVATION*. (สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต วิทยาลัยการจัดการ) กรุงเทพมหานครฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

[9] สนทยา พลพาลสังข์ และ รัชชนันท์ หลาบมาลา. (2560). การพัฒนาการ พัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติตาดโตน. *วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, *3*(2), 72-80.

[10] กนกวรรณ์ โสภักดี. (2559) *ความเต็มใจจ่ายและความคาดหวังในธุรกิจการจองห้องพักออนไลน์ ใน ประเทศไทย*, (วิทยานิพนธนี้เปนสวนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต).กรุงเทพมหานครฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[11] อาจหาญ ทิพยศรี. (2550). *ระบบจองห้องพักแบบออนไลน์ ของบ้านอิงน้ำ เฮ้ลท์ รีสอร์ท แอนด์สปา*. (ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์). พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

การพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station

Website development to sell products online for 350 Healthy Station Shop

กฤษฎา ดีแท้[1] สุพพัต ปลิ่นกลอง[1] และ ศุภชัย คนเที่ยง[1*]

[1] สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[*]Email: supachai_kons@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเว็บไซต์เพื่อเพิ่มช่องทางการเก็บข้อมูลการขายของร้านให้มีประสิทธิภาพ 2) เพื่อจัดการขายสินค้าให้มีความถูกต้องเพิ่มความรวดเร็วในการใช้งาน 3) สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์สรุปรายงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์โดยการนำเทคโนโลยีโปรแกรมภาษา PHP และ HTML มาใช้ในการออกแบบ หน้าจอเว็บไซต์ใช้ซอฟต์แวร์ MySQL ในการบริหารจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ จากผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้ใช้งานสามารถเพิ่ม ข้อมูลการขายได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ 2) ผู้ใช้งานสามารถจัดการขายสินค้าได้อย่างความถูกต้องและมีความรวดเร็ว 3) ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลในระบบเพื่อนำไปใช้ในการสรุปรายงานได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการใช้งานระบบ และสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยสรุปค่าสถิติที่ใช้ได้แก่ค่าเฉลี่ย แสดงผลความพึงพอใจจากพนักงานและเจ้าของร้าน จำนวน 20 คน โดยผลการประเมินความพึงพอใจของพนักงานและเจ้าของร้านมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.56 แสดงว่าเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ร้าน 350 Healthy Station ที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร้านและของผู้ใช้งานได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: การพัฒนา, เว็บไซต์, งานขายสินค้า, ร้านค้าออนไลน์

Abstract

This research aims to. 1) Develop a website to increase the channel of store sales information to be effective. 2) To manage the sale of goods to be accurate, increase the speed of use. 3) Able to bring data to analyze and summarize reports the effective. In this research, the researcher has the idea of applying the technology. PHP and HTML language using MySQL software. in relational database management. From the research results, it was found that. 1) Users can add sales information accurate and effective. 2) Users can manage the sale of goods accurate and promptness. 3) Users can use the information in the system to summarize. the report completely. The researcher has tested the use of the system. and create a user satisfaction questionnaire. In summary, the statistical values used were the mean. Show satisfaction results from employees and shop owners of 20 people. by assessing the satisfaction of employees and shopkeepers. There was a the most of satisfaction. with a total mean of

4.56. Shows that the website sells online products at 350 Healthy Station. Developed to improve the efficiency of the shop and the better users.

Keywords: Development system, website, Sale management, Shop online

1. บทนำ

จากสถานการณ์โควิด 19 ในปัจจุบันทำให้ร้าน 350 Healthy Station ต้องการที่จะเพิ่มช่องทางการขายของทางร้านจากที่เคยขายเฉพาะหน้าร้านโดยจะปรับปรุงให้เป็นการขายแบบออนไลน์ทั้งหมด ซึ่งในการขายอาหารในปัจจุบันทางร้านได้มีการเตรียมเมนูอาหารไว้ทั้งหมด 30 เมนู ซึ่งในแต่ละวันมีรายการสั่งซื้อจำนวนมากทำให้การบริการลูกค้าไม่ทันเวลาและเกิดความสับสนในการจัดเก็บรายการสั่งซื้อของลูกค้า ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ และในการขายสินค้าออนไลน์ของทางร้านในปัจจุบันการติดต่อระหว่างลูกค้าและทางร้านนั้น ลูกค้าจะใช้การโทรศัพท์หรือส่งข้อความผ่านแอพพลิเคชันไลน์เพื่อสั่งซื้ออาหารของทางร้าน ลูกค้าบางรายไม่รู้จักหรือจำเมนูอาหารต่าง ๆ ได้ทั้งหมด และเมื่อลูกค้าสั่งรายการอาหารพนักงานก็จะทำการจดรายการสั่งซื้อของลูกค้าไว้ในกระดาษ ทำให้บางครั้งเกิดการสูญหายทำให้ไม่ได้ส่งอาหารให้ลูกค้า หรือมีการส่งซ้ำ จึงทำให้ทางร้านเกิดความเสียหาย อีกทั้งเมื่อลูกค้าสั่งแล้ว แต่อาหารที่ทำไว้มีจำนวนไม่เพียงพอเมื่อติดต่อกลับไปหาลูกค้าเพื่อบอกถึงจำนวนคงเหลือของรายการสินค้าทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจ หากมีการพัฒนาระบบเว็บไซต์เข้ามาช่วยในการส่งเสริมการขายหรือจัดการข้อมูลเกี่ยวกับงานขายสินค้าของทางร้าน มีการแสดงเมนูอาหารของทางร้าน จำนวนคงเหลือของอาหารทั้งหมด สามารถดูรายการสั่งซื้อทั้งหมดในระบบได้ จะสามารถช่วยให้การขายสินค้าของทางร้านทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถใช้ในการประชาสัมพันธ์สินค้าและโปรโมชันต่าง ๆ ได้อีกด้วย

เว็บไซต์การขายสินค้าออนไลน์ เป็นระบบจัดการข้อมูลทั้งหมดของทางร้าน โดยได้นำภาษาที่นิยมใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ ได้แก่ ภาษา PHP และ HTML ร่วมกับระบบการจัดการฐานข้อมูล MySQL (ณัฐวรรณ ธรรมวัชรากร, 2562; กนกวรรณ คล้ายสุบรรณ์ และคณะ, 2560) เพื่อช่วยให้การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว มีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพในการใช้ทำงาน (สุริยัน นิลทะราช และสมบูรณ์ ชาวชายโขง, 2563; สุริยัน นิลทะราช และสมบูรณ์ ชาวชายโขง, 2563) โดยมีนักวิจัยได้นำเอา PHP และ MySQL มาพัฒนาระบบ เช่น วีรอร อุดมพันธ์ และเกียรติชัย อ่อนน้อม (2562) เป็นการพัฒนาระบบสั่งซื้อป้ายไวนิลออนไลน์ให้กับบริษัทเดอะซันมีเดีย กรุ๊ป ผลปรากฏว่าพนักงานและเจ้าของกิจการมีความพึงพอใจระดับดี ส่วนภัทรพล เสมอภาค และอุทัย ศรีษะนอก (2563) ได้พัฒนาเว็บไซต์ระบบคลังจัดเก็บวัสดุและอุปกรณ์กรณีศึกษา ของบริษัทฟิวชั่นดีไซน์ เดคคอเรท จำกัด มีฟังก์ชันหลัก ได้แก่ เบิก จ่ายวัสดุอุปกรณ์ การสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ ผู้ผลิต และรายงานต่างๆ ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับดี จะเห็นว่าระบบการพัฒนาส่วนใหญ่จะเป็นการจัดการคลังสินค้าเพื่อการขายเข้ามาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลรายการสินค้า และข้อมูลลูกค้า ทำให้การทำงานมีความรวดเร็ว ถูกต้อง สะดวกสบายมากขึ้น และส่งผลให้รูปแบบของการดำเนินธุรกิจเปลี่ยนแปลงไป เริ่มจากการสร้างเว็บไซต์การลงข้อมูลซื้อขายอาหารและลงข้อมูลลูกค้า เพราะความสะดวกไม่สลับซับซ้อน โดย ในการทำงานของระบบจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนของโปรแกรมการทำงาน และส่วนของ ฐานข้อมูล ซึ่งทั้งสองส่วนต้องมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน เพื่อให้สถานประกอบการร้านอาหารรู้ถึงข้อมูลการซื้อขายต่างๆของลูกค้า

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเอา ภาษา PHP HTML และฐานข้อมูล MySQL เข้ามาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station เพื่อให้เว็บไซต์ง่ายต่อการใช้งาน และสะดวกรวดเร็ว มีความน่าสนใจ ไม่เสียเวลาทำให้ผู้ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่รู้สึกว่าต้องใช้เวลานาน และสามารถเปิดระบบเว็บไซต์ได้ทั้ง เครื่องคอมพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟน ในการลงข้อมูลอาหารและการลงจำนวนรายการอาหารรวมไปถึงข้อมูลที่อยู่ลูกค้าที่สั่งทำให้ประหยัดทั้งเวลาในการทำงาน พนักงานสามารถลงข้อมูลได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้นและเจ้าของร้านอาหารรู้ข้อมูล และมีข้อมูล

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้องการพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์
2. เพื่อวิเคราะห์และออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์
3. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือทำหน้าที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์

3. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

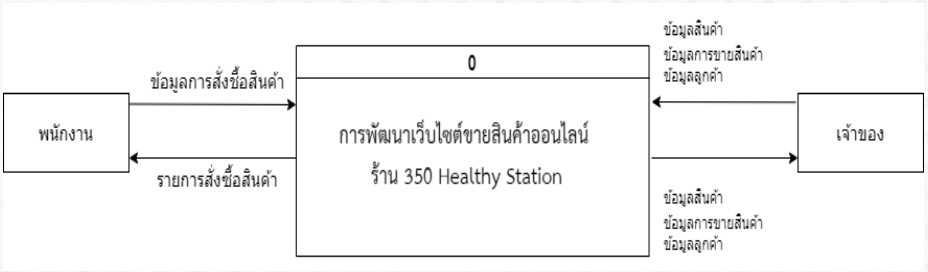
ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station ผู้วิจัยทำการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ประกอบการและระบบโดยการนำเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการพัฒนาเว็บไซต์ [5,7] ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดความต้องการของเว็บไซต์เป็นไปตามความ ต้องการของผู้ใช้งานดังนี้

3.1.1 การศึกษาเบื้องต้น จากที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการขายสินค้า ราคาสินค้า การจัดเก็บข้อมูลลูกค้า การจัดเก็บข้อมูลการสั่งซื้อ และข้อมูลการขายสินค้า โดยการจัดเก็บข้อมูล ทั้งหมดในรูปแบบของเอกสาร พร้อมทั้งทำความเข้าใจกับขั้นตอนการขายสินค้า เพื่อ นำไปใช้งานจริงในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขายสินค้า

3.2 การออกแบบเว็บไซต์ การออกแบบเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ประกอบด้วย การออกแบบระบบงาน และการออกแบบฐานข้อมูล

3.2.1 การออกแบบระบบงานด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (Context Diagram) ดังภาพที่ 1 และ (Data Flow Diagram) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แผนภาพรวม Level 0 (Context Diagram)

3.2.2 การเพิ่มสินค้า – การนำสินค้าตัวใหม่เข้าสู่ระบบ โดยการเพิ่มรายการสินค้าเข้า เว็บไซต์สินค้า

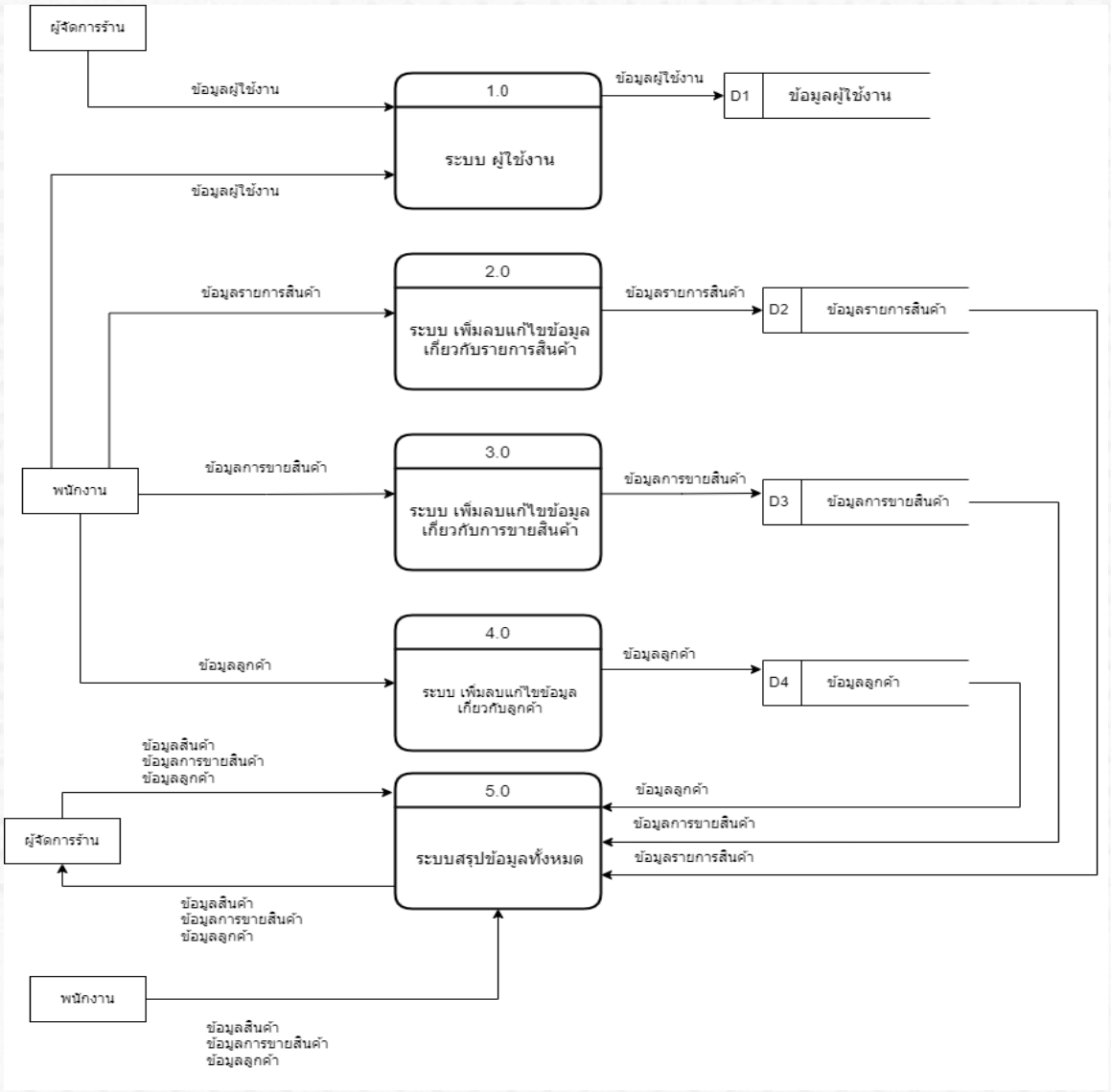
3.2.3 การขายสินค้า – ผู้ดูแลเว็บไซต์จะเลือกสินค้าจากรายการสินค้าที่มีในระบบแล้วเลือก สินค้าตามที่ลูกค้าสั่งและระบุข้อมูลลูกค้าที่มีอยู่หรือเพิ่มข้อมูลใหม่ในกรณีที่เป็นลูกค้ารายใหม่ โดยมี การจัดเก็บข้อมูลที่จำเป็นจากลูกค้าเพื่อใช้ในการขายครั้งต่อไป

3.2.4 การลงข้อมูลลูกค้า – การเพิ่มข้อมูลลูกค้า เข้าสู่เว็บไซต์

3.2.5 การค้นหาข้อมูล – การค้นหาข้อมูลต่างๆ ของเว็บไซต์

3.2.6 การสรุปรายงานข้อมูล – การแสดงข้อมูลต่างๆ และนำข้อมูลออกมาได้

3.3 การพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station ผู้วิจัยได้ มีการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม visual studio code ภาษา PHP HTML และจัดทำระบบฐานข้อมูลด้วย โปรแกรม Xampp เพื่อที่จะสามารถจัดเก็บข้อมูล



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ Level 1.0 (Data Flow Diagram)

3.4 การทดสอบเว็บไซต์ เมื่อทำการพัฒนาเว็บไซต์แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการเข้าใช้งานของเว็บไซต์ทดสอบระบบทั้งหมด การแสดงผลข้อมูลตามลำดับของผู้ใช้งาน การออกรายงานที่ถูกต้อง การทดสอบโดย ให้ผู้ใช้งานจริงได้ทดลองใช้ โดยระบบสามารถทำงานได้สอดคล้องและตรงตามข้อกำหนดความ ต้องการที่กำหนดไว้

3.5 แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station จำนวน 20 คน ซึ่งจะประเมินความพึงพอใจในระบบได้แก่

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

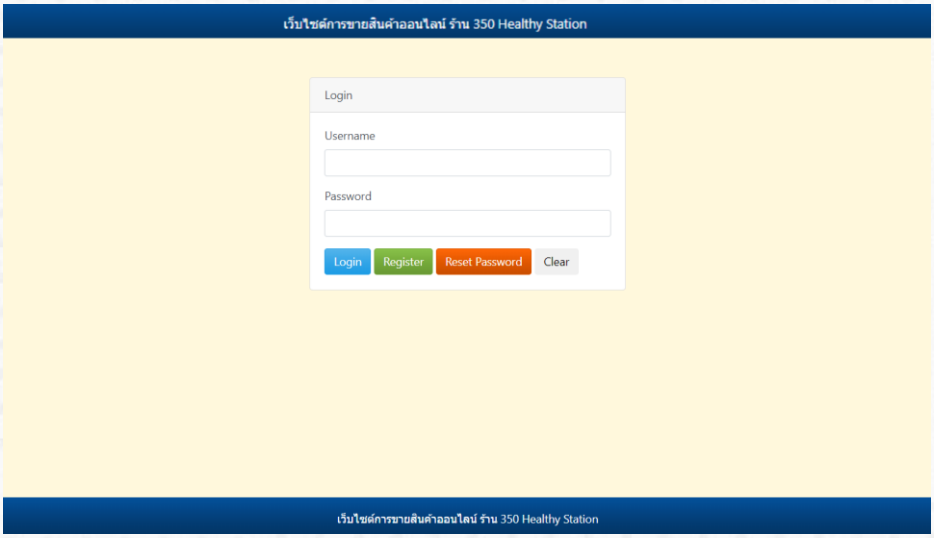
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและศึกษาและพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station โดยผลการดำเนินงานตามขอบเขตที่กำหนดไว้มีดังนี้

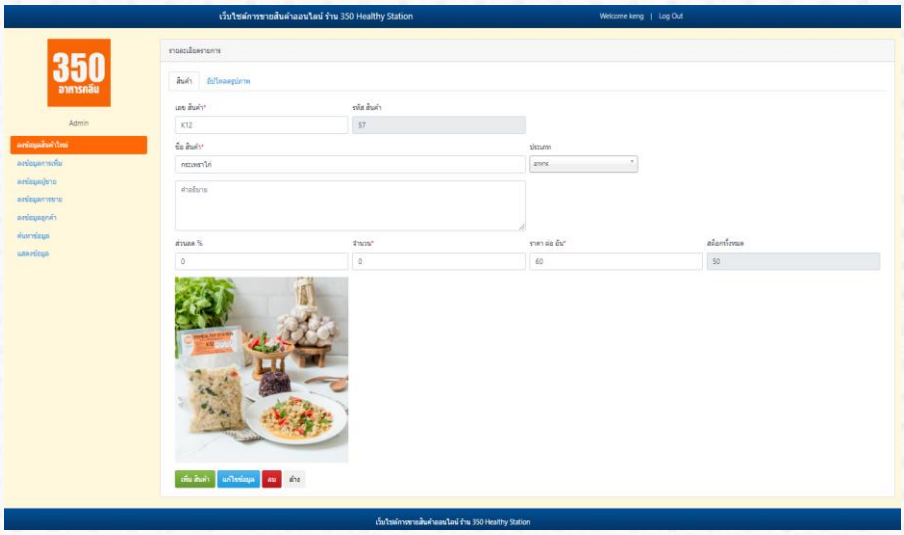
4.1 ผลการพัฒนาเว็บไซต์ มีการทำงานอยู่ 7 ส่วนหลักๆ คือ 1) การเข้าสู่ระบบ 2) การเพิ่มข้อมูลสินค้าและการผลิตสินค้า 3) การลงข้อมูลผู้ขาย 4) การลงข้อมูลลูกค้า 5) การลงข้อมูลการขาย และ 6) การค้นหาและแสดงข้อมูลทั้งหมด โดยมีรายละเอียดดังนี้ การขายสินค้า

ส่วนที่ 1 การเข้าสู่ระบบ ผู้ใช้งานแต่ละคนจะทำการเข้าสู่ระบบโดยการใส่ชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน เพื่อเข้าสู่หน้าหลักและท่าต้องการสมัคร Username ให้กดไปที่ Register เพื่อทำการสมัคร Username ดังภาพที่ 3

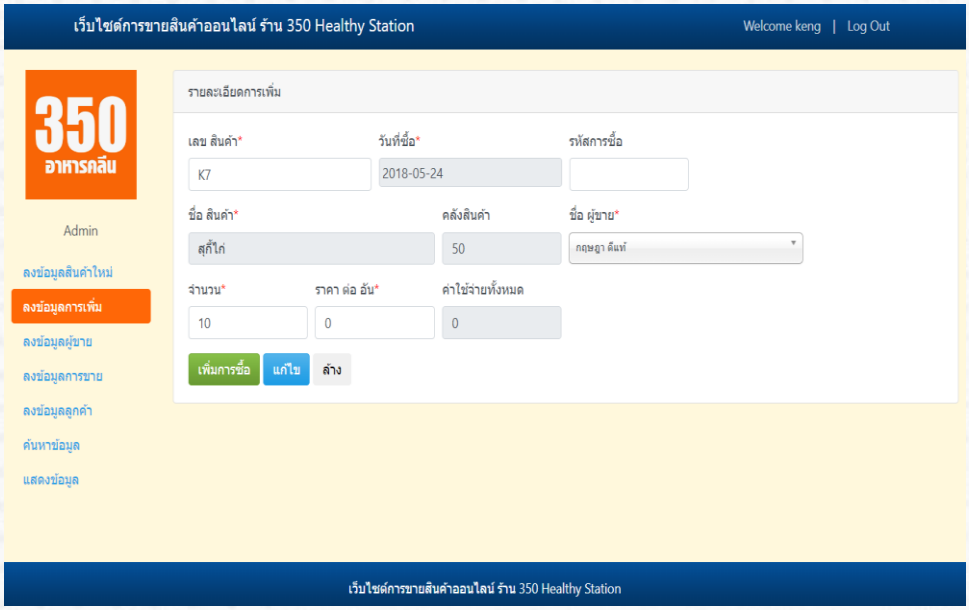


ภาพที่ 3 หน้าการเข้าสู่ระบบ

ส่วนที่ 2 การจัดการข้อมูลหลัก เช่น การจัดการข้อมูลสินค้า เป็นการนำสินค้าตัวใหม่เข้า สู่เว็บไซต์ โดยการเพิ่มสินค้าเข้าระบบสินค้านั้นต้องกรอกรายละเอียด ของสินค้าแล้วเพิ่มสินค้าเข้าและแก้ไขหรือลบข้อมูลได้สู่ ระบบสินค้า ดังภาพที่ 4 - 5

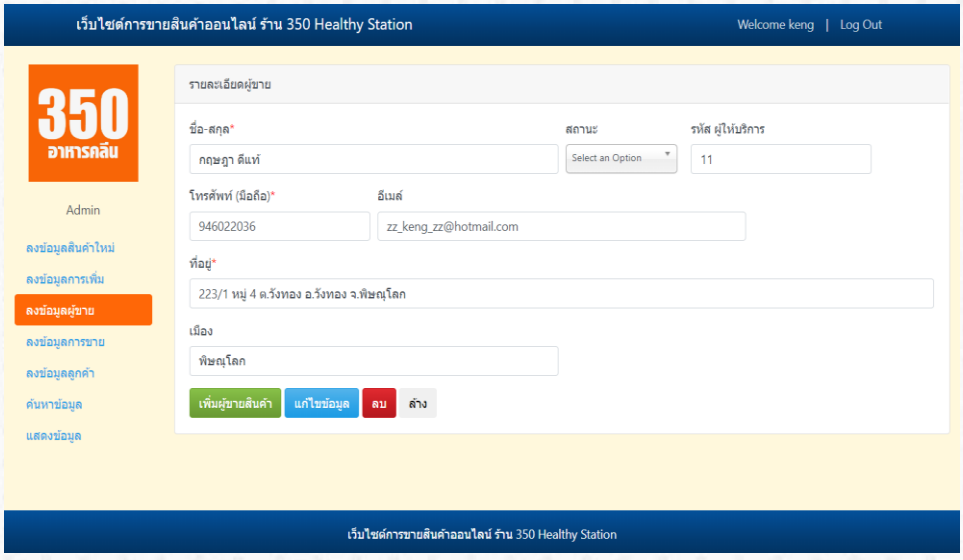


ภาพที่ 4 หน้าการนำสินค้าตัวใหม่



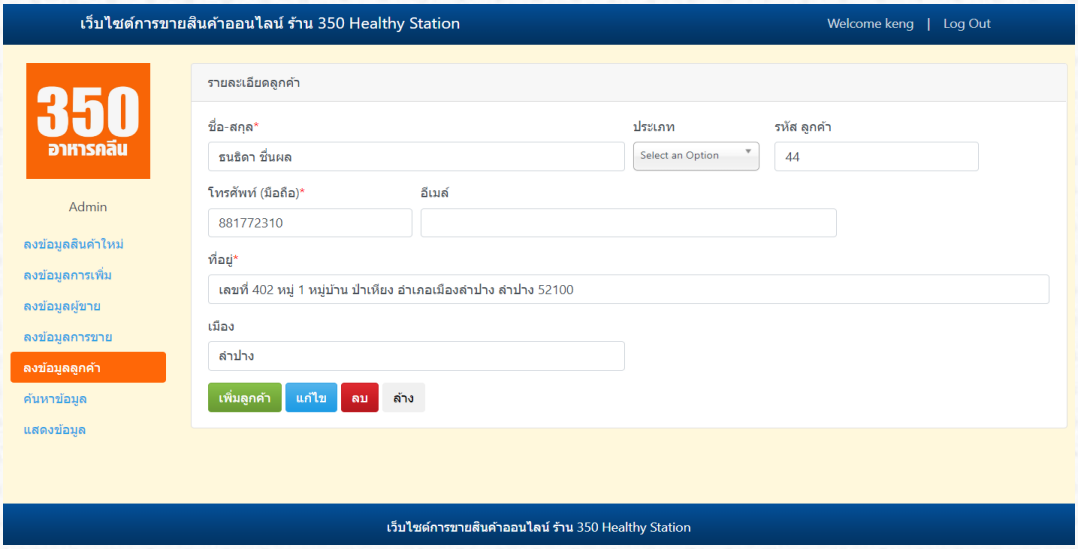
ภาพที่ 5 หน้าการเพิ่มสินค้าเข้าระบบสินค้า

ส่วนที่ 3 การลงข้อมูลผู้ขายสินค้า เป็นการจัดการข้อมูลผู้ขาย เข้าสู่ระบบ โดยการเพิ่มข้อมูล ลงไปในระบบเพื่อจัดการขายสินค้า ดังภาพที่ 6



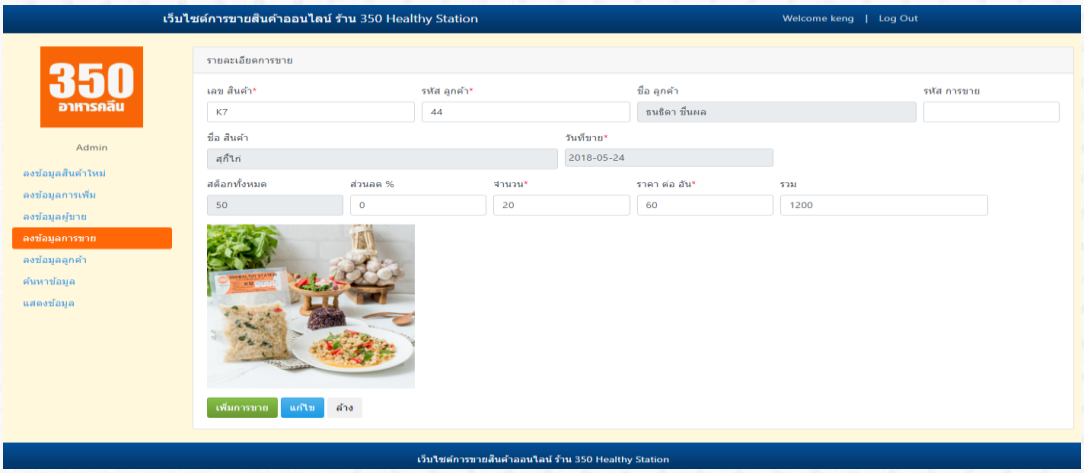
ภาพที่ 6 หน้าการลงข้อมูลผู้ขายสินค้า

ส่วนที่ 4 การลงข้อมูลลูกค้า เป็นการจัดการข้อมูลลูกค้า เข้าสู่ระบบ โดยการเพิ่มข้อมูล ลงไปในระบบเพื่อจะได้รู้รายละเอียดของลูกค้า ดังภาพที่ 7



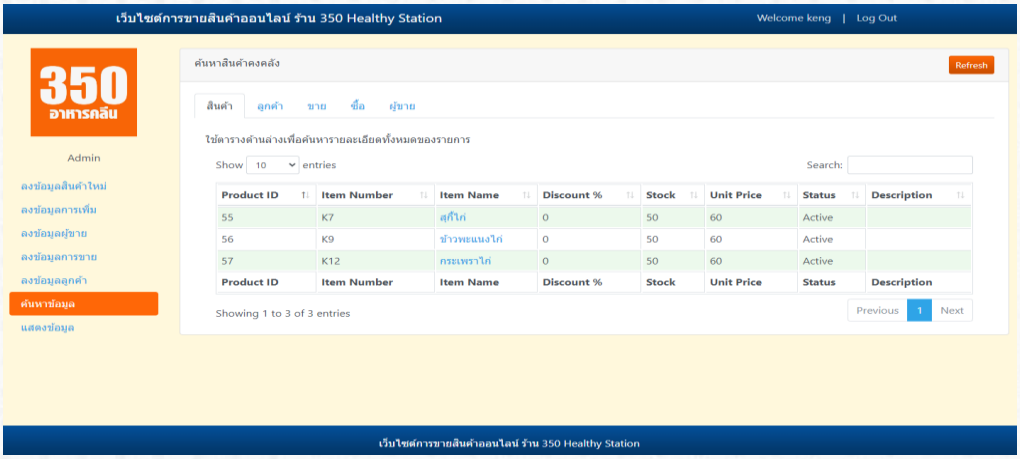
ภาพที่ 7 หน้าการลงข้อมูลลูกค้า

ส่วนที่ 5 การขายสินค้า ได้มีการนำข้อมูลการขาย เข้าสู่ระบบโดยการคีย์ข้อมูลของสินค้า และทำการจัดเก็บข้อมูลการขายสินค้าในแต่ละครั้งและทำการจัดเก็บข้อมูลผู้ขายและลูกค้า โดยการบันทึก ข้อมูลจัดเก็บในฐานข้อมูลทันทีดังภาพที่ 6 ภาพที่ 7 การขายสินค้าให้กับลูกค้า โดยหลักการขายนั้นต้องเลือกใส่เลขสินค้ารหัสลูกค้าและชื่อผู้ขาย ทำการคลิกจำนวนสินค้า ระบบจะบอกรายละเอียดต่างๆ โดยการกด ปุ่มเพิ่มการขาย เป็นการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ ฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ ดังภาพที่ 8

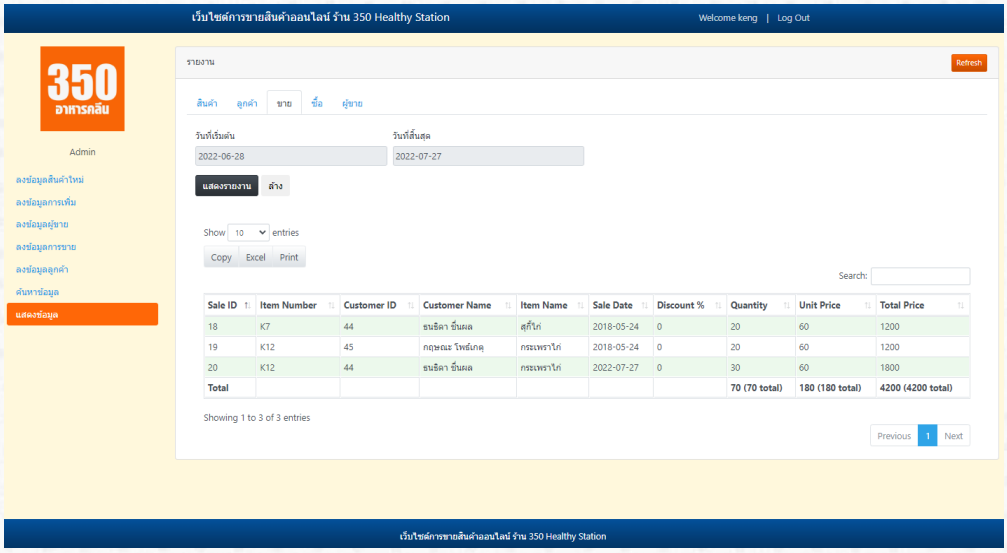


ภาพที่ 8 หน้าการขายสินค้าให้กับลูกค้า

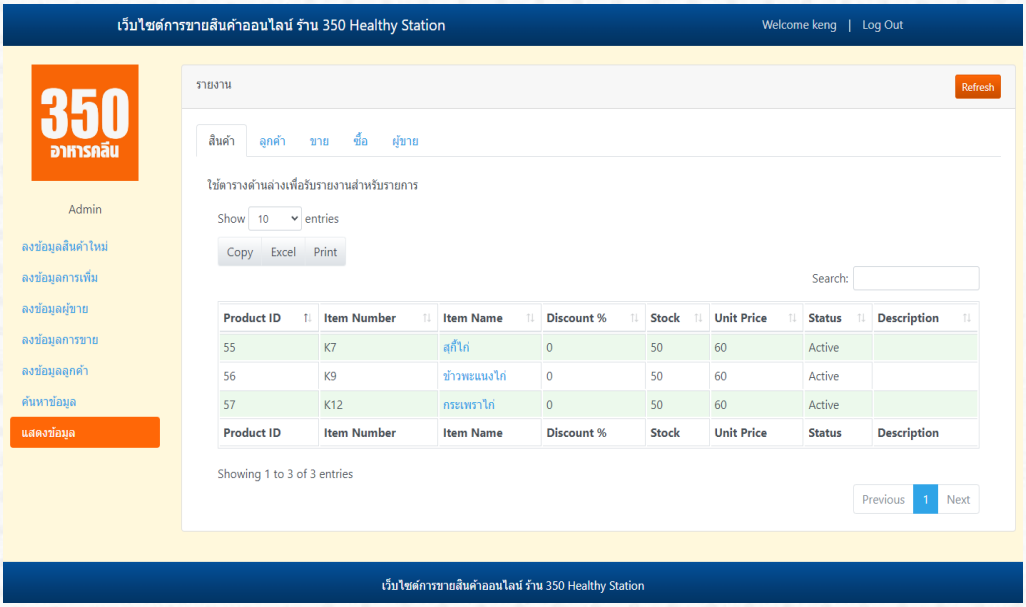
ส่วนที่ 6 การค้นหาและแสดงข้อมูลทั้งหมด เป็นการรายงานข้อมูลทั้งหมดที่จัดเก็บมาแสดงเป็นตาราง สินค้า ลูกค้า การขาย การผลิต ผู้ขาย เพื่อสามารถเอาข้อมูลไปใช้ต่อได้อย่างสะดวกและสามารถนำเอกสารออกไปใช้งานได้และสามารถนำข้อมูลออกมาได้ ดังภาพที่ 9 - 11



ภาพที่ 9 หน้าการค้นหา



ภาพที่ 10 หน้าการแสดงข้อมูลขาย



ภาพที่ 11 หน้าการแสดงข้อมูลสินค้า

4.2 แบบประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพจากการใช้งานเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station ด้วยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเป็นเจ้าของร้าน 2 คน พนักงานในร้าน ทั้งหมด 18 คน ด้วยแบบสอบถามถามประเมินความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบ พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.56 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.34 ซึ่งแปรผลได้ว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ							
	5	4	3	2	1	$\bar{x}$	S.D.	ผลลัพธ์
ด้านการทำงาน								
1. การจัดเก็บข้อมูลนำเข้ามีความถูกต้อง	15	3	2	0	0	4.65	0.43	มากที่สุด
2. การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลมีความถูกต้อง	10	9	1	0	0	4.45	0.35	มาก
3. การลบข้อมูลมีความถูกต้อง	12	6	2	0	0	4.50	0.45	มาก
4. การค้นหาข้อมูลมีความถูกต้อง	11	8	1	0	0	4.50	0.35	มาก
5. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล	10	10	0	0	0	4.50	0.25	มาก
ด้านเทคนิค								
1. การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและเข้าใจ	12	6	2	0	0	4.50	0.45	มาก
2. มีความเร็วในการแสดงภาพ ตัวอักษร และข้อมูล	10	10	0	0	0	4.50	0.25	มาก
ด้านการใช้งาน								
1. ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย	15	4	1	0	0	4.70	0.31	มากที่สุด
2. ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลที่ต้องการได้ง่าย	14	5	1	0	0	4.65	0.33	มากที่สุด
3. การจัดการระบบต่าง ๆ มีการใช้งานได้ง่าย	14	5	1	0	0	4.65	0.33	มากที่สุด
4. โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจในระดับใด	16	3	1	0	0	4.69	0.29	มากที่สุด
รวม						4.56	0.34	มากที่สุด

5. บทสรุป

จากการจัดทำงานวิจัยพัฒนาเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ ร้าน 350 Healthy Station นั้น สรุปได้ว่า สามารถช่วยให้พนักงานสามารถจัดการกับการขายในร้านได้อย่างถูกต้องและเพิ่มความรวดเร็วในการบันทึกข้อมูล ผู้ใช้งานระบบตรวจสอบข้อมูลความต้องการของลูกค้าได้ สามารถดูรายการสั่งซื้อ ย้อนหลังได้ สามารถดูรายละเอียดของสินค้าได้ สามารถตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือในร้านได้ นำข้อมูลสารสนเทศต่างๆ มาสรุปรายงานได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วกว่าระบบงานแบบเดิมของร้าน ผลจากการทำแบบประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 สอดคล้องกับงานวิจัยของ แสนยานุภาพ นามวงศ์ และ จารี ทองคำ. (2565) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาระบบจัดการคลังสินค้าค้าออนไลน์ กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัดโปรฟาร์ม โดยผู้จัดทำงานวิจัยได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสร้างแบบสอบถามความต้องการของผู้ใช้งานระบบทั้งในส่วนของลูกค้า พนักงาน และเจ้าของร้าน โดยได้ออกแบบระบบตามความต้องการของผู้ใช้โดยตรง

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ศุภชัย คนเที่ยง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำแนะนำแนวคิด และ ขอบคุณเจ้าของร้านและพนักงาน ร้าน 350 Healthy Station ที่กรอกแบบสอบถามทุกท่าน ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่อง จนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Sanyanupap Namwong and Jaree Thongkam (2022). Developing the Warehouse Management Online System. *Journal of Applied Informatics and Technology, 4(1),* 62–70.

[2] สุริยัน นิลทะราช และสมบูรณ์ ชาวชายโขง. (2563). การพัฒนาระบบสารสนเทศการบริหารงานพัสดุ เพื่อการควบคุมวัสดุ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. *วารสารบัณฑิตศึกษา, 17(76)*, 191-201.

[3] ภัทรพล เสมอภาค และอุทัย ศรีษะนอก. (2563). การพัฒนาเว็บไซต์การจัดการฐานข้อมูลระบบคลังจัดเก็บวัสดุและอุปกรณ์กรณีศึกษา: บริษัทฟิวชั่นดีไซน์ เดคคอเรทจำกัด. *วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง, 4(2)*, 28-36.

[4] ณวรา จันทร์ศิริ. (2563). การพัฒนาระบบคลังความรู้ด้านการเกษตร. *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,15(1)*,87-97.

[5] ณัฐวรรณ ธรรมวัชรากร. (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. *Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST), 18(2)*, 63-70.

[6] วีรอร อุดมพันธ์ และเกียรติชัย อ่อนน้อม. (2562). กรณีศึกษาระบบการสั่งซื้อป้ายไวนิลออนไลน์: เดอะซัน มีเดีย กรุ๊ป. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 5(2)*, 16-22.

[7] ปองพล ธูปทอง และ แก้วใจ อาภรณ์พิศาล (2561) ระบบจัดการข้อมูลซื้อขายอุปกรณ์ทางการเกษตร กรณีศึกษาร้านยิ่งเจริญการค้า. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day ครั้งที่ 2*, 1796-1809.

[8] กนกวรรณ คล้ายสุบรรณ์, ขนิษฐา มั่นจิต และวงกต ศรีอุไร. (2560). การพัฒนาระบบจำแนกพันธุ์และวิเคราะห์โรคมันสำปะหลังด้วยเทคนิคอิงกฎเกณฑ์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 19(2)*, 124-135.

[9] บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น(พิมพ์ครั้งที่ 7)*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

การออกแบบและสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์

The design and building automotive brake fluid service equipment

มูฮัมมัดรอซดี มูดอ[1*] ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว[2] ประวิตร หวังประเสริฐ[3] และ พงษ์ดนัย เศียรสุวรรณ[3]

[1]สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนรินทร์
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนรินทร์
[3]สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนรินทร์
[*]Email: muhammah.4126@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันเบรกและไล่ลมเบรกรถยนต์ ซึ่งมีส่วนช่วยให้การทำงานของช่างผู้ปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องใช้เครื่องเปลี่ยนน้ำมันเบรกและไล่ลมเบรกที่ใช้กันโดยทั่วไป ตัวอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์มี 2 ขนาดความโตเกลียว คือ ขนาด M8x1.25 และขนาด M10x1.00 และส่วนอื่นๆ มีขนาดเท่ากัน คือ มีความยาวของตัววาล์ว 33 mm. ความโตภายนอก 14 mm. สปริงมีความยาว 20 mm และความโตบอลวาล์ว 3 mm. และสามารถนำไปติดตั้งแทนที่สกรูไล่ลมเบรกตัวเดิมที่ติดตั้งมาพร้อมกับรถยนต์ โดยนำอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ ขนาด M8x1.25 ติดตั้งที่ล้อหลังทั้ง 2 ล้อ และขนาด M10x1.00 ติดตั้งที่ล้อหน้าทั้ง 2 ล้อ จากผลการทดลองใช้อุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์พบว่า สามารถใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันเบรกและไล่ลมเบรกรถยนต์ได้ โดยผลการประเมินของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านการซ่อมรถยนต์ มีผลการประเมินด้านขั้นตอนการใช้งานของอุปกรณ์ ผู้ประเมินเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง ค่า $\bar{x}$ = 5.00 ว่าสามารถใช้งานง่าย ลดขั้นตอนการทำงาน ใช้ช่างผู้ปฏิบัติงานเพียงคนเดียว และสามารถเปลี่ยนน้ำมันเบรกพร้อมๆกันทั้ง 4 ล้อ จากปกติต้องทำครั้งละ 1 ล้อ และมีผลการประเมินด้านคุณภาพของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกอยู่ในระดับมีคุณภาพดีมาก ค่า $\bar{x}$ = 4.64

คำสำคัญ: น้ำมันเบรก, ไล่ลมเบรก, สกรูไล่ลมเบรก

Abstract

This research aims to design and build automotive brake fluid service equipment. For use in changing brake fluid and bleed car brakes. Which helps to make the work of the operator easier. Without the need for a brake fluid changer and brake bleed that are commonly used. There are 2 sizes of automotive brake fluid service equipment. The size M8x1.25 and size M10x1.00 and the other parts are the same size. The length of the valve body 33 mm. the external growth 14 mm. the spring is 20 mm in length and the ball valve is 3 mm ball valve growth and to use by installing replace the original brake bleed screw that came with the car. By bringing the car brake fluid service device size M8x1.25 installed on both rear wheels and size M10x1.00 installed on both front wheels. Can be used to replace

brake fluid and bleed the brakes of a car. By the evaluation results of automotive brake fluid service equipment. According to the assessment of car repair specialists there is an evaluation of the process of using the device. The evaluators strongly agree found that the value of $\bar{x}$ = 5.00 that it is easy to use. Reduce workflow use only one operator and can change the brake fluid at the same time on all 4 wheels from normal to do 1 wheel at a time and the quality assessment results of brake fluid service equipment are at a very good level the value $\bar{x}$ = 4.64

Keywords: brake fluid, brake bleed, brake bleed screw

1. บทนำ

รถยนต์ถือเป็นยานพาหนะที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นในการใช้ชีวิตประจำวันของพวกเราในยุคปัจจุบัน รถยนต์เมื่อมีการใช้งานในทุกๆวันหรือใช้งานอย่างต่อเนื่อง ย่อมทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ การสึกหรอ และชำรุดเสียหายของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ จึงจำเป็นต้องทำการตรวจเช็คสภาพและทำการซ่อมบำรุงให้มีสภาพที่พร้อมต่อการใช้งานและมีความปลอดภัยสูงสุด ซึ่งรถยนต์ที่ใช้งานจนครบรอบระยะเวลาที่กำหนด ต้องทำการตรวจสภาพรถก่อนเสียภาษีประจำปี โดยกรมการขนส่งทางบกมีหน้าที่รับผิดชอบการตรวจสภาพรถ ทั้งรถที่จดทะเบียนตามพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 และตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 รถที่จะนำมาใช้ในการขนส่งตามพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 หรือนำมาจดทะเบียนตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 จะต้องมีสภาพมั่นคง แข็งแรง มีลักษณะ ขนาด และเครื่องอุปกรณ์ส่วนควบของรถ ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง ทั้งนี้ เพื่อความปลอดภัยของผู้ขับรถ ผู้โดยสารไปกับรถคันนั้น ผู้ขับขี่รถคันอื่นๆ คนเดินถนน รวมทั้งสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยเจ้าของรถที่จดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยการขนส่งทางบกทุกประเภท ต้องนำรถไปตรวจสภาพที่สถานตรวจสภาพรถเอกชน (ตรอ.) ที่ได้รับอนุญาตจากกรมการขนส่งทางบกหรือหน่วยงานของกรมการขนส่งทางบก[1]

ศูนย์บริการทั่วไปได้กำหนดงานบริการตรวจเช็คระยะมาตรฐานในการใช้รถยนต์ คือ งานบริการตรวจสภาพและงานซ่อมบำรุงประกอบด้วย ระบบเครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง ระบบเบรก ระบบรองรับน้ำหนัก ระบบบังคับเลี้ยว ระบบไฟฟ้าแสงสว่างรถยนต์ และระบบเครื่องปรับอากาศ[2] จากงานบริการตรวจสภาพและงานซ่อมบำรุงของศูนย์บริการ ส่วนหนึ่งให้ความสำคัญในเรื่องระบบเบรก เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้รถหยุดหรือชะลอความเร็วหรือห้ามล้อรถยนต์ไม่ให้หมุนและยังเป็นตัวช่วยในการลดอันตรายจากการใช้รถใช้ถนนร่วมกันในการเดินทางและยังเป็นตัวช่วยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของตนเองและผู้อื่น และในการทำงานบริการระบบเบรกในเรื่องการเปลี่ยนน้ำมันเบรกและไล่ลมเบรกจะต้องใช้ช่างผู้ปฏิบัติงาน 2-3 คน และต้องทำการไล่ลมเบรกครั้งละ 1 ล้อจนครบทั้ง 4 ล้อ โดยมีจุดที่ช่างผู้ปฏิบัติงานต้องทำงาน 3 จุด ประกอบด้วย 1) ที่ตำแหน่งคนขับทำหน้าที่ย้ำเบรก 2) ที่ตำแหน่งล้อแต่ละล้อมีหน้าที่เปิดและปิดสกรูไล่ลมเบรก และ3) ที่ตำแหน่งห้องเครื่องยนต์มีหน้าที่ตรวจสอบระดับน้ำมันเบรกไม่ให้ต่ำกว่าขีดล่างของกระปุกน้ำมันเบรก

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันเบรกและไล่ลมเบรกรถยนต์ โดยไม่ต้องใช้เครื่องเปลี่ยนน้ำมันและไล่ลมเบรกที่ใช้กันโดยทั่วไป และเพื่อให้การปฏิบัติงานในการบริการน้ำมันเบรกสามารถปฏิบัติงานได้โดยใช้ช่างเพียงคนเดียวและสามารถให้บริการพร้อมกันทั้ง 4 ล้อ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

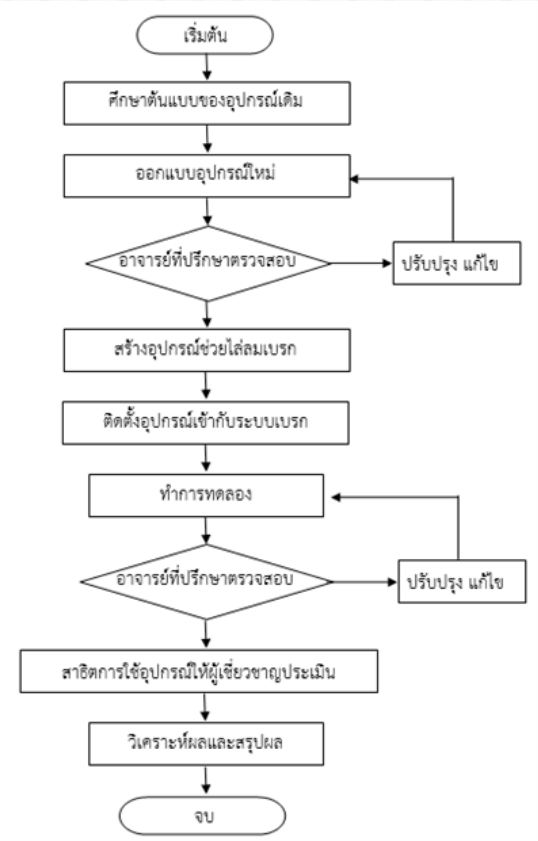
แบบประเมินคุณภาพของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยกำหนดน้ำหนักคะแนน (Weight) ออกเป็น 5 ระดับ

ระดับ 5	หมายถึง	เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับ 4	หมายถึง	เห็นด้วยมาก
ระดับ 3	หมายถึง	เห็นด้วยปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	เห็นด้วยน้อย
ระดับ 1	หมายถึง	เห็นด้วยน้อยที่สุด

แบบประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินคุณภาพของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ โดยจะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือว่าสอดคล้องกันเป็นที่ยอมรับและสามารถนำไปใช้ได้[3] โดยผู้วิจัยสร้างแบบตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของภาษา ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ที่ศึกษา ความครอบคลุมของเนื้อหาตามแนวคิดที่ผู้วิจัยเลือกใช้ตลอดจนการให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไข โดยมีเกณฑ์กำหนดดังนี้

+1	หมายถึง	เห็นด้วย
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย

2.2 กรอบแนวคิดลำดับขั้นตอนการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดลำดับขั้นตอนการวิจัย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาณุพันธุ์ ไทยนกเทศ ได้วิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องไล่ลมเบรก เพื่อใช้ในการไล่ลมเบรกรถกระบะบรรทุกขนาดไม่เกิน 1 ตัน และรถยนต์นั่งส่วนบุคคลนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ ที่ใช้ในการไล่ลมเบรกโดยมุ่งเน้นประโยชน์ในด้านความรวดเร็ว ลดจำนวนผู้ปฏิบัติงาน ปฏิบัติงานได้สอดคล้องแม่นยำ ช่วยฝึกทักษะให้กับผู้เรียนและลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่อง[4]

กมล ปฐมกำเนิด ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างเครื่องไล่ลมและถ่ายน้ำมันในระบบเบรกและครัทช์ด้วยสุญญากาศจำนวน 1 เครื่อง เพื่อหาประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาในการบริการระบบเบรกและครัทช์ ในสถานประกอบการ ซึ่งทำให้สามารถลดเวลาและจำนวนผู้ปฏิบัติงานลงได้ยังเหมาะสมกับอุตสาหกรรมการซ่อมบำรุงรถยนต์ขนาดย่อมและขนาดใหญ่ จนถึงใช้ในการฝึกทักษะในสถานศึกษาทางด้านอุตสาหกรรมที่สอนทางด้านช่างยนต์ ในระดับต่างๆเละที่สำคัญเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในด้านแรงงานของสถานประกอบการ และสามารถเป็นสื่อการสอนในสถานศึกษาได้[5]

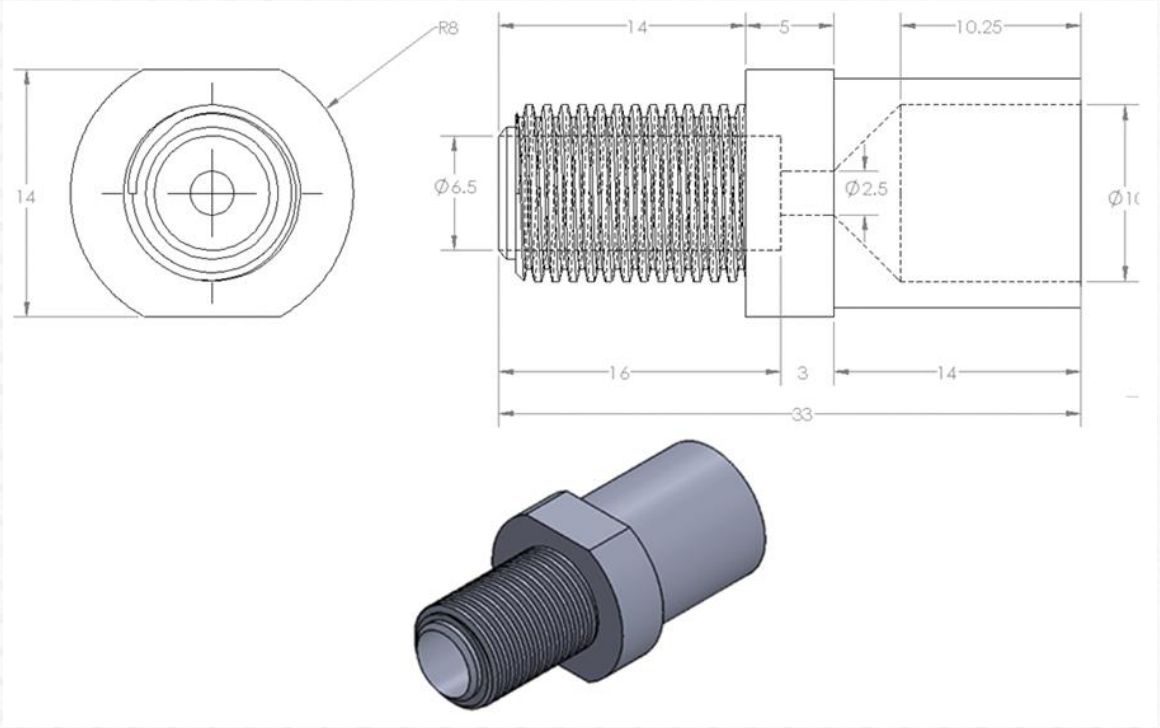
พุฒวัฒน์ กันยะกาญจน์ ได้จดอนุสิทธิบัตร เรื่อง เครื่องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเบรก โดยมีบทสรุปรายละเอียดการประดิษฐ์ คือ เครื่องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเบรกที่มีชุดลูกสูบนิวแมติกส์ทำงานด้วยลม 2 ทิศทาง เพื่อไล่น้ำมันเบรกเก่าออกให้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันก็เป็นชุดสร้างแรงดันให้กับระบบควบคุมการทำงานด้วยทามเมอร์สวิตช์ กำหนดระยะเวลาให้กับโซลีนอยวาล์วในการเปิด-ปิดลมเข้าออก ควบคุมชุดลูกสูบย้ำ-เหยียบเบรก มีเสียงสัญญาณและไฟแสดงสถานการณ์เหยียบเบรก ทำให้ผู้ปฏิบัติทราบถึงตำแหน่งการเหยียบและย้ำเบรก เพื่อปล่อยน้ำมันเบรกเก่าตลอดจนฟองอากาศออกจากระบบ เมื่อน้ำมันเบรกเก่าถูกดันออกจากระบบอย่างรวดเร็ว ชุดเติมน้ำมันเบรกอัตโนมัติก็จะทำงาน เมื่อน้ำมันเบรกลดลงระดับที่กำหนดลูกลอยจะต่อวงจรให้รีเลย์ มอเตอร์ดูดน้ำมันเบรกทำงานและดูดน้ำมันเบรกใหม่ที่อยู่ภายในอะไหล่ เข้าในกระปุกน้ำมันเบรกเป็นการรักษาระดับน้ำมันเบรกให้อยู่ในระดับที่ถูกต้อง[6]

สุรเดช เม่งช่วย ได้จดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ เรื่อง เครื่องไล่ลมเบรกและเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเบรก โดยมีบทสรุปรายละเอียดการประดิษฐ์ คือ เครื่องไล่ลมเบรกและเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเบรกตามการประดิษฐ์นี้ใช้เครื่องทำสุญญากาศเป็นตัวดูดอากาศออกทำให้เกิดเป็นระบบสุญญากาศขึ้นภายในภาชนะที่เป็นระบบปิดโดยมีถังเก็บน้ำมันเบรกที่ถูกดูดออกมาจากระบบเบรกและถังเก็บน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องทำสุญญากาศเพื่อกันไม่ให้น้ำมันเบรกไหลเข้าสู่เครื่องทำสุญญากาศ[7]

พศิน รุ่งเจริญและคณะ ได้จดอนุสิทธิบัตร เรื่อง อุปกรณ์ไล่ลมเบรก โดยมีบทสรุปรายละเอียดการประดิษฐ์ คือ อุปกรณ์ไล่ลมเบรกที่ประกอบด้วยกระบอกปั๊มและถังสุญญากาศประกอบเป็นชุดเดียวกันขณะสร้างสุญญากาศ จะมีลิ้นกันกลับป้องกันอากาศไหลย้อนกลับเข้าถึงสุญญากาศ โดยน้ำมันเบรกจากแม่ปั๊มเบรกจะถูกดูดผ่านท่อทางเบรกจนเต็มระบบทางสกรูไล่ลมเบรกไปเก็บไว้ในถังสุญญากาศ โดยใช้สุญญากาศที่สะสมไว้ในถังในการทำงาน สามารถใช้อุปกรณ์ไล่ลมเบรกได้ทุกสถานที่ไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงานจากภายนอก[8]

2.4 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก

ในขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลระบบการทำงานของระบบเบรกรถยนต์ ศึกษากลไกการทำงานของการไล่ลมระบบเบรก เมื่อได้ข้อมูลจึงนำเอาหลักการเหล่านั้นมาออกแบบอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก โดยมี 2 ขนาด คือ ขนาด M8x1.25 และขนาด M10x1.00 โดยใช้ข้อมูลส่วนประกอบของสกรูไล่ลมเบรกที่ติดตั้งอยู่ในระบบเบรกเดิม เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงรายละเอียดการออกแบบอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก

2.5 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก

เมื่อออกแบบอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกที่ผ่านความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างอุปกรณ์บริการโดยมี 2 ขนาด คือ ขนาด M8x1.25 ติดตั้ง 2 ล้อหลัง และขนาด M10x1.00 ติดตั้ง 2 ล้อหน้า และส่วนอื่นๆ มีขนาดเท่ากัน คือ มีความยาวของตัวอุปกรณ์ 33 mm. ความโตภายนอก 14 mm. สปริงมีความยาว 20 mm. และความโตบอลวาล์ว 3 mm. ดังภาพที่ 3 โดยสามารถนำไปประกอบในตำแหน่งแทนที่สกรูไล่ลมเดิมที่ติดมากับรถยนต์ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก



ภาพที่ 4 สกรูไล่ลมเดิมที่ติดมากับรถยนต์

2.6 ขั้นตอนการทดลอง



ภาพที่ 5 ชุดฝึกระบบเครื่องล่างรถยนต์

เมื่อออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้งานกับระบบเบรกของชุดฝึกระบบเครื่องล่างรถยนต์ยี่ห้อ Isuzu รุ่น d-max ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยติดตั้งอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกขนาด M10x1.00 ที่ 2 ล้อหน้า และวาล์วบริการขนาด M8x1.25 ที่ 2 ล้อหลัง จากนั้นได้ทำการทดลองการใช้งานในการเปลี่ยนถ่ายไล่ลมน้ำมันเบรก โดยใช้ผู้ปฏิบัติงานคนเดียว และมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการติดตั้งและเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์



ภาพที่ 6 ภาพหลังการติดตั้งอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก

2.6.1 ขั้นตอนการติดตั้งและเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์

1) ติดตั้งวาล์วบริการน้ำมันเบรกขนาด M10x1.00 ที่ 2 ล้อหน้าแทนที่ของเดิม
2) ติดตั้งวาล์วบริการน้ำมันเบรกขนาด M8x1.25 ที่ 2 ล้อหลังแทนที่ของเดิม

3) ติดตั้งท่อยางใสและขวดเก็บน้ำมันเบรกเก่า
4) เปิดทำการย้ำเบรกเพื่อไล่ลมในระบบเบรก
5) ขันปิดวาล์วบริการน้ำมันเบรกทั้ง 4 ล้อ

2.6.2 ขั้นตอนการทดลองในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเบรกรถยนต์

1) ดูดน้ำมันเบรกเก่าออกจากกระปุกน้ำมันเบรก พร้อมเติมน้ำมันเบรกใหม่ให้เต็มกระปุก
2) ขันเปิดสกรูไล่ลมน้ำมันเบรกทั้ง 4 ล้อ
3) ทำการย้ำเบรก คือ การเหยียบแป้นเหยียบเบรกลงสุดและปล่อยสุด
4) ในขณะทำการย้ำเบรกให้สังเกตสีของน้ำมันเบรกเก่าที่ไหลออกทางท่อยางใส
5) ในระหว่างทำการย้ำเบรกเมื่อน้ำมันเบรกพร่องถึงขีดระดับล่างให้เติมน้ำมันเบรกในกระปุกน้ำมันเบรกทันที
6) เมื่อน้ำมันเบรกเก่าออกหมดแล้วให้ทำการขันปิดสกรูไล่ลมน้ำมันเบรกทั้ง 4 ล้อ
7) เสร็จสิ้นการทดลองและเก็บเครื่องมืออุปกรณ์ ทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 7 แสดงภาพขั้นตอนการทดลอง

2.7 ขั้นตอนการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกผู้เชี่ยวชาญแบบเจาะจงที่มีประสบการณ์ในการบริการซ่อมระบบเบรก จากศูนย์บริการรถยนต์ อู่ซ่อมรถยนต์ และอาจารย์ที่สอนระบบเบรก โดยมีประสบการณไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 6 คน เพื่อประเมินผลการใช้งาน นำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพแปรผลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

ค่าเฉลี่ย($\bar{x}$) ที่ได้มีความหมายดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายความว่า คุณภาพดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายความว่า คุณภาพดี
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายความว่า คุณภาพปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายความว่า คุณภาพน้อย
ค่าเฉลี่ย 0.00-1.49 หมายความว่า คุณภาพน้อยที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดลอง

เมื่อนำอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกติดตั้งในระบบเบรกของชุดฝึกระบบเครื่องล่างรถยนต์ยี่ห้อ Isuzu รุ่น d-max แล้วทดลองทำการเปลี่ยนถ่าย ไล่ลมเบรกตามขั้นตอนการทดลองตามข้อ 2.6.2 โดยใช้ช่างผู้ปฏิบัติงาน 1 คน มีผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 ด้านขั้นตอนการใช้งานของอุปกรณ์ในการเปลี่ยนถ่าย ไล่ลมน้ำมันเบรกรถยนต์มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รายละเอียดผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรก

หัวข้อการเมิน	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน						รวม	เฉลี่ย	SD
	1	2	3	4	5	6			
ความสะดวกในการติดตั้ง	5	5	5	5	5	5	30	5.00	0.00
ความปลอดภัยในการใช้งาน	4	5	5	4	5	5	28	4.67	0.52
ความแข็งแรงของวัสดุ	4	4	5	4	5	4	26	4.33	0.52
ความเหมาะสมของวัสดุ	4	4	4	4	4	4	24	4.00	0.00
การดูแลรักษาที่ง่ายและสะดวก	5	5	5	4	5	5	29	4.83	0.41
มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	5	5	5	5	5	5	30	5.00	0.00
รวม							**167**	**4.64**	**0.49**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกในภาพรวมทุกๆหัวข้อผลการเมินมีคุณภาพดีมาก ค่า $\bar{x}$ = 4.64 , ค่า SD = 0.49 และมีผลการประเมินในแต่ละหัวข้อประกอบด้วย ความสะดวกในการติดตั้งมีคุณภาพดีมาก ค่า $\bar{x}$ = 5.00 , ค่า SD = 0.00 ความปลอดภัยในการใช้งานมีคุณภาพดีมาก ค่า $\bar{x}$ = 4.67 , ค่า SD = 0.52 ความแข็งแรงของวัสดุมีคุณภาพดี ค่า $\bar{x}$ = 4.33 , ค่า SD = 0.52 ความเหมาะสมของวัสดุมีคุณภาพดี ค่า $\bar{x}$ = 4.00 , ค่า SD = 0.00 การดูแลรักษาที่ง่ายและสะดวกมีคุณภาพดีมาก ค่า $\bar{x}$ = 4.83 , ค่า SD = 0.41 และมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานมีคุณภาพดีมาก ค่า $\bar{x}$ = 5.00 , ค่า SD = 0.00

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านขั้นตอนการใช้งานของอุปกรณ์ในการเปลี่ยนถ่าย ไล่ลมน้ำมันเบรกรถยนต์ในภาพรวมทุกๆหัวข้อผลการเมินเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง ค่า $\bar{x}$ = 5.00 , ค่า SD = 0.00 และมีผลการประเมินในแต่ละหัวข้อประกอบด้วย ใช้งานง่ายและลดขั้นตอนการทำงาน ผู้ประเมินเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง ค่า $\bar{x}$ = 5.00 , ค่า SD = 0.00 ใช้ช่างในการทำงานเพียง 1 คน ผู้ประเมินเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง ค่า $\bar{x}$ = 5.00 , ค่า SD = 0.00 และทำงานได้พร้อมๆกันทั้ง 4 ล้อ ผู้ประเมินเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง ค่า $\bar{x}$ = 5.00 , ค่า SD = 0.00

ตารางที่ 2 รายละเอียดการผลประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านขั้นตอนการใช้งานของอุปกรณ์ในการเปลี่ยนถ่าย ไล่ลมน้ำมันเบรกรถยนต์

หัวข้อการเมิน	ค่าคะแนนของผู้ประเมิน						รวม	เฉลี่ย	SD
	1	2	3	4	5	6			
ใช้งานง่ายและลดขั้นตอนการทำงาน	5	5	5	5	5	5	30	5.00	0.00
ใช้ช่างในการทำงานเพียง 1 คน	5	5	5	5	5	5	30	5.00	0.00
ทำงานได้พร้อมๆกันทั้ง 4 ล้อ	5	5	5	5	5	5	30	5.00	0.00
	รวม						**90**	**5.00**	**0.00**

3.2 อภิปรายผล

จากผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกในภาพรวมทุกๆหัวข้อผลการเมินมีคุณภาพดีมาก ($\bar{x}$ = 4.64 , SD = 0.49) และมีผลการประเมินในแต่ละหัวข้อเรียงจากมากไปน้อย มีผลการประเมินคุณภาพดีมากประกอบด้วย ความสะดวกในการติดตั้ง มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน การดูแลรักษาที่ง่ายและสะดวก และความปลอดภัยในการใช้งาน และมีผลการประเมินคุณภาพดีประกอบด้วย ความแข็งแรงของวัสดุและความเหมาะสมของวัสดุตามลำดับ

จากผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านขั้นตอนการใช้งานของอุปกรณ์ในการเปลี่ยนถ่าย ไล่ลมน้ำมันเบรกรถยนต์ในภาพรวมทุกๆหัวข้อผลการเมินเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง ($\bar{x}$ = 5.00 , SD = 0.00) และยังมีผลการประเมินในแต่ละหัวข้อผลการเมินเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่ง ประกอบด้วย ใช้งานง่ายและลดขั้นตอนการทำงาน ใช้ช่างในการทำงานเพียง 1 คน และ ทำงานได้พร้อมๆกันทั้ง 4 ล้อ

4. บทสรุป

จากการออกแบบและสร้างอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนถ่าย ไล่ลมเบรกรถยนต์ มีผลการประเมินคุณภาพดีมาก และมีผลการประเมินจากการทดลองการใช้งานเห็นด้วยเป็นอย่างยิ่งว่าสามารถนำไปใช้กับระบบเบรกรถยนต์ได้และการใช้งานสามารถใช้งานง่าย ลดขั้นตอนการทำงาน ใช้ช่างในการทำงานเพียง 1 คน และทำงานได้พร้อมๆกันทั้ง 4 ล้อ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาสและคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการทดสอบอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ และต้องขอขอบคุณคณะผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสละเวลาเพื่อประเมินผลการใช้งานของอุปกรณ์บริการน้ำมันเบรกรถยนต์ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมการขนส่งทางบก. (10 มิถุนายน 2559). การตรวจสภาพรถ. สืบค้นจาก https://www.dlt.go.th/th/dlt-knowledge/view.php?_did=105

[2] บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด. (2564). การตรวจเช็คระยะตามกำหนด. สืบค้นจาก https://aftersales.toyota.co.th/service_express

[3] ผ่องศรี วาณิชย์ศุภวงศ์. เอกสารคำสอนระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. ฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษา สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 2546

[4} ภาณุพันธุ์ ไทยนกเทศ. การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องไล่ลมเบรก. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2545.

[5] กมล ปฐมกำเนิด. การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องไล่ลมและถ่ายน้ำมันในระบบเบรกและคลัทช์ด้วยสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2546.

[6] พุฒวัฒน์ กันยะกาญจน์. เครื่องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเบรก. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. จดทะเบียนการประดิษฐ์และออกอนุสิทธิบัตร. กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2551.

[7] สุรเดช เม่งช่วย. เครื่องไล่ลมเบรกและเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเบรก. จดทะเบียนสิทธิบัตรการประดิษฐ์. กรมทรัพย์สินทางปัญญา.2545.

[8] พศิน รุ่งเจริญและคณะ. อุปกรณ์ไล่ลมเบรก. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. จดทะเบียนการประดิษฐ์และออกอนุสิทธิบัตร. กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2557.

การศึกษาการสร้างเครื่องทำความเย็นขนาดพกพาโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่มีความไวต่ออุณหภูมิ

Study the construction of portable coolers using thermoelectric plates for the transport of temperature-sensitive chemicals.

ภัทรอนงค์ คงช่วย[1*] ศิริ ภรณ์ กลับอำไพ[1] และ ภาวิณี สกล[1]

[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
*Email: Pattaraanong.kon@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการสร้างเครื่องทำความเย็นขนาดพกพาโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อใช้สำหรับ การเคลื่อนย้ายสารเคมีที่มีความไวต่ออุณหภูมิ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1). เพื่อออกแบบและสร้างเครื่อง ทำความเย็นเพื่อใช้เก็บสารเคมีได้สำหรับการเกษตร 2). เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิที่ได้จากการทำความเย็น 3). เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นที่แช่สารเคมีและไม่แช่สารเคมี ซึ่งใช้ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกรุ่น TEC1-12710 และมีรีแอคเตอร์ในการเก็บสารเคมีทำจากอลูมิเนียม มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm ความสูง 12 cm ความหนา 3 mm และความหนา 3 mm ผลการวิจัยพบว่า เครื่องทำความเย็นขนาดพกพาในการทดลองของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิที่สามารถปรับได้อยู่ในช่วง 12-25 องศาเซลเซียส จากการทดลองทั้งหมด 4 กำรทดลองการทดลองละ 4 ชั่วโมง และทำการวัดอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที ในกำรทดลองที่ 1-3 ผลการ ทดลองอุณหภูมิเป็นไปตามที่กำหนด แต่ในการทดลองที่ 4 พบว่าอุณหภูมิที่ได้สูงกว่ากำหนดไว้ และ พบความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิเนื่องจากความเย็นที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกระจายอุณหภูมิไปทั่ว รีแอคเตอร์ จึงทำให้บางจุดจะมีอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนด เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถนำความ ร้อนไปทิ้งภาย นอกได้เป็นปริมาณที่มาก แต่เมื่ออุณหภูมิที่เย็นลงเทอร์โมอิเล็กทริกจะทำให้อุณหภูมิ ของรีแอคเตอร์น้อยลง เมื่อนำรีแอคเตอร์ไปใช้ในการแช่สารเคมีสามารถรักษาความเย็นไว้ได้ดี ทำให้ เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นแบบพกพา ด้านโครงสร้างเครื่องทำความเย็นขนาดพกพา มี การออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสม เก็บรักษาง่าย และค่าไฟ ใช้กำลังไฟทั้งหมดที่ใช้ 140 วัตต์ จำนวน ค่าไฟที่ใช้ในการทดลอง 1 ครั้ง ใช้เวลา4 ชั่วโมง ค่าไฟที่ใช้ไปจำนวน 2.34 บาท แต่ในการทดลองผู้ทดลองได้ทดลองจำนวน 3 ครั้ง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ดังนั้นได้จำนวนเงินเป็นจำนวน 5.46 บาท

คำสำคัญ: แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รีแอคเตอร์ ฮีตซิงค์

Abstract

A study of the construction of a portable cooler using a thermoelectric sheet for the transport of temperature-sensitive chemicals. Objectives: 1). To design and construct a chiller for storing chemicals 2). To study the relationship between time and cooling temperature 3). And not soaked in chemicals which uses a thermoelectric plate model TEC1-12710 and has a chemical storage reagent made of aluminum. Size: 4 cm in diameter, 12 cm in height, 3 mm in thickness and 3 mm in thickness. The results of the

research were as follows. In the thermoelectric plate experiment, it was found that the temperature can be adjusted in the range of 12-25 °C from 4 trials, 4 hours each and every temperature was measured. For 1 minute in the experiment 1-3, the temperature result is as specified. But in experiment 4 Found that the temperature was higher than the predetermined and there was a temperature error due to the cold that the thermoelectric plate spreads the temperature over the reactor. Therefore, some points will have a higher temperature than the specified temperature. The thermoelectric will cause the temperature of less router when the receiver is used in chemical immersion, it can keep cool. This makes it possible to increase the efficiency of portable chiller. The structure of the portable cooler there is a reasonable structure design. and electricity cost, using the total power used 140 watts, it takes 4 hours, the used electricity is 2.34 baht, but in the experiment, the experimenter had 3 times for 12 hours, so the amount is 5.46 baht

Keywords: Thermoelectric, Reactor, Heatsink

1. บทนำ

ปัจจุบันมีอุปกรณ์ทำความเย็นมากมาย ยกตัวอย่าง เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ ซึ่งมี ขนาดใหญ่เกินไปพกพาไม่สะดวกที่จะสามารถ พกพาได้ และเครื่องทำความเย็นกลุ่มนี้จะกินไฟฟ้า มาก และในพื้นที่ห่างไกลในชนบท ความจำเป็นใน การนำสารเคมี เข้าไปใช้กับคนและสัตว์มี ความสำคัญ แต่ การเดินทางมีความยากลำบากทำ ให้การเก็บรักษาสารเคมีนั้นมีความสำคัญ โดย สารเคมี บางตัวต้องเก็บให้อยู่ความเย็นตลอด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษา และออกแบบเครื่อง ทำความเย็นขึ้นมาเพื่อสะดวกต่อการนำสารเคมี ไปใช้งาน ลักษณะการเก็บรักษาสารเคมีเพื่อ เคลื่อนย้ายไปในที่ต่าง ๆ และทำการวัดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 2-8 องศา เพื่อป้องกันไม่ให้สารเคมีเสีย สภาพ และควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่สามารถ เก็บรักษาสารเคมีได้ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงได้ ทำการศึกษาและออกแบบเครื่องทำความเย็นเก็บ สารเคมีที่ใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็น อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (TEC 127 series) [1] เพลเทียร์คูลเลอร์ (Peltier Cooler) เป็นระบบการระบายความร้อนโดยการใช้โมดูลเพลเทียร์ (Peltier module) ซึ่งมีการศึกษาการศึกษาออกแบบอุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่จะทำหน้าที่ นำความร้อน (Heat Pump) จกด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ [2],[3] อย่างรวดเร็วซึ่งการ ทำความเย็นของแผ่น เพลเทียร์นั้นไม่จำเป็นต้องใช้คอมเพรสเซอร์และ ไม่ต้องใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการ แลกเปลี่ยนความร้อนเพราะการทำความเย็นที่ เกิดขึ้นนั้นมาจากการที่ให้ไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปซึ่งเป็นข้อดีของการทำความเย็นประเภทนี้เพราะ ใช้เวลาทำความเย็นไม่นานก็สามารถได้อุณหภูมิ ตามที่ต้องการ เป็นตัวช่วยในการรักษาอุณหภูมิ สำหรับเก็บรักษาสารเคมี โดยเครื่องทำความเย็น สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและเก็บรักษาสารเคมี บางชนิดในช่วง 2-8 องศาได้สามารถชาร์จไฟฟ้า ตามบ้านเรือนหรือในรถยนต์ได้ ผู้วิจัยทำเครื่องทำความเย็นแบบพกพาขึ้น โดย สามารถรักษาอุณหภูมิได้ สามารถพกพาได้ สะดวก กะทัดรัดและสามารถเก็บสารเคมีใช้ได้ นานตาม จุดประสงค์ของผู้วิจัย ได้สร้างเครื่องทำ ความเย็น ขนาดพกพาขึ้นมา โดยมีการศึกษาค้นคว้าหลักการทำงานและวัสดุอุปกรณ์ในการทำผู้ ที่ศึกษา นั้นได้รู้ว่าเครื่องทำความเย็นขนาดพกพา มีอะไรบ้างมีหลักการทำงาน เป็นอย่างไร และมี ประสิทธิภาพ มากแค่ไหน และผู้ที่ต้องการศึกษา เกี่ยวกับเครื่องทำความเย็นขนาดพกพา จะได้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของเครื่องทำ ความเย็นขนาดพกพา และนำความรู้ไปใช้ให้เกิด ประโยชน์ต่อไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1)เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำความเย็นเพื่อใช้เก็บสารเคมีได้ 2)เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับอุณหภูมิที่ได้จากการทำความเย็น3-)เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำความเย็นที่แช่สารเคมีและไม่แช่สารเคมี

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องทำความ เย็นขนาดพกพาโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยมีอุปกรณ์และขั้นตอน ดังนี้

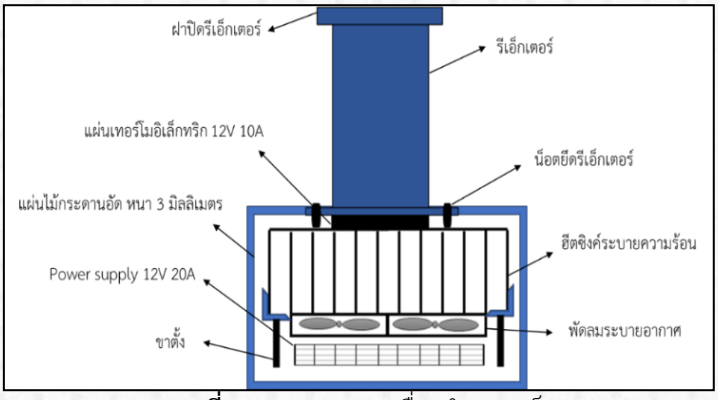
2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

- แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 12V 10A
- Power supply 12V 20A
- ฮีตซิงค์ระบายความร้อน
- พัดลมระบายอากาศ
- เพลาอลูมิเนียม
- น็อตยึด
- แผ่นไม้กระดานอัด หนา 3 ม.ม.
- สวิตซ์ 3 ขา
- โฟมยาง
- ซิลิโคนระบายความร้อน
- สายไฟ ยาว 3 เมตร

2.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่องทำความเย็น

การออกแบบและสร้างเครื่องทำความ เย็นเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้โดย การออกแบบและสร้าง ดังนี้

1. การออกแบบเครื่องทำความเย็น



ภาพที่ 1 การออกแบบเครื่องทำความเย็น

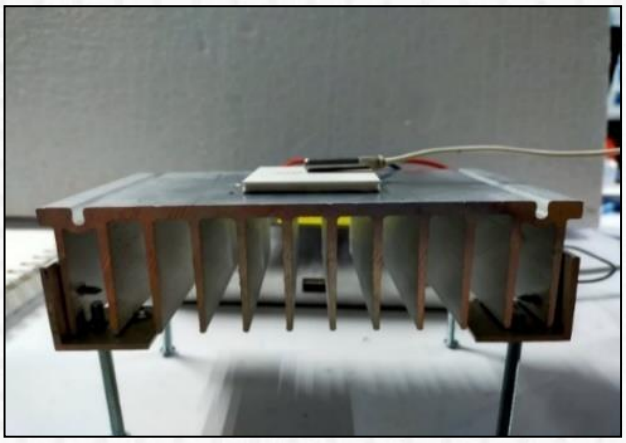
2. นำเพลาอลูมิเนียมไปกลึงให้เป็นรีแอคเตอร์ ตามรูปแบบและขนาดที่ออกแบบไว้
3. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปแบบตามที่ออกแบบไว้
4. ทำการทดลองที่1 ทดสอบแผ่นเพลเทียร์ โดยการวัดอุณหภูมิของแผ่นพลเทียร์ที่ติดกับฮีตซิงค์ระบายความร้อน
5. ทำการทดลองที่ 2 ทดสอบแผ่นเพลเทียร์ โดยการวัดอุณหภูมิของแผ่นพลเทียร์ที่ติดกับฮีตซิงค์ระบายความร้อน และพัดลมระบายอากาศ
6. ทำการทดลองที่ 3 ทดสอบแผ่นเพลเทียร์ โดยการวัดอุณหภูมิของแผ่นเพลเทียร์ที่ติดกับฮีตซิงค์ระบายความร้อน พัดลมระบายอากาศ และรีแอคเตอร์
7. ทำการทดลองที่ 4 ทำการทดลองโดยวัด อุณหภูมิภายในรีแอคเตอร์ที่มีสารเคมี

2.3. เครื่องมือวัด

1. เครื่องวัดอุณหภูมิดิจิตอล
2. มัลติมิเตอร์

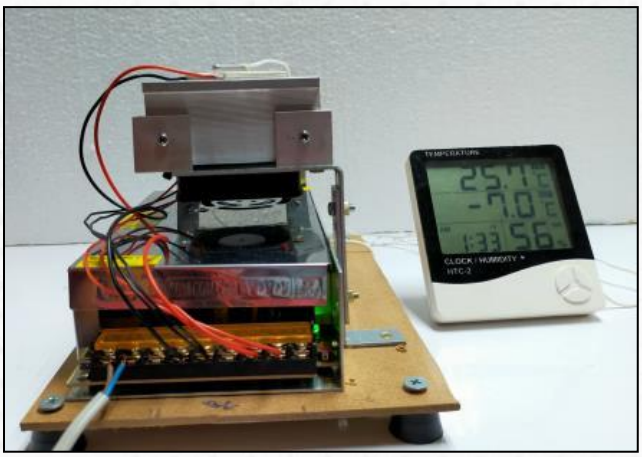
การทดสอบระบบการทำความเย็นของ เครื่องทำความเย็น โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12710 ซึ่งจากการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องทำความเย็น แบ่งการทดลองเป็น 4 การทดลองดังนี้

- การทดลองที่ 1 ทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1 แผ่น โดยการวัดอุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับฮีตซิงค์ ระบายความร้อน



ภาพที่ 2 การทดลองที่ 1

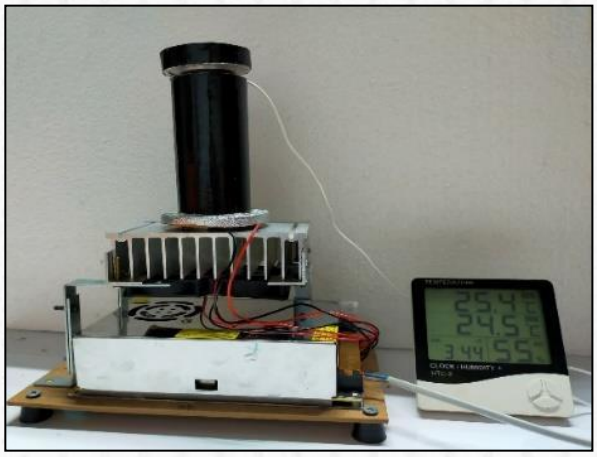
- การทดลองที่ 2 ทดสอบแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก จำนวน 1 แผ่น โดยการวัดอุณหภูมิด้าน เย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับฮีตซิงค์ ระบายความร้อน และพัดลมระบายอากาศ



ภาพที่ 3 การทดลองที่ 2

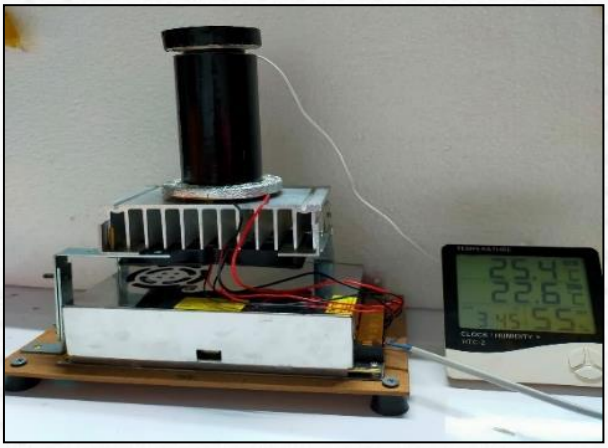
ภายในของรีแอคเตอร์ที่ไม่ใส่สารเคมีที่ติดกับฮีตซิงค์ระบายความร้อน พัดลมระบายอากาศ

- การทดลองที่ 3 ทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1 แผ่น โดยการวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 4 การทดลองที่ 3

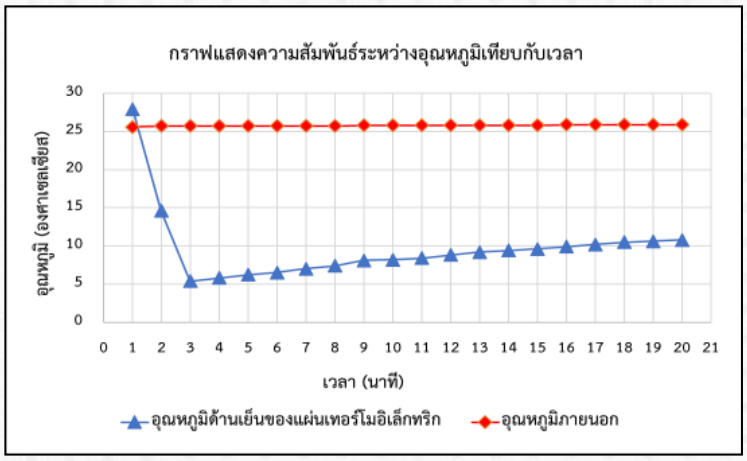
- การทดลองที่ 4 ทำการทดลองโดยวัดอุณหภูมิภายในรีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมี



ภาพที่ 5 การทดลองที่ 4

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

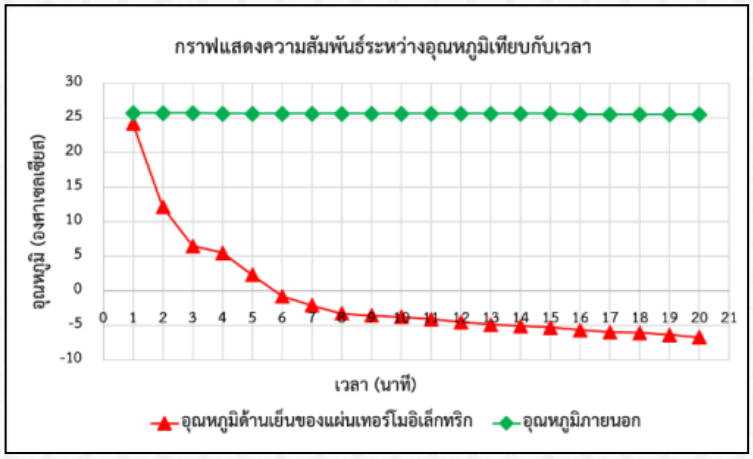
- ผลการทดลองที่ 1 การทดสอบแผ่น เทอร์โมอิเล็กทริกโดยการ วัดจากอุณหภูมิ ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับฮีตซิงค์ ระบายความร้อน



ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 1

จากกราฟ แสดงผลการทดลองที่ 1 อุณหภูมิด้านเย็นลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่าน ไปอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากว่ามีการระบาย อากาศออกได้น้อย ซึ่งติดตั้งแค่ฮีตซิงค์ระบายความ ร้อนอย่างเดียทำให้การระบายความร้อนออกได้ไม่ ดีทำให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นนั้นทำความเย็นได้น้อยลงเรื่อยๆและเมื่อเปรียบเทียบกับ อุณหภูมิภายนอกที่มีค่าคงที่

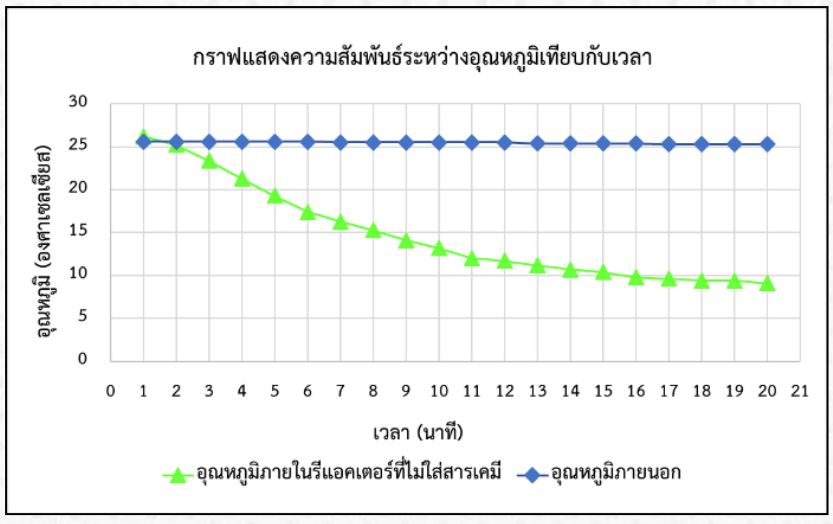
- ผลการทดลองที่ 2 ทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยการวัดอุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับฮีตซิงค์พัดลมระบาย อากาศ



ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 2

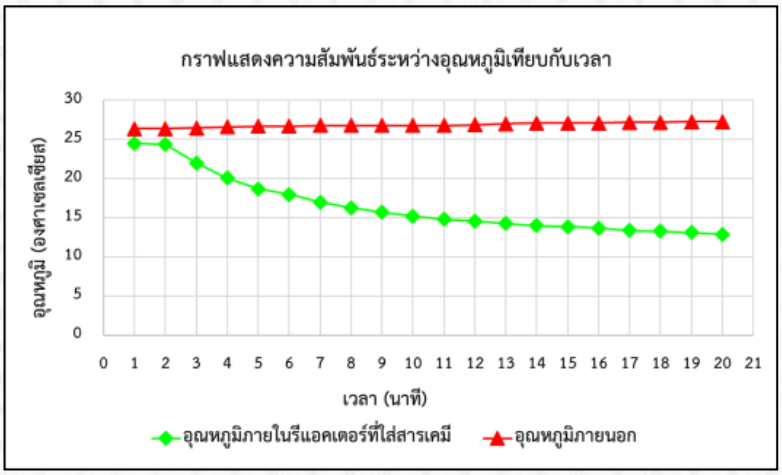
จากกราฟแสดงผลการทดลอง ที่ 2 อุณหภูมิด้านเย็นลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่าน ไปอุณหภูมิเริ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากว่ามี การระบายออากาศออกได้ดีมาก ซึ่งติดตั้งด้วยฮีต ซิงค์ระบายความร้อนและพัดลมระบายอากาศทำให้การระบายความร้อนออกได้ดี ทำให้แผ่นเทอร์ โมอิเล็กทริกด้านเย็นนั้นทำความเย็นได้ ดีอุณหภูมิ ลดลงเรื่อยๆจนอุณหภูมิด้านเย็นนั้นสามารถทำได้ ถึง -9.8 องศาเซลเซียสในนำทีที่ 20 และเมื่อ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกนั้นที่มีค่าคงที่

- ผลการทดลองที่ 3 ทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยการวัดอุณหภูมิภายในของ รีแอคเตอร์ที่ไม่ใส่สารเคมีที่ติดกับฮีตซิงค์ระบาย ความร้อน พัดลมระบายอากาศ



ภาพที่ 8 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 3

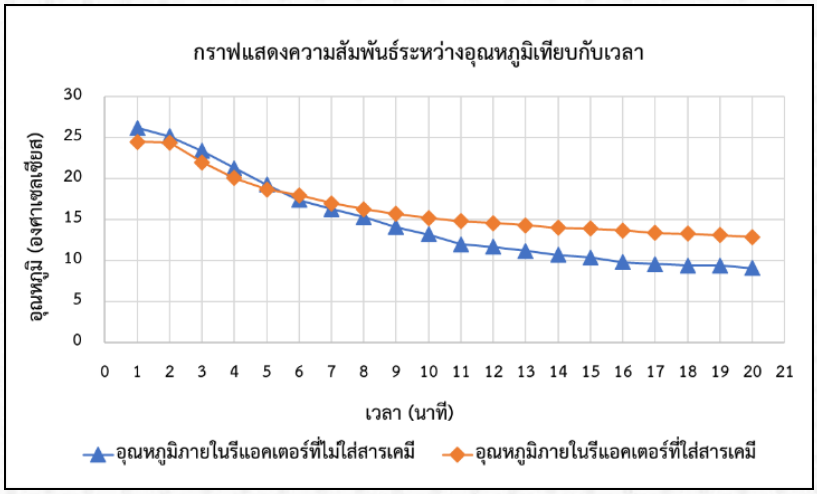
- ผลการทดลองที่ 4 ทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยการวัดอุณหภูมิภายในรีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีที่ติดกับฮีตซิงค์ระบายความร้อน พัดลมระบายอากาศ



ภาพที่ 9 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4

จากกราฟแสดงผลการทดลองที่ 4 อุณหภูมิด้านเย็นลดลงอย่างเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่าน ไปอุณหภูมิเริ่มลดลงได้ช้ำ เนื่องจำกว่ามีการ ระบายออากาศออกได้ดี ซึ่งติดตั้งด้วยฮีตซิงค์ ระบายความร้อนและพัดลมระบายอากาศทำให้ การระบายความร้อนออกได้ดีทำให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นนั้นทำความเย็นได้สูงลงเรื่อยๆแต่ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริคต้องระบายความร้อนออกสู่ ภายนอกและต้องทำให้รีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีระบายความร้อนออกด้วยและมีสารเคมีที่ใส่เพิ่มไป ในรีเอกเตอร์ทำให้เกิดกรถ่ายเทความร้อนจาก สารออกมายังตัวรีเอกเตอร์ด้วยทำให้ต้องใช้เวลาที่นาน เพื่อให้อุณหภูมิ ทีเหมาะสมและเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกนั้นที่มีคงที่

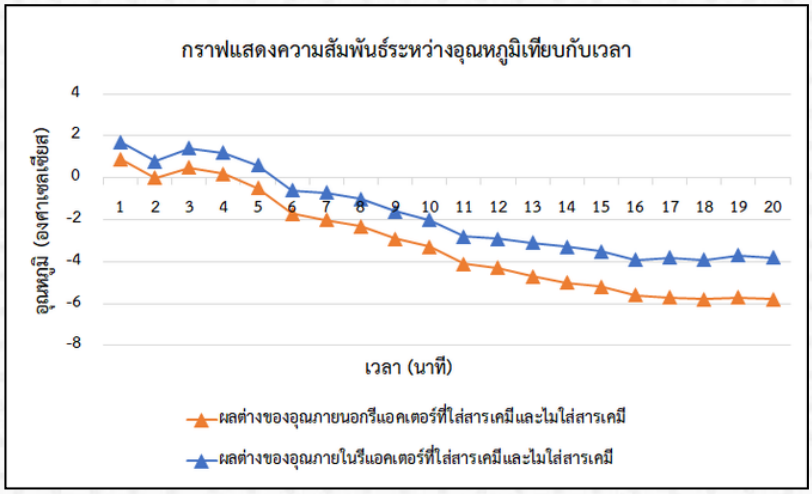
- ผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในรีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีและไม่ใส่สารเคมี



ภาพที่ 10 กราฟแสดงผลการทดลองการ

เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในรีแอคเตอร์ที่ใส่ สารเคมีและไม่ใส่สารเคมี จากกราฟอุณหภูมิภายในรีแอคเตอร์ที่ไม่ใส่สารเคมีลดลงมากกว่ารีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมี เนื่องจาก ในรีแอคเตอร์ที่ใส่สารจะมีการถ่ายเท ความร้อนภายในตัวรีแอคเตอร์ทำให้อุณหภูมิ ภายในรีแอคเตอร์นั้นจะมีการถ่ายเทไปยังสารเคมี ภายในรีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีทำให้รีแอคเตอร์ที่ใส่ สารเคมีมีอุณหภูมลดลงน้อยกว่ารีแอคเตอร์ที่ไม่ใส่ สารเคมี

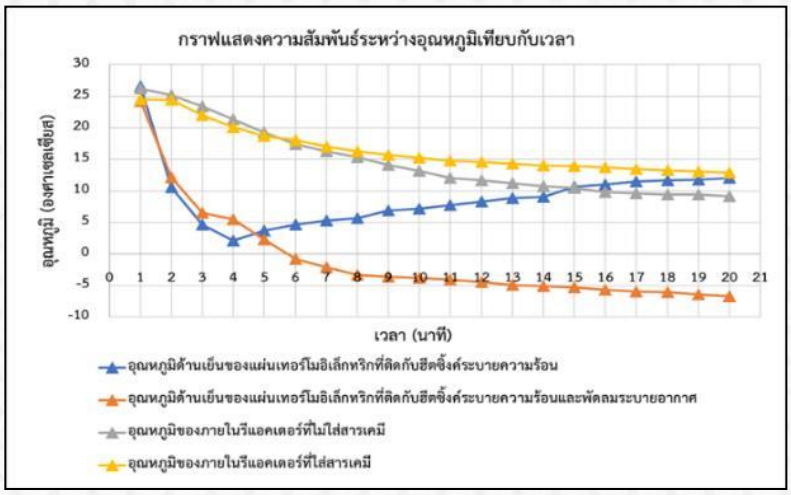
- ผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบผลต่ำ ของอุณหภูมิภายในและภายนอกของรีแอคเตอร์ที่ ใส่สารเคมีและไม่ใส่สารเคมี



ภาพที่ 11 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบผลต่ำ

ของอุณหภูมิภายในและภายนอกของรีแอคเตอร์ที่ ใส่สารเคมีและไม่ใส่สารเคมี กราฟแสดงผลต่างของอุณหภูมิภายใน รีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีและไม่ใส่สารเคมีลดลง มากกว่ารีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีและไม่ใส่สารเคมีเนื่องจากจะเห็นได้ว่า ในรีแอคเตอร์ที่ใส่สารจะมี การถ่ายเทความร้อนภายในตัวรีแอคเตอร์ทำให้ อุณหภูมิภายในรีแอคเตอร์นั้นจะมีการถ่ายเทไปยัง สารเคมีภายในรีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีทำให้ รีแอคเตอร์ที่ใส่สารเคมีมีอุณหภูมลดลงน้อยกว่ารีแอคเตอร์ที่ไม่ใส่สารเคมี

- การเปรียบเทียบผลกำไรทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยวัดอุณหภูมิด้านความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

กราฟที่แสดงผลประสิทธิภาพการทดสอบ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ด้านความเย็นของแผ่น เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบแผ่น 4 ครั้ง ผลปรากฏว่าแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มี ประสิทธิภาพมากที่สุด ที่สามารถปรับอุณหภูมิได้ ถึง -9.8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุด จาก การทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดตั้งกับชุด ระบายความร้อนที่ติดกับฮีตซิงค์ระบายความร้อน และพัดลมระบายอากาศทำให้ทราบว่ายิ่งมีการ ระบายความร้อนออกมาและการถ่ายเทความร้อน ออกมามากยิ่งทำให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็น สำมำรถปรับอุณถภูมิลดลงได้อย่างมากและ รวดเร็ว กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ทั้งหมด และค่าไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น

ตารางที่ 1 การใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ทั้งหมด และค่ำไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น

อุปกรณ์	กำลังไฟฟ้า (W)	หน่วยไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า 1 หน่วย 3.26 บาท	ค่าไฟฟ้าที่ใช้ไป (บาท)
แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	120 W	0.48	0.48 x 3.25	1.56
พัดลมระบายอากาศ	10 W	0.08	0.08 x 3.25	0.78
รวม	140 W			2.34

4.บทสรุป

การศึกษาชการสร้างเครื่องทำความเย็น ขนาดพกพาโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อใช้ สำหรับการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่มีความไวต่อ อุณหภูมิ ผู้ทำการทดลองพบว่าอุปกรณ์ที่ทำการ ออกแบบขึ้นมานั้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง เครื่องทำความเย็นขนาดพกพาเพื่อใช้สำหรับการ เคลื่อนย้ายสารเคมีที่มีความไวต่ออุณหภูมิ สามารถ ทำความเย็นได้ในช่วงอุณหภูมิที่ 12-25 องศาเซลเซียส จากการทดลองวิจัยนี้ผู้ทำการทดลองของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่าอุณหภูมิที่สามารถ ปรับได้อยู่ในช่วง 12-25 องศาเซลเซียส จากการ ทดลองทั้งหมด 4 กำรทดลอง ทดลองละ 4 ชั่วโมง และทำการวัดอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที ในการทดลอง ที่ 1-3 ผลการทดลองอุณหภูมิเป็นไปตามที่กำหนด แต่ในการทดลองที่ 4 พบว่าอุณหภูมิที่ได้สูงกว่ากำหนดไว้แสดงอุณหภูมิไม่ถึงตามที่ผู้วิจัยต้องการ และอุณหภูมิไม่คงที่ในบางช่วงเวลาในการทำงาน จึงทำให้บางจุดจะมีอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิสูงกว่าที่ กำหนด12 ชั่วโมง ดังนั้นได้จำนวนเงินเป็นจำนวน 5.46 บาท ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอุณหภูมิที่ ได้จากการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นใน ลักษณะนี้ทำให้ทราบว่า เมื่อเวลาผ่านไปทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งทำให้อุณหภูมิ ลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นอุณหภูมิในการทำความเย็นที่ ได้เหมาะสมกับการใช้แช่สารเคมีบางชนิดได้ การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องทำ ความเย็นที่ใส่สารและไม่ใส่สารเคมี ทำให้ทราบถึง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องทำ ความเย็นที่ใส่สารและไม่ใส่สารเคมี ซึ่งผลจากการ เปรียบเทียบเห็นได้ว่า อุณหภูมิภายในของเครื่อง ทำความเย็นที่ใช้แช่สารเคมีนั้นมีอุณหภูมิที่สูงกว่า อุณหภูมิภายในของเครื่องทำความเย็นที่ไม่แช่ สารเคมี เพราะว่าสารเคมีนั้นมีการถ่ายเทความ ร้อนออกมาด้วย ทำให้อุณหภูมิที่มีสารเคมีนั้นสูง กว่าที่ไม่มีสารเคมีและการแช่สารเคมีนั้นอุณหภูมิ เป็นสิ่งสำคัญเพื่อไม่ให้สารเกิดความเสียหาย สารเคมีนั้นต้องอยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสมกับสาร แต่ละชนิดด้วย

5. อภิปรายผลการทดลอง

เครื่องทำความเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิ สารเคมีที่ทำความเย็นด้วย แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้หลักการทฤษฎีของสารกึ่งตัวนำ ที่เกี่ยวข้องกับ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำ 2 ชนิดในแผ่นเดียวกัน ได้แก่ สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P ทำให้ด้านหนึ่งเป็นด้านที่ ผลิตความเย็นออกมา สามารถใช้พลังงานไฟฟ้า จากรถยนต์ 12 โวลต์ ได้จึงทำให้ความเย็นของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีความเย็นคงที่ซึงผลการศึกษาวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของอื่นๆ [4] ซึ่งศึกษาและออกแบบ ทดลองเครื่องทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้ Power supply 12 โวลต์ ซึ่งใช้ งานได้

ประมาณ 4 ชั่วโมง โดยมีสารเคมีแช่อยู่ในรี แอคเตอร์ 3 หลอด ขนาด 5 มิลลิลิตร แล้วเก็บผล การทดลอง ทุก ๆ 1 นาทีใน เวลา 20 นาที ทำการ ทดลองซ้ำ เป็นจำนวน 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เครื่องทำความเย็นมีขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเคลื่อนย้ายสารเคมีและสามารถใช้ในรถยนต์ได้

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Akram M.N. Nirmani, H.R., & Jayasundere N.D. (2016). A Study on Thermal and Electrical Characteristics of Thermoelectric Cooler. Department of Electrical and Information Engineering. P430-434.

[2] S. Syahrul, Yusi Wirdan M. Mirmanto. (2019). Experimental performances of a thermoelectric cooler box with thermoelectric position variations. EngineeringScience and Technology, an International Journal, 177-184.

[3] Mirmanto, M., Syahrul, S. & Wirdan Y. (2019). Experimental performances of a thermoelectric cooler box with thermoelectric position variations. Engineering Science and Technology, an International Journal. 177 -184.

[4] วิรัช กองสิน. (2557). ศึกษาและออกแบบกระติก เก็บวัคซีนด้วยอุปกรณ์โทรโมอิเล็กทิรก. การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ ยั่งยืน.

การประเมินสมบัติของแหล่งน้ำธรรมชาติสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐานสากล OECD 301A

Properties Evaluation of Natural Water for Ready Biodegradability Test According OECD 301A

จันทนา พันธุ์พราน[1] มิรันตี ดีเจริญ[1] สุทธิดา คงเจ้ย[1] ชาญชัย คหาปนะ[1] และ อัญชนา พัฒนสุพงษ์[1*]

[1]ห้องปฏิบัติการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของวัสดุ, ศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
*Email: anchana@tistr.or.th

บทคัดย่อ

การประเมินสมบัติของแหล่งน้ำธรรมชาติ 3 แหล่งในเขตภาคกลางของประเทศไทยเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐาน OECD 301A ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนนทบุรี (A1) คลองรังสิตประยูร-ศักดิ์ จังหวัดปทุมธานี (A2) และแม่น้ำป่าสัก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (A3) โดยเก็บตัวอย่างเดือนธันวาคม 2564 ดำเนินการวิเคราะห์ทดสอบตามเกณฑ์ระบุในมาตรฐาน OECD 301A พบว่า แหล่งน้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่งมีค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพอยู่ในช่วง 77.92 – 82.34 ภายในระยะเวลาทดสอบ 14 วัน เมื่อทำการทดสอบซ้ำเฉพาะจุด A1 โดยเก็บตัวอย่างน้ำเดือนมีนาคม 2565 พบว่า ค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพยังเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด โดยมีค่าอยู่ที่ 84.52 ± 2.25 ภายในระยะเวลาทดสอบ 14 วัน กล่าวได้ว่า แหล่งน้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่งมีสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐานสากล OECD 301A และมีคุณภาพค่อนข้างคงที่แม้ว่าเก็บในระยะเวลาที่ต่างกัน (จุด A1) อย่างไรก็ตาม เพื่อประเมินความใช้ได้ของวิธีการทดสอบ การศึกษาในลำดับถัดไปจะเพิ่มพื้นที่ของแหล่งน้ำธรรมชาติสำหรับนำมาเป็นกล้าเชื้อของการทดสอบ ในการยืนยันความถูกต้องและเชื่อถือได้ถึงสมบัติการสลายตัวทางชีวภาพของเคมีภัณฑ์

คำสำคัญ: น้ำธรรมชาติ, ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม, Ready biodegradability, OECD 301A

Abstract

Properties evaluation of three natural water resources in the central of Thailand to be an inoculum for biodegradation testing according to OECD 301A standard test method, namely the Chao Phraya River. Nonthaburi Province (A1) Khlong Rangsit Prayoonsak Pathum Thani Province (A2) and Pa Sak River Phra Nakhon Si Ayutthaya Province (A3). All three areas were collected in December 2021 and the properties found to meet the criteria specified in the OECD 301A for used as inoculum. The biodegradation percentage of sodium acetate as a positive reference compound were 77.92 – 82.34% within 14 days test period. Retesting at site A1 by collecting water samples in March 2022, it was found that the percentage of biodegradation still met the specified criteria at 84.52 ± 2.2% within 14 days. Therefore, it can be mentioned that all 3 natural water sources were qualified to be used as inoculum for

biodegradation testing according to OECD 301A and stable quality although different collected periods (point A1). The next study will expand the area of natural water sources for test inoculum for verify the accuracy and reliability of the biodegradable properties of chemical products.

Keywords: Natural water, Environmentally friendly products, Ready biodegradability, OECD 301A

1. บทนำ

จากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากรโลก ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติถูกใช้ไปอย่างไม่คำนึงถึงปริมาณและวิธีการใช้ที่เหมาะสม และเมื่อทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่จำกัดมีปริมาณลดลง มนุษย์จึงพยายามพัฒนาความรู้ และนำวิทยาการใหม่ๆ มาใช้ในการผลิตอาหาร สินค้าอุปโภคบริโภค เพื่อประโยชน์ของผู้ผลิตและผู้บริโภคทั้งจากภาคครัวเรือน ภาคเกษตรและอุตสาหกรรมก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารเคมีอันตรายในสิ่งแวดล้อมทั้งทางบกและทางน้ำ สถาบันจัดการน้ำระหว่างประเทศ (International Water Management Institute) รายงานว่าในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาประชากรมากกว่า 5 ล้านคนตายด้วยโรคที่เกิดจากน้ำไม่สะอาด และประมาณการว่าปี ค.ศ. 2025 ประชากร 4 พันล้านคน ใน 48 ประเทศ (2 ใน 3 ของประชากรโลก) จะเผชิญกับปัญหาความขาดแคลนน้ำ [1] ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตโดยรอบ และมีแนวโน้มความรุนแรงที่เพิ่มขึ้น ทำให้หลายประเทศในโลก เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและกลุ่มประเทศยุโรปตื่นตัวกับปัญหาดังกล่าว แนวทางหนึ่งในการในการป้องกันและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม คือ การใช้ผลิตภัณฑ์ที่สลายตัวได้ทางชีวภาพ ตลอดจนลดการใช้สารเคมีที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยากในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เพื่อการอุปโภคในครัวเรือนและอาคาร อาทิ ผลิตภัณฑ์ดูแลร่างกาย ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และน้ำมันหล่อลื่น จะเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค รวมถึงเป็นการแก้ปัญหาสารอันตรายตกค้างในสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจำเป็นต้องมีการทดสอบความสามารถในการสลายตัวได้ทางชีวภาพเพื่อเป็นข้อมูลที่ยืนยันถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปใช้

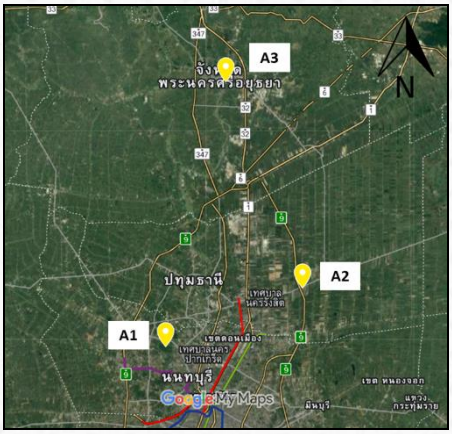
ปัจจุบันการทดสอบความสามารถในการสลายตัวทางชีวภาพเป็นตัวแปรสำคัญในข้อบังคับระหว่างประเทศหลายฉบับที่เกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ เช่น ระเบียบข้อบังคับของสหภาพยุโรป REACH [2] และระเบียบ CLP ของยุโรป [3] เป็นต้น ซึ่งมีการกำหนดมาตรฐานภายใต้องค์กรระหว่างประเทศ อาทิ Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) และ International Organization for Standardization (ISO) ทั้งนี้ การทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของเคมีภัณฑ์ตามมาตรฐาน OECD 301 (Ready biodegradability) เป็นหนึ่งในมาตรฐานสำหรับตรวจสอบความสามารถในการสลายตัวทางชีวภาพของสารอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมทางน้ำภายใต้สภาวะที่มีอากาศ ซึ่งมี 6 หัวข้อการทดสอบย่อย (A-F) โดยแต่ละหัวข้อการทดสอบจะมีวิธีการวัดผลแตกต่างกัน เช่น การวัดปริมาณอินทรียคาร์บอนที่ละลายน้ำ (Dissolved organic carbon) การวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (Oxygen consumption) ทั้งนี้ การเลือกใช้แต่ละหัวข้อการทดสอบขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สมบัติการละลายน้ำ การระเหยได้ และการถูกดูดซับ [4] มาตรฐานฉบับนี้สามารถใช้ทดสอบได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ อาทิ น้ำมันหล่อลื่นที่ผลิตจากปาล์มน้ำมันสามารถสลายตัวทางชีวภาพได้มากกว่าร้อยละ 60 ภายในระยะเวลา 28 วัน เมื่อทดสอบตาม OECD 301F [5] สารลดแรงตึงผิว sodium linear alkylbenzene sulfonate (NaLAS) ของผงซักฟอกสามารถสลายตัวทางชีวภาพได้มากกว่าร้อยละ 81.79 ภายในระยะเวลา 28 วัน เมื่อทดสอบตาม OECD 301B [6] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีสมบัติเหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน OECD 301A ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดในมาตรฐานโดยใช้สารอ้างอิงเชิงบวก เพื่อได้มาซึ่งข้อมูลส่วนหนึ่งที่ยืนยันถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตลอดจนรองรับความต้องการของผู้ประกอบการ

ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร และภาคบริการทั้งภายในและต่างประเทศ ที่ต้องการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม และมุ่งพัฒนาคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ด้านการสลายตัวทางชีวภาพให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานสากล

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 แหล่งเก็บตัวอย่างน้ำธรรมชาติเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อ

เก็บตัวอย่างน้ำธรรมชาติ จำนวน 3 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนนทบุรี (A1) คลองรังสิตประยูรศักดิ์ จังหวัดปทุมธานี (A2) และแม่น้ำป่าสัก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (A3) ดังแสดงในภาพที่ 1 นำมาวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้น ได้แก่ ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ, ความเป็นกรด-ด่าง, ออกซิเจนละลายน้ำ, ปริมาณแบคทีเรียรวม และการสลายตัวทางชีวภาพของสารอ้างอิงเชิงบวกตามมาตรฐาน OECD 301A คือ Sodium acetate ($C_2H_3NaO_2$)



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำธรรมชาติ

ตารางที่ 1 Mineral Medium (อ้างอิงจาก OECD 301A)

	องค์ประกอบ	ความเข้มข้น (g/L)
(a)	Potassium dihydrogen orthophosphate, KH_2PO_4	8.50
	Dipotassium hydrogen orthophosphate, K_2HPO_4	21.75
	Disodium hydrogen orthophosphate dihydrate,$Na_2HPO_4.2H_2O$	33.40
	Ammonium chloride, NH_4Cl	0.50
	(Dissolve in water and make up to 1 L The pH of the solution should be 7.4)	
(b)	Calcium chloride, anhydrous, $CaCl_2$	27.50
	Or Calcium chloride dihydrate, $CaCl_2.2H_20$	36.40
	(Dissolve in water and make up to 1 L)	
(c)	Magnesium sulphate heptahydrate, $MgS0_4.7H_20$	22.50
	(Dissolve in water and make up to 1 L)	
(d)	Iron (III) chloride hexahydrate, $FeCl_3.6H_20$	0.25
	(Dissolve in water and make up to 1 L)	

2.2 การพัฒนาวิธีการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐาน OECD 301A

มาตรฐานสากล OECD 301A เป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์ร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของเคมีภัณฑ์ในสภาวะที่มีอากาศ โดยการตรวจวัดปริมาณอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ (Dissolved organic carbon; DOC) คงเหลือจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในสารละลาย (Total Organic Carbon Analyzer) ซึ่งสารทดสอบควรต้องละลายน้ำได้อย่างน้อย 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (วิธีนี้ไม่เหมาะกับสารทดสอบที่ระเหยได้) ทำการปรับสภาวะน้ำธรรมชาติก่อนการทดสอบโดยการบ่มแบบให้อากาศ ที่อุณหภูมิทดสอบ 22 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้น เริ่มการทดสอบโดยผสมกับ Mineral Medium (ตารางที่ 1) ในอัตราส่วน 1:4 โดยใช้ Sodium acetate เป็นสารอ้างอิงเชิงบวก ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ บ่มเลี้ยงในสภาวะที่อุณหภูมิทดสอบ 22 ± 2 องศาเซลเซียสโดยมีการกวนอย่างต่อเนื่อง (Magnetic stirrers) ภายในระยะเวลา 28 วัน

2.3 การคำนวณค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพ

$$D_t = \left[1 - \frac{C_t - C_{bl(t)}}{C_0 - C_{bl(0)}}\right] \times 100$$

D_t = ร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพ
C_0 = ค่าเฉลี่ยปริมาณ DOC ในขวดทดสอบตัวอย่าง (mg/L) ณ ช่วงเวลาที่ 0
= ค่าเฉลี่ยปริมาณ DOC ในขวดทดสอบตัวอย่าง (mg/L) ณ ช่วงเวลาที่ n
$C_{bl(0)}$ = ค่าเฉลี่ยปริมาณ DOC ในขวด Blank (mg/L) ณ ช่วงเวลาที่ 0
$C_{bl(t)}$ = ค่าเฉลี่ยปริมาณ DOC ในขวด Blank (mg/L) ณ ช่วงเวลาที่ n

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของตัวอย่างน้ำธรรมชาติ

รายการวิเคราะห์	เกณฑ์ *	A1		A2	A3
		ธ.ค. 2564	มี.ค. 2565	ธ.ค. 2564	
1. ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (mg/L)	≤ 30	8.13	19.93	6.27	11.87
2. ความเป็นกรด-ด่าง	-	7.38	7.97	7.43	7.40
3. ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)	-	6.41	5.46	2.18	5.66
4. ปริมาณแบคทีเรียรวม (log CFU/mL)	4 - 5	4	5	5	4

* เกณฑ์ของกล้าเชื้อสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐาน OECD 301A

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของตัวอย่างน้ำธรรมชาติ

จากการเก็บตัวอย่างน้ำธรรมชาติ จำนวน 3 แหล่ง (จุด A1 – A3) เมื่อเดือนธันวาคม 2564 และทำการเก็บซ้ำที่จุด A1 เมื่อเดือนมีนาคม 2565 เพื่อตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ พบว่า ทั้ง 3 แหล่งมีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำอยู่ในช่วง 6.27 – 19.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.38 – 7.97 ออกซิเจนละลายน้ำอยู่ในช่วง 2.18 – 6.41 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแบคทีเรียรวมอยู่ในช่วง 4 - 5 Log โคโลนีต่อมิลลิลิตร พบว่า น้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่ง

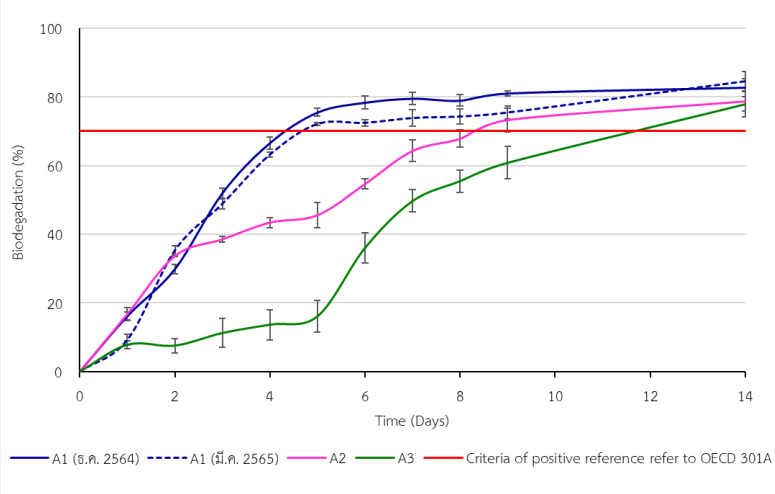
มีสมบัติเบื้องต้นผ่านตามเกณฑ์ระบุตามมาตรฐาน OECD 301A ที่กำหนดให้มีค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแบคทีเรียรวมอยู่ในช่วง 4 -5 log โคโลนีต่อมิลลิลิตร สามารถนำมาใช้เป็นกล้าเชื้อในการทดสอบได้ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

3.2 การสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐาน OECD 301A ของสารอ้างอิงเชิงบวก

ผลทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพของ Sodium acetate โดยใช้ตัวอย่างน้ำจากธรรมชาติ พบว่า ตัวอย่างน้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่ง มีค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน OECD 301A (77.92-82.34 ภายในระยะเวลาทดสอบ 14 วัน) ที่กำหนดว่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพต้องไม่ต่ำกว่า 70 ภายในระยะเวลาทดสอบ 28 วัน นอกจากนี้ พบว่า ค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของจุด A1 มีความสม่ำเสมอมากกว่าจุด A2 และ A3 จึงทดลองซ้ำโดยใช้ตัวอย่างน้ำธรรมชาติจุด A1 ซึ่งยังคงมีสมบัติเบื้องต้นและมีค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพ (84.52 ± 2.25 ภายในระยะเวลาทดสอบ 14 วัน) เป็นไปตามมาตรฐาน OECD 301A รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 2

ตารางที่ 3 ร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของสารอ้างอิงเชิงบวก เดือนธันวาคม 2564

ตัวอย่างน้ำธรรมชาติ	ร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพ
A1 (ธ.ค. 2564)	82.34 ± 2.60
A1 (มี.ค. 2565)	84.52 ± 2.25
A2	78.85 ± 2.95
A3	77.92 ± 2.63



ภาพที่ 2 ร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของสารอ้างอิงเชิงบวก

จากผลการศึกษาข้างต้น กล่าวได้ว่า แหล่งน้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่งมีสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการทดสอบการสลายตัวทางชีวภาพตามมาตรฐานสากล OECD 301A และเมื่อทำการทดสอบซ้ำที่ระยะเวลาต่างกันสำหรับน้ำธรรมชาติจุด A1 ก็ยังมีคุณภาพค่อนข้างคงที่และให้ผลการทดสอบร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพที่ใกล้เคียงกันและ

มีความสม่ำเสมอเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน สอดคล้องกับรายงานของ Santos Ltd. [7] ที่อ้างถึงการทดสอบสารอ้างอิงเชิงบวก Sodium acetate โดยวิธีการตรวจวัดปริมาณอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำ พบว่ามีค่าการสลายตัวทางชีวภาพที่ร้อยละ 86 และ 99 ภายในระยะเวลาทดสอบ 7 และ 28 วัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน OECD 301A

4. บทสรุป

จากการศึกษาแหล่งน้ำธรรมชาติในเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย สรุปได้ว่าน้ำธรรมชาติทั้ง 3 แหล่ง ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดนนทบุรี (A1) คลองรังสิตประยูรศักดิ์ จังหวัดปทุมธานี (A2) และแม่น้ำป่าสัก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (A3) มีสมบัติเบื้องต้นที่เหมาะสมและเป็นไปตามเกณฑ์ของตัวกลางที่ใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน OECD 301A และค่าร้อยละการสลายตัวทางชีวภาพของสารอ้างอิงเชิงบวก Sodium acetate มีความสม่ำเสมอและเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ในลำดับถัดไปจะมีการเพิ่มพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างน้ำธรรมชาติ อาทิ จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดชัยนาท ฯลฯ เพื่อประเมินความใช้ได้ของวิธีการทดสอบ เป็นการยืนยันความถูกต้องและเชื่อถือได้ถึงสมบัติการสลายตัวทางชีวภาพของเคมีภัณฑ์ รองรับความต้องการของผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมทั้งภายในและต่างประเทศ รวมถึงเพิ่มขีดความสามารถในการส่งออกให้แก่ผู้ประกอบการด้านเคมีภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของไทย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] จาตุรงค์ กอบแก้ว. (2 ธันวาคม 2563). รายงานสถานการณ์น้ำของโลก. สืบค้นจาก https://www.salika.com/2020/12/02/world-water-crisis

[2] ECHA. The European parliament and the council of the European Union, directive 2006/121/EC of the European parliament and of the council of 18 December 2006 amending council directive 67/548/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances in order to adapt it to Regulation (EC) No 1907/2006 concerning the registration, evaluation, authorization and restriction of chemicals (REACH) and establishing a European chemicals agency. 2006.

[3] European parliament. REGULATION (EC) No 1272/2008 of the European parliament and of the council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006. 2008.

[4] OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Section 3. Test No. 301: Ready Biodegradability. 1992.

[5] I. Siti Afida, G. Razmah, S.K. Yeong and A.H., Hazimah, Biodegradability of palm-based lubricants. *Journal of Oil Palm Research*. 27(2015) 425-432.

[6] T. Jarrent R and F. Ronaldo M, Biodegradability of single and mixed surfactant formulations. *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 42(2020) 788-794.

[7] Santos Ltd, Degradant Assessment of Halliburton Chemicals Tanumbirini Water Quality Tiered Assessment. Flowback Fluid 6 Month Report. 16-16. 2020.

การพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษา หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

The Development of a learning outcome assessment website according to the National Qualifications Framework for Higher Education, Case Studies, Bachelor of Business Administration Program Business Computer Kanchanaburi Rajabhat University.

วัชรพล พรมเงิน[1*] นิรุตต์ จรเจริญ[1] มาลินี คำเครือ[1] และ วิยะดา พลชัย[1]

[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
[*]Email: Jorncharoen@kru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) 2) ประเมินคุณภาพเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) ผู้วิจัยพัฒนาเว็บไซต์ด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, ภาษา HTML ใช้หลักการวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) ผู้วิจัยใช้แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และแบบประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า เว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้สามารถใช้ได้จาก https://tqf1237.000webhostapp.com/ เข้าใช้งานได้แบบออนไลน์ผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์แสดงปุ่มในหน้าเพจเพื่อนำไปสู่การประเมิน ซึ่งเว็บไซต์ประกอบด้วยข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินผลการเรียนรู้ มีความสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจ และพิมพ์รายงานสรุปผลประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านคุณธรรมและจริยธรรม 2) ด้านความรู้ 3) ด้านทักษะทางปัญญา 4) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และความรับผิดชอบ และ 5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ สำหรับผลการประเมินคุณภาพของเว็บไซต์พบว่า มีค่าเฉลี่ยในทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D.=0.71) ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.70, S.D.=0.48)

คำสำคัญ: กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ, ประเมินผลการเรียนรู้, การพัฒนาเว็บไซต์

Abstract

The objectives of this research were; 1) to develop a learning outcomes assessment website according to the National Higher Education Qualifications Framework (TQF), 2) to assess the quality of a learning outcomes assessment website according to the National Higher Education Qualifications Framework (TQF), and 3) to assess the satisfaction of website users. The learning outcomes were assessed according to the National Higher Education Qualifications Framework (TQF). The researcher developed the website using Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, HTML language using the Information Systems Development Cycle (SDLC) principle. The researcher used a quality assessment form from 3 experts and a satisfaction assessment form from 30 users. The data were analyzed by descriptive statistics such as percentage, mean and standard deviation.

The results showed that the learning outcomes assessment website is available from https://tqf1237.000webhostapp.com/. Be able to acess online through any Internet-connected device. The website displays a button on the page that leads to an assessment, which the website contains the information of the assessees learning evaluation data Have the ability to add, delete, and edit user data, satisfaction assessment data and print a report summarizing the learning outcomes assessment according to the National Qualifications Framework for Higher Education (TQF) in 5 aspects: 1) morality and ethics, 2) knowledge, 3) intellectual skills, 4) interpersonal skills and 5) skills in numerical analysis, communication and the use of information technology. As for the quality assessment results of the website, it was found that the average in all aspects was at a high level ($\bar{x}$ = 3.85, S.D. = 0.71). As for user satisfaction assessment results, the overall average in all aspects was at the highest level. ($\bar{x}$ =4.70, S.D.=0.48).

Keywords: National Qualifications Framework for Higher Education, learning evaluation, website development

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในงานต่าง ๆ และมีบทบาทสำคัญในงานที่หลากหลาย เช่น งานภาครัฐ ภาคธุรกิจ การศึกษา การเงิน วิทยาศาสตร์ การแพทย์ วิศวกรรม แผนที่ภูมิศาสตร์ เป็นต้น[1] เทคโนโลยีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในมิติต่าง ๆ ได้อีกทั้งยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการแข่งขันในอุตสาหกรรมเดียวกัน หน่วยงานต่าง ๆ มีการปรับตัวอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่เกิดขึ้น และพยายามหาวิธีการเสริมสร้างประสิทธิภาพเชิงกลยุทธ์พร้อมทั้งแสวงหาโอกาสในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง[2] จากการพยายามปรับตัวของหน่วยงานต่าง ๆ จึงทำให้พบเห็นการนำระบบสารสนเทศเข้ามาเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการองค์กรมากขึ้น อีกทั้งระบบสารสนเทศมีความสามารถในการรายงานผล สรุปผล และสามารถนำสารสนเทศเหล่านั้นมาช่วยสนับสนุนประกอบการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ซึ่งระบบสารสนเทศที่นำมาจะประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ข้อมูล เครือข่าย กระบวนการ และผู้ใช้ [3]

จากบทบาทสำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีในมิติต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนที่มีบทบาทต่อด้านการศึกษานั้น ซึ่งพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2563 มาจนถึงปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทต่อวงการด้านการศึกษา เทคโนโลยีดิจิทัลถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างเห็นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยถูกนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการ

บริหารการศึกษา มีการนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้งานในส่วนงานต่าง ๆ เพื่อปรับวิธีการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 และเพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดดจากการปฏิวัติอุตสาหกรรม ครั้งที่ 4 ซึ่งเป็นยุคแห่งการประยุกต์ใช้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในการพัฒนานวัตกรรม ต่อยอด และตลอดจนการผสมผสานเทคโนโลยีกับงานในส่วนต่าง ๆ ในรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม อีกทั้งยังส่งผลต่อวิถีชีวิตใหม่และกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในภาคการศึกษา [4] ในวงการด้านการศึกษามีการนำระบบสารสนเทศมาประยุกต์ในงานส่วนต่าง ๆ มากขึ้น เช่น ระบบการลงทะเบียนเรียน ระบบการตรวจสอบผลการเรียน ระบบการชำระเงินค่าธรรมเนียมการศึกษา ระบบการจองรายวิชา ระบบการเรียนออนไลน์ ระบบประเมินผลการเรียนรู้ เป็นต้น

หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์เทคโนโลยีที่มีผลมาจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 เช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) 5 ด้าน ในอดีตที่ผ่านมาหลักสูตรมีการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้โดยใช้วิธีการประเมินผลด้วยแบบสอบถามทั้งแบบแจกด้วยตนเองกับแบบออนไลน์ จากนั้นจึงสรุปผลข้อมูลในรูปแบบตารางรายงานสรุปผลเสนอข้อมูลต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวได้เกิดปัญหาขึ้นในช่วงการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 จึงไม่สามารถดำเนินการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ได้ด้วยวิธีการเดิม

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ Google Data Studio (GDS) เครื่องมือที่เก็บข้อมูลและช่วยแสดงข้อมูลรายงานในรูปแบบภาพ (data visualization) แสดงข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานบนแดชบอร์ด (dashboard) อีกทั้งสามารถเลือกรูปแบบในการประมวลผลรายงานได้ตามความต้องการ จากความสามารถของเครื่องมือผู้วิจัยจึงเลือกใช้ Google Data Studio มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยนำมาผสมผสานกับเว็บไซต์ที่เป็นสื่อนำเสนอข้อมูลแบบออนไลน์ ซึ่งเชื่อมโยงผ่านทางไฮเปอร์ลิงค์ที่มีการจัดเก็บในลักษณะเวิล์ด ไวด์ เว็บ (www.) และถูกสร้างขึ้นด้วยภาษาที่เรียกว่า HTML (Hyper Text Markup Language) และปัจจุบันได้มีการพัฒนาและนำภาษาอื่น ๆ เข้ามาร่วมด้วยเพื่อให้มีความสามารถมากขึ้น เช่น PHP, SQL, Java เป็นต้น[5]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้าวิจัยพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) ขึ้นให้กับหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ เพื่อให้หลักสูตรนำเว็บไซต์นี้ไปใช้งานช่วยประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเว็บไซต์ยังสามารถเชื่อมโยงการรายงานผลการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างรวดเร็วที่เข้าใจง่ายในลักษณะภาพ แสดงข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้งานบนแดชบอร์ด และที่สำคัญยังสามารถออกแบบรายงานได้ตามความต้องการ งานวิจัยนี้ยังได้สะท้อนถึงความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงและประยุกต์ใช้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีให้เป็นโอกาสทางการแข่งขันตลอดจนผสมผสานเทคโนโลยีกับรูปแบบการทำงานทำให้เกิดกระบวนการทำงานในรูปแบบใหม่ที่ดีกว่าเดิม ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงและเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหากระบวนการทำงานที่เป็นอุปสรรคในการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ในยุคดิจิทัล โดยงานวิจัยดังกล่าวมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1) เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) กรณีศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ
2) เพื่อประเมินคุณภาพเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) กรณีศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ
3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) กรณีศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร คือ อาจารย์ผู้สอนหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

2) กลุ่มตัวอย่าง คือ อาจารย์ผู้สอนหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) รวบรวมเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย

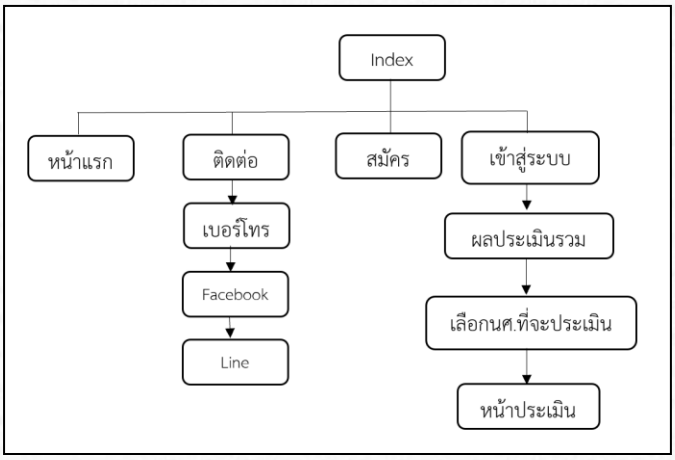
2) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเว็บไซต์ ได้แก่ วงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ การติดตั้ง และการบำรุงรักษา [6] โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ระบบสื่อสาร และการออกแบบ

3) ดำเนินการพัฒนาเว็บไซต์ตามวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนในการดำเนินงาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1) การกำหนดปัญหา (Problem Definition) รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อหาแนวทางบรรลุหรือแก้ไข และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ให้ได้มากที่สุด โดยนำข้อมูลมากำหนดความต้องการของผู้ใช้ (User requirements) ทั้งนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเว็บไซต์ในเรื่องผลประโยชน์ที่จะได้รับ ต้นทุนค่าใช้จ่ายและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

3.2) การวิเคราะห์ (Analysis) ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ เพื่อนำมาพัฒนาเป็นเว็บไซต์ โดยมีการวิเคราะห์หน้าเว็บไซต์ที่ประกอบด้วยหน้าเว็บ Index.html เข้าสู่หน้าเว็บหลัก Home.html จะแสดงหน้าแรกให้ทำการเข้าสู่ระบบ register.html ให้ทำการสมัครสมาชิกหน้าเว็บ TQF1.html ลิงค์กับเว็บเพื่อประเมิน CT.html ติดต่อ RT.html แสดงผลประเมิน

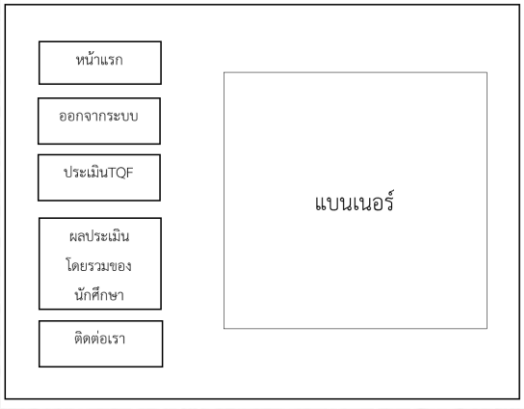
3.3) การออกแบบ (Design) รวบรวมข้อมูลจากการวิเคราะห์นำมาออกแบบเป็นเว็บไซต์ โดยการออกแบบโดยผู้วิจัยได้สุ่มเลือกเว็บไซต์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับงานวิจัย จำนวน 10 เว็บไซต์ ที่มีหลักการออกแบบและพัฒนาด้วยโปรแกรมและภาษาที่ใกล้เคียงกัน โดยนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในด้านการออกแบบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ โดยผลการออกแบบแสดงดังภาพที่ 1-4



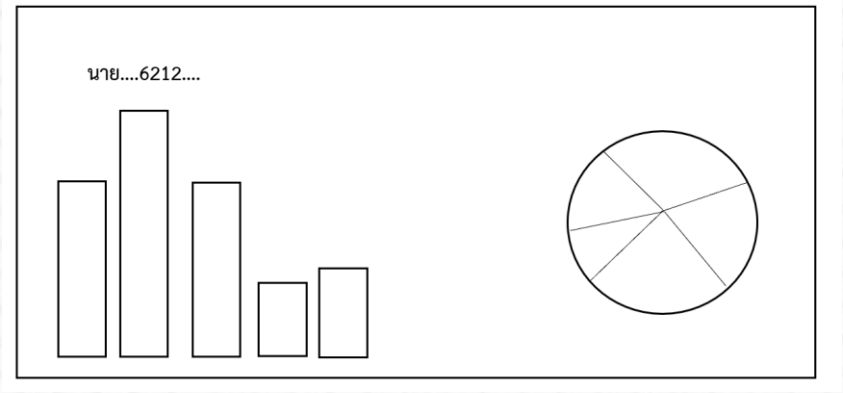
ภาพที่ 1 การออกแบบเว็บไซต์



ภาพที่ 2 การออกแบบ User Interface หน้าหลัก



ภาพที่ 3 การออกแบบ User Interface หน้าแรกของผู้ใช้งานหลังจากสมัครและ Login



ภาพที่ 4 การออกแบบ User Interface ผลประเมินผ่าน Google Data Studio

3.4) การพัฒนา (Development) พัฒนาเว็บไซต์ตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้โปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, และภาษา HTML นำเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างย่อย จำนวน 10 คน ภาพรวมผู้เข้าใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 นำเว็บไซต์ปรับปรุงแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น พบว่าผู้เชี่ยวชาญประเมินมีความเห็นอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71

3.5) การทดสอบ (Testing) จัดทำคู่มือการใช้งานและนำเว็บไซต์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้เข้าใช้งานเว็บไซต์ จำนวนผู้ตอบแบบสอบประเมิน จำนวน 30 คน

3.6) การติดตั้ง (Installation) นำเว็บไซต์ที่ได้ผ่านการประเมินทดสอบและแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ บันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ https://tqf1237.000webhostapp.com/ เพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เข้าใช้งานเว็บไซต์ และประเมินความพึงพอใจตามระยะเวลาที่กำหนด นำคะแนนผลการประเมินจากการตอบแบบสอบถามของผู้เข้าใช้งานเว็บไซต์มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อนำไปสรุปผลที่ได้รับจากการใช้งานเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น

3.7) การบำรุงรักษา (Maintenance) เว็บไซต์ที่ผ่านการทดสอบแล้วไปใช้งานจริงอาจเกิดปัญหาขึ้นได้ภายหลังจึงวางแผนเตรียมการรองรับแก้ไขปัญหาในการใช้งาน โดยผู้วิจัยได้ทำหน้าที่ดูแลเว็บไซต์ด้วยตนเอง

2.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) เว็บไซต์พัฒนาด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, และภาษา HTML

2) สามารถเข้าใช้งานผ่านระบบออนไลน์ผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

3) เว็บไซต์มีขอบเขตเนื้อหาข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินผลการเรียนรู้ มีความสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจ และพิมพ์รายงานสรุปผลประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านคุณธรรมและจริยธรรม 2) ด้านความรู้ 3) ด้านทักษะทางปัญญา 4) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และความรับผิดชอบ และ 5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

4) แสดงรายงานสรุปผลด้วย Google Data Studio

2.4 สถิติที่ใช้

การพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการพัฒนาและการดำเนินงานดังนี้

1) ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, และภาษา HTML และโปรแกรมที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย FileZilla client สำหรับในการอัพโหลดข้อมูลขึ้นเซิร์ฟเวอร์

2) แบบประเมิน ประกอบด้วย 2 ชุด ได้แก่

2.1) แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะของแบบสอบถาม จำนวน 9 ข้อ แบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับมีเนื้อหาครอบคลุมประเด็นการออกแบบเว็บไซต์ เนื้อหาของเว็บไซต์ และการใช้งานเว็บไซต์

2.2) แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งานมีลักษณะของแบบสอบถาม จำนวน 18 ข้อ แบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับมีเนื้อหาครอบคลุม 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้บริการข้อมูลของเว็บไซต์ และด้านประสิทธิภาพของเว็บไซต์ โดยแบบประเมินทั้ง 2 ชุด ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยข้อคำถามมีค่า IOC มากกว่า 0.50 ทุกข้อ และการหาค่าความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ซึ่งเก็บจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 30 คน โดยแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้เป็นแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ และผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย

และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีการแปลความหมายใช้เกณฑ์ประเมินผลโดยอิงเกณฑ์หาค่าเฉลี่ยเมื่อทำการวิเคราะห์แปลผลและกำหนดระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ซึ่งมีช่วงกว้างเท่า ๆ กัน และ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{(คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด)}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$8 = \frac{(5-1)}{5}$$

ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 = มากที่สุด, ค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 = มาก, ค่าเฉลี่ย 2.61–3.40= ปานกลาง, ค่าเฉลี่ย1.81–2.60= น้อย, ค่าเฉลี่ย1.00–1.80 = น้อยที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

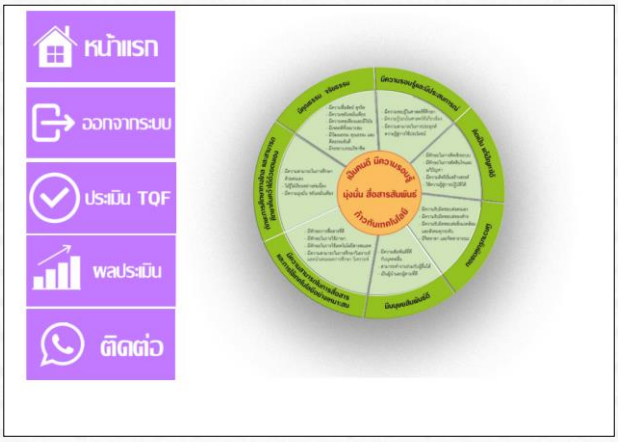
3.1 ผลการทดลอง

ประเด็นที่ 1 ผลการพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษา หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

การพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์ด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, ภาษา HTML ใช้หลักการวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) แสดงรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินผลการเรียนรู้ มีความสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจ และรายงานข้อมูลด้วย Google Data Studio ซึ่งเป็นรายงานสรุปผลประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านคุณธรรมและจริยธรรม 2) ด้านความรู้ 3) ด้านทักษะทางปัญญา 4) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และความรับผิดชอบ และ 5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเว็บไซต์สามารถเข้าใช้งานผ่านระบบออนไลน์ผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยเผยแพร่เว็บไซต์ผ่าน URL (https://tqf1237.000webhostapp.com/) สำหรับตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 5-9



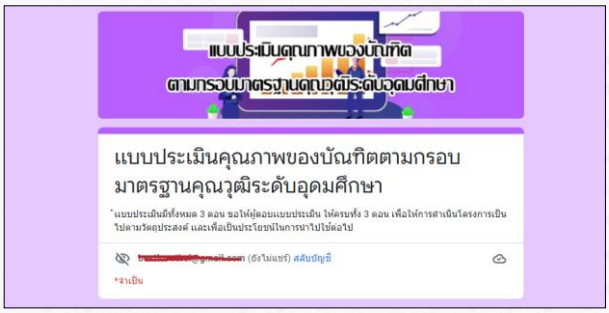
ภาพที่ 5 หน้าแรกของเว็บไซต์



ภาพที่ 6 หน้าหลักของเว็บไซต์



ภาพที่ 7 เข้าสู่ระบบและสมัครสมาชิก



ภาพที่ 8 หน้าเว็บไซต์สำหรับประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้



ภาพที่ 9 หน้าเว็บไซต์แสดงการรายงานผลด้วย Google Data Studio

ประเด็นที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษา หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

ผลการประเมินคุณภาพเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยโดยรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D.=0.71) เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า ข้อมูลเผยแพร่ได้อย่างเหมาะสมและการใช้สีบนเว็บไซต์อย่างเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยในจำนวนที่เท่ากัน คุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.33, S.D.=0.57) รองลงมา เว็บไซต์ใช้งานสะดวก และไม่ซับซ้อน ความเสถียรภาพในการเข้าใช้และงานความถูกต้องในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยในจำนวนที่เท่ากัน คุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.00, S.D.=1.00) และภาพและองค์ประกอบสื่อความหมายได้ตรงไปตรงมา เว็บไซต์แสดงถึงความน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัยในการเข้าใช้ มีค่าเฉลี่ยในจำนวนที่เท่ากัน คุณภาพอยู่ในระดับมาก($\bar{x}$ = 3.67, S.D.=0.57) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพ (n=3)

ประเด็นประเมินคุณภาพ	ระดับคุณภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
1. รูปแบบองค์ประกอบของเว็บไซต์มีความเหมาะสม	3.33	0.57	ปานกลาง
2. ประสิทธิภาพความรวดเร็วในการตอบสนอง	3.33	0.57	ปานกลาง
3. เว็บไซต์ใช้งานสะดวก และไม่ซับซ้อน	4.00	1.00	มาก
4. ภาพและองค์ประกอบสื่อความหมายได้ตรงไปตรงมา	3.67	0.57	มาก
5. เว็บไซต์แสดงถึงความน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัยในการเข้าใช้	3.67	0.57	มาก
6. ข้อมูลเผยแพร่ได้อย่างเหมาะสม	4.33	0.57	มากที่สุด
7. ความเสถียรภาพในการเข้าใช้งาน	4.00	1.00	มาก
8. การใช้สีบนเว็บไซต์อย่างเหมาะสม	4.33	0.57	มากที่สุด
9. ความถูกต้องในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บไซต์	4.00	1.00	มาก
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	**3.85**	**0.71**	**มาก**

ประเด็นที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษา หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.75, S.D.=0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า

ด้านประสิทธิภาพ ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.81, S.D.=0.36) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ประเด็นที่มีคะแนนสูงสุด มีระบบค้นหาข้อมูลสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ง่าย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.97,S.D.=0.18) ระบบใช้งานสะดวก และไม่ซับซ้อน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.93,S.D.=0.25) และเว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือและแสดงถึงการจัดการระดับความปลอดภัยได้ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.90,S.D.=0.30) ตามลำดับ

ด้านการใช้บริการข้อมูล ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.70, S.D.=0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ประเด็นที่มีคะแนนสูงสุด ความเป็นปัจจุบัน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.90, S.D.=0.30) ผู้ใช้งานได้รับประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.80, S.D.=0.48) และความครบถ้วนความสมบูรณ์ของข้อมูลสารสนเทศพึงพอต่อความต้องการ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.77, S.D.=0.43) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (n=30)

ประเด็นประเมินความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
1. ด้ายการใช้บริการข้อมูล	**4.70**	**0.48**	**มากที่สุด**
1.1 ความครบถ้วน ความสมบูรณ์ของข้อมูลสารสนเทศพึงพอต่อความต้องการ	4.77	0.43	มากที่สุด
1.2 ความเป็นปัจจุบัน	4.90	0.30	มากที่สุด
1.3 ความน่าเชื่อถือของข้อมูล	4.47	0.50	มากที่สุด
1.4 การจัดหมวดหมู่เนื้อหาให้ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจเข้าใจ	4.53	0.57	มากที่สุด
1.5 ความน่าสนใจของข้อมูลสารสนเทศ	4.73	0.52	มากที่สุด
1.6 รูปแบบการแสดงผลบนจอภาพเหมาะสมและสวยงาม สามารถแสดงผลได้ในอุปกรณ์พกพา	4.70	0.53	มากที่สุด
1.7 ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร มีความสวยงามและอ่านได้ง่าย	4.70	0.53	มากที่สุด
1.8 ผู้ใช้งานได้รับประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศ	4.80	0.48	มากที่สุด
2. ด้านประสิทธิภาพ	4.81	0.36	**มากที่สุด**
2.1 ระบบใช้งานสะดวก และไม่ซับซ้อน	4.93	0.25	มากที่สุด
2.2 มีระบบค้นหาข้อมูลสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้ง่าย	4.97	0.18	มากที่สุด
2.3 รูปแบบของเมนูมีความเหมาะสม	4.60	0.49	มากที่สุด
2.4 ประสิทธิภาพความเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.70	0.46	มากที่สุด
2.5 ระบบมีเสถียรภาพสามารถเข้าใช้งานได้ตลอดเวลา	4.67	0.47	มากที่สุด
2.6 ข้อมูลที่เผยแพร่สู่ภายนอกมีความเหมาะสม	4.83	0.37	มากที่สุด
2.7 ข้อความในเว็บไซต์ถูกต้องตามหลักภาษาไทย และไวยกรณ์	4.87	0.34	มากที่สุด
2.8 ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายได้	4.77	0.43	มากที่สุด
2.9 ความถูกต้องในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในระบบ	4.86	0.35	มากที่สุด
2.10 เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือและแสดงถึงการจัดการระดับความปลอดภัยได้	4.90	0.30	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน	**4.75**	**0.42**	**มากที่สุด**

3.2 อภิปรายผล

1) การพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ผู้วิจัยพัฒนาเว็บไซต์ด้วยโปรแกรม Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, ภาษา HTML ใช้หลักการวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) [7] โดยเริ่มจากขั้นกำหนดปัญหา นำไปสู่การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค ต้นทุน และการปฏิบัติงานเพื่อทำการวิเคราะห์ จากนั้นผู้วิจัยทำการออกแบบสำหรับการใช้งานภายในเว็บไซต์ และนำสิ่งที่ได้จากการออกแบบไปสู่ขั้นตอนของการพัฒนาเว็บไซต์ และเมื่อผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์เสร็จสิ้นแล้ว ได้มีการทดสอบการติดตั้งพร้อมทั้งจัดทำคู่มือการใช้งานเว็บไซต์ประกอบให้กับผู้ใช้งาน เว็บไซต์ที่พัฒนามีผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ทดสอบเว็บไซต์ จำนวน 3 ท่าน จนแน่ใจว่าเว็บไซต์สามารถใช้งานได้ดี แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนของการบำรุงรักษา ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ดำเนินการหลังจากที่เว็บไซต์ได้ถูกส่งมอบไปแล้ว ผู้วิจัยยังคงคอยติดตามและตรวจสอบการทำงานของระบบอย่างต่อเนื่อง เมื่อได้เว็บไซต์ที่ใช้งานได้ดีแล้วจึงนำไปทดลองใช้งานกับกลุ่มเป้าหมายและให้ผู้ใช้ตอบแบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 30 คน

นอกจากกระบวนการที่ผู้วิจัยใช้หลักการวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศแล้ว ยังได้ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมหลักการ Responsive Web Design ซึ่งหลักการนี้จะช่วยให้เว็บไซต์ที่พัฒนาเป็นเว็บไซต์ที่สามารถรองรับการใช้งานผ่านทุกอุปกรณ์บนเครือข่ายที่มีการปรับเปลี่ยนหน้าจอตามอุปกรณ์ที่ใช้งานแตกต่างกันออกไป และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้หลักการออกแบบเว็บไซต์ ซึ่งมี 3 รูปแบบ ได้แก่ การออกแบบเว็บไซต์ที่เน้นการนำเสนอเนื้อหา, การออกแบบเว็บไซต์ที่เน้นภาพกราฟริก, และการออกแบบเว็บไซต์ที่มีทั้งภาพและเนื้อหา ทางผู้วิจัยเลือกการออกแบบเว็บไซต์ที่มีทั้งภาพและเนื้อหาเพื่อให้ตรงตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ นอกจากประเด็นหลักการออกแบบเว็บไซต์แล้ว ยังมีประเด็นเรื่องฐานข้อมูลที่ใช้ระบบฐานข้อมูล MySQL เป็นฐานข้อมูลในการเก็บข้อมูลชื่อผู้ใช้กับรหัสผ่านที่ผู้ใช้งานต้องสมัครก่อน จึงจะสามารถเข้าใช้งานประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ TQF และตรวจสอบผลการประเมินได้จาก Google Data Studio จากกระบวนการและขั้นตอนพร้อมทั้งแนวคิดหลักการที่ผู้วิจัยนำมาปรับใช้จึงส่งผลให้เว็บไซต์นั้นมีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน สารสนเทศที่ประมวลผลมีความถูกต้องและปลอดภัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้กระบวนการประมวลผลเพื่อรายงานสรุปผลเป็นไปด้วยความรวดเร็วแบบ Real Time จากการพัฒนาจึงสะท้อนให้เห็นว่าระบบสารสนเทศมีบทบาทและมีความสำคัญต่อการขับเคลื่อนกิจกรรมต่าง ๆ ในหลากหลายมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานด้านการบริหารจัดการหลักสูตรที่มีการนำมาปรับใช้กับการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ TQF จึงส่งผลให้ระบบการประเมินผลทำได้อย่างรวดเร็ว ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และยังสามารถรองรับการใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนได้[8] นอกจากนี้แล้วเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นยังสามารถช่วยเก็บข้อมูลและการรายงานผลที่รวดเร็ว ถูกต้องและเป็นปัจจุบัน[9]

2) การประเมินคุณภาพเว็บไซต์โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D.=0.71) จากผลประเมินทำให้เห็นได้ว่าผู้พัฒนาได้แบ่งระยะการพัฒนาเว็บไซต์ออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะการวิเคราะห์เว็บไซต์ ระยะการออกแบบเว็บไซต์ และระยะการตรวจสอบคุณภาพของเว็บไซต์ นำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) จนได้เว็บไซต์ที่มีคุณภาพซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บไซต์การประเมินสมรรถนะในการปฏิบัติการพยาบาลของนักศึกษาพยาบาล[10] โดยเว็บไซต์มีกระบวนการทำงานที่ประกอบด้วย 1) ปัจจัยนำเข้า 2) กระบวนการ และ 3) ผลผลิต คุณภาพของเว็บไซต์มีคุณภาพครอบคลุมทั้ง 4 ด้าน คือ ระบบใช้ได้จริง มีความเหมาะสม มีประโยชน์ และมีความถูกต้อง

3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 30 คน พบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.70, S.D.=0.48) ซึ่งจากผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่าผู้วิจัยมีการพัฒนาเว็บไซต์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ตรงกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจนได้เว็บไซต์ที่พึงพอใจในการใช้งานสูง อีกทั้งเว็บไซต์มีการออกแบบที่มีทั้งภาพและเนื้อหาตามที่ออกแบบไว้ เว็บไซต์นี้สามารถนำมาใช้เป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการทำงาน ช่วยสนับสนุนประสิทธิภาพด้านการใช้ทคโนโลยีสารสนเทศของสถาบันการศึกษาที่ได้ลงทุนไปแล้วให้เกิดความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่เห็นความสำคัญของใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการศึกษา โดยไดกำหนดใหมีการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคการศึกษาใหเป็นสวนหนึ่งของกลยุทธที่สำคัญของการพัฒนาองคกร การสรางมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาที่ไลงทุนไป แลวใหมีการใชงานที่เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด โดยการสรงระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ และการพัฒนาบุคลากรที่มีคุณภาพ[11]

4. บทสรุป

การพัฒนาเว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ กรณีศึกษาหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ผู้วิจัยพัฒนาเว็บไซต์ด้วยโปรแกรม

Adobe Dreamweaver CS6, Google Data Studio, Google Form, Adobe Photoshop CS6, ภาษา HTML ใช้หลักการวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) จากนั้นประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน สามารถสรุปผลการวิจัย ออกเป็น 3 ประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 เว็บไซต์ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้สามารถใช้ได้จาก https://tqf1237.000webhostapp.com/ เข้าใช้งานได้แบบออนไลน์ผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์แสดงปุ่มในหน้าเพจเพื่อนำไปสู่การประเมิน ซึ่งเว็บไซต์ประกอบด้วยข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินผลการเรียนรู้ มีความสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้เข้าประเมิน ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจ และพิมพ์รายงานสรุปผลประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านคุณธรรมและจริยธรรม 2) ด้านความรู้ 3) ด้านทักษะทางปัญญา 4) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และความรับผิดชอบ และ 5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ประเด็นที่ 2 คุณภาพของเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.85, S.D.=0.71)

ประเด็นที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.70, S.D.=0.48)

เว็บไซต์ถือว่าเป็นสิ่งที่ใช้นำเสนองานในรูปแบบที่ผู้วิจัยออกแบบ ซึ่งได้นำเทคโนโลยีเว็บไซต์มาพัฒนาเป็นเว็บประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ และรายงานผลออกมาด้วยเครื่องมือ Google Data Studio เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการรายงานผล จากผลงานวิจัยนี้เป็นเพียงการนำเทคโนโลยีเว็บไซต์มาพัฒนาเป็นเว็บประเมินการเรียนรู้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเว็บไซต์ที่ได้พัฒนาขึ้นจะสามารถเป็นเครื่องมือในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) ของหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูล ประมวลผล และได้สารสนเทศที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือ[12]

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาที่มีประโยชน์ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณามาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ในหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ให้ความรู้ตรวจสอบแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณบุคลากรที่เข้าใช้งานเว็บไซต์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงท่านอื่น ๆ ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องของข้อมูล และการสนับสนุนในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีในการทำวิจัยเล่มนี้เสมอ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่าน และผู้ที่สนใจทั่วไปและสามารถก่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วศิน เพิ่มทรัพย์. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. โปรวิชั่น, กรุงเทพฯ. 2563.

[2] นิรุตต์ จรเจริญ. การจัดการธุรกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล. โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ. 2564.

[3] Turban, E. & Volonino, L. Information Technology for Management, 8th ed. Wiley & Sons, Pte Ltd, Asia. 2012.

[4] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (1 มกราคม 2565). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13. สืบค้นจาก https://www.nesdc.go.th/download/document/Yearend/2021/plan13.pdf.

[5] สมาคมผู้ดูแลเว็บไทย. (1 มกราคม 2565). เว็บไซต์คืออะไร. สืบค้นจาก https://www.webmaster.or.th/website.

[6] สุพรรษา ยวงทอง. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. โปรวิชั่น, กรุงเทพฯ. 2557.

[7] สุพรรษา ยวงทอง. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. โปรวิชั่น, กรุงเทพฯ. 2557.

[8] สุวนิตย์ รุ่งราตรี. การพัฒนาระบบสารสนเทศด้านการประกันคุณภาพการศึกษา ระดับหลักสูตร ตามเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ปี พ.ศ. 2557 ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. วารสารวิจัยราชภัฏกรุงเก่า.5 (2561)61-68.

[9] นรินทร์ พนาวาส, จิราภรณ์ ชมยิ้ม, สุธางศ์ทิพท์ ศรีนาวาวงศ์ และสิทธิพงศ์ พุทธวงษ์. การพัฒนาระบบประกันคุณภาพการศึกษาภายในออนไลน์ สำหรับมหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี.18(2564)1-11.

[10] รุ่งฤดี กล้าหาญ และพรทิพย์ ไชยโส. รุ่งฤดี กล้าหาญ,พรทิพย์ ไชยโส.การพัฒนาเว็บไซต์การประเมินสมรรถนะในการปฏิบัติการพยาบาลของนักศึกษาพยาบาล.วารสารพยาบาลมหารบก.14(2556)1-58.

[11] อำไพ ยงกุลวณิช, ทองใบ สุดชารี, เอื้อน ปิ่นเงิน และทิวัตถ์ มณีโชติ. การพัฒนาเว็บไซต์สารสนเทศสำหรับประเมินและส่งผลการเรียน. วารสารวิชาการและวิจัย มกร.พระนคร.6(2555)58-67.

[12] ไอแพลน ดิจิทัล. Google Data Studio. (26 กุมภาพันธ์ 2564). สืบค้นจาก https://iplandigital.co.th/google-analytics/what-is-google-data-studio/.

การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าด้วยระบบโฟลอินเจ็คชัน สำหรับตรวจวัดมอร์รินในกระชาย ด้วยเซนเซอร์คาร์บอนไส้ดินสอ

Electrochemical Flow Injection Analysis for Morin Determination in Finger Root by Pencil Carbon Sensor

พิมพ์นิภา ป้องท้าว[1] อนุรักษ์ จิตต์บึงพร้าว[1] ธานินทร์ แตงกวารัมย์[2] และ อัญชนา ปรีชาวรพันธ์[1*]

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
*Email: anchanaph@psru.ac.th

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้การพัฒนาระบบโฟลอินเจ็คชันร่วมกับเทคนิคแอมเปอร์โรเมตรีสำหรับการวิเคราะห์มอร์รินบนด้วยอัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที โดยศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีเปรียบเทียบระหว่างขั้วไฟฟ้าแกลสสิคาร์บอน และขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน พบว่าขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอให้ค่าความสูงของความหนาแน่นกระแสงมากกว่าขั้วไฟฟ้าแกลสสิคาร์บอนถึง 10 เท่า และพบศักย์ไฟฟ้าในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ 0.21 และ 0.80 V เมื่อนำเซนเซอร์คาร์บอนไส้ดินสอไปต่อกับระบบโฟลอินเจ็คชันร่วมกับเทคนิคแอมเปอร์โรเมตรีสำหรับการตรวจวัดมอร์ริน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมพบว่า ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.9 โวลต์ สามารถวิเคราะห์มอร์รินได้ในช่วงของความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.5-700 ไมโครโมลาร์ ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดอยู่ที่ 0.2 ไมโครโมลาร์ และสามารถนำระบบไปประยุกต์สำหรับตรวจวัดมอร์รินในตัวอย่างน้ำกระชายได้

คำสำคัญ: ระบบการวิเคราะห์โฟลอินเจ็คชัน แอมเปอร์โรเมตรี ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอ น้ำกระชาย

Abstract

In this research was developed flow injection analysis couple with amperometry for respect to morin detection at the flow rate 1 mL/min. Cyclic voltammetry was investigated the electrochemical mechanism of morin at glassy carbon and pencil carbon electrodes. The result was found that the pencil carbon electrode showed current density higher than glassy carbon for 10 times and occurred 2 oxidation potentials at 0.21 and 0.80 V. The pencil carbon sensor was used in system of flow injection analysis couple with amperometry for morin determination. The optimum potential was received at 0.9 V for morin determination. The developed system was exhibited with wide linear range 0.5-700 μM and low detection limit at 0.2 μM. Moreover, the developing system was applied to morin determination in Finger root samples.

Keywords: Flow injection analysis, Amperometry, pencil carbon electrode, Finger root

1. บทนำ

ปัจจุบันสารประกอบฟลาโวนอยด์ได้รับความสนใจอย่างมาก กระชายเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านที่มีการใช้เป็นอาหารและมายาวนาน ภูมิปัญญาพื้นบ้านใช้แก้โรคที่เกิดในปาก เช่น ปากเปื่อย ปากเป็นแผล รักษาอาการจมูกไม่ได้กลิ่น ไซนัสอักเสบ ช่วยย่อยอาหาร และกระชายขาวมีฤทธิ์ในการต้านไวรัสทั้งในระยะก่อนและหลังการติดเชื้อที่ช่วยยับยั้งการแบ่งตัวของเชื้อไวรัสโควิด-19[1] กระชายขาวเป็นสมุนไพรภูมิปัญญาพื้นบ้านที่นำมาใช้ประโยชน์ได้หลายส่วน ไม่ว่าจะเป็นเหง้า ราก และใบ นิยมนำมาต้มดื่มเพื่อรักษาอาการเจ็บป่วย โดยใส่มะนาว หรือน้ำผึ้งเพิ่มเติมลงไป เพื่อลดความขมของเหง้ากระชายขาวสด บ้างก็นำมาบดทำเป็นยาในทางแพทย์แผนไทย โดยมีสรรพคุณสร้างภูมิคุ้มกัน เหง้า (ลำต้นใต้ดิน) มีรสเผ็ดร้นขม แก้โรคอันเกิดในปาก แก้มุตกิด แก้ลมอันบังเกิดแก่กองหทัยวาต แก้โรคในปากเปื่อย ปากแตกเป็นแผล ปากแห้ง ขับระดูขาว แก้ใจสั่นหวิว บำรุงหัวใจ แก้ไอ แก้ปวดมวลในท้อง ราก (นมกระชาย) มีรสเผ็ดร้อนขม มีสรรพคุณคล้ายโสม แก้กามตายด้าน บำรุงความรู้สึกทางเพศ ทำให้กระชุ่มกระชวย ใบ มีรสร้อนเฝื่อน แก้โรคในปาก บำรุงธาตุ ถอนพิษต่างๆ[2] กระชายขาวมีฤทธิ์ต้านที่สูงมาก ประกอบด้วยสารสำคัญ 2 ชนิด ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อในหลอดทดลองอย่างได้ผล ได้แก่ Panduratin A และ Pinostrobin โดยจะทำหน้าที่เป็นกลไกต้านเชื้อโควิด-19 ทั้งลดจำนวนเซลล์ที่ติดเชื้อ และยับยั้งการผลิตไวรัสออกมาจากเซลล์ มอร์รินจัดเป็นฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่งที่มีทั่วไปในสมุนไพรไทยมีหน้าที่ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์มีสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันความเจ็บปวดป้องกันแบคทีเรียต้านการอักเสบป้องกันหลอดเลือด น้ำตาลในเลือดลดและต่อต้านความเครียด[3] เทคนิคแอมเปอโรเมตรี(Amperometric technique) เป็นเทคนิคทางเคมีวิเคราะห์เชิงไฟฟ้าที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาเคมีและการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า โดยการเกิดปฏิกิริยาเคมี ต้องอาศัยการให้ค่าความต่างศักย์ที่คงที่ในรูปแบบลิเนียร์ สแกน (Linear scan) จากนั้นวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เทคนิคแอมเปอโรเมตรีเป็นเทคนิคย่อยของโวลแทมเมตรีซึ่งการวิเคราะห์ที่ได้อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างการให้ค่า ความต่างศักย์แก่ระบบ เมื่อปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นจะทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าเช่นเดียวกับเทคนิคย่อยอื่นๆ ของโวลแทมเมตร[4]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจประโยชน์จากสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์โดยจะวิเคราะห์มอร์ริน ในตัวอย่างของสารสกัดกระชายโดยใช้ระบบโฟลอินเจ็คชันร่วมกับการตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้าเทคนิคแอมเปอร์โรเมตรี[5]

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 สารเคมี และเครื่องมือ

ชุดกรอง และแผ่นกรองไนลอนรูพรุน 0.45 µm สำหรับกรองเฟสเคลื่อนที่ Syringe membrane filter 0.45 µm สำหรับกรองตัวอย่างก่อนฉีดเข้าระบบการตรวจวัดโฟลอินเจ็คชัน ขั้วไฟฟ้าแกลสสิคาร์บอน (CH Instruments) ไส้ดินสอกด (STAEDTLER, เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 mm, พื้นที่ผิวที่สัมผัสสารละลาย 0.0020 cm^2) เอทานอล (Ethanol absolute anhydrous (C_2H_5OH) 99.9 % เกรด HPLC; บริษัท CARLO ERBA) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide; NaOH) บริษัท RCI Labscan โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟส (Sodium hydrogen phosphate; Na_2HPO_4) และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส (Sodium dihydrogen phosphate; NaH_2PO_4) จากบริษัท SIGMA น้ำปราศจากไอออน (DI water) ผลิตจากเครื่อง Milli-Q สารมาตรฐานมอร์ริน(Morin hydrate; $C_{15}H_6O_7$. H_2O; MW 302.2357 g/mol) บริษัท sigma-aldrich ตัวอย่างน้ำกระชาย ได้แก่ น้ำผสมกระชาย น้ำกระชายสดต้ม และน้ำกระชายสดปั่น

เครื่องโพเทนชิโอสแตท (CHI) เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียด รุ่น Toledo P-3 บริษัท Mettler ประเทศสวิทเซอร์แลนด์ เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter): รุ่น MP 220, บริษัท Toledo, ประเทศอังกฤษ เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน (Hotplate Stirrer) เครื่องปั่น และการวิเคราะห์ด้วยระบบโฟลอินเจ็คชัน โดยใช้ระบบปั๊มจากเครื่อง HPLC และอินเจ็คชันปริมาตร 20 µL จากบริษัท PerkinElmer

2.2 ศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าของมอร์ริน

ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอได้จากการสร้างขั้วขึ้นมาเอง นำไส้ดินสอกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 mm ใส่ลงในปิเปตทิป และนำกาวอีพ็อกซีใสลงในปิเปตทิป โดยให้ใส่ดินสออยู่ระหว่างกลาง และปล่อยให้กาวแห้งจะได้ขั้วคาร์บอนไส้ดินสอที่รูปโครงคล้ายๆ ดินสอ [5], [6]

นำสารละลาย 0.5 mM มอร์รินที่มี 0.05 M ฟอสเฟตบัฟเฟอร์เป็นสารละลายอิเล็คโตรไลต์ เติมลงไปในเซลล์เคมีไฟฟ้าที่ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน ได้แก่ ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอ และขั้วไฟฟ้าแกลสสิคาร์บอน ขั้วไฟฟ้าช่วยคือสแตนเลสสตีล และขั้วไฟฟ้าอ้างอิงคือซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ต่อกับเครื่องวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า ตรวจวัดด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี ให้ช่วงของศักย์ไฟฟ้าสำหรับการตรวจวัดเป็น 0.1-1.2 V ที่อัตราการสแกน 1.0 V/s และทำการตรวจวัด

2.3 การหาศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดระบบโฟลอินเจ็คชัน

ตั้งระบบโฟลอินเจ็คชันโดยให้อัตราการไหลของสารละลายเป็น 1 mL/min มีขั้วไฟฟ้าทำงานเป็นขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอ ขั้วไฟฟ้าช่วยเป็นสแตนเลสสตีล และขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเป็นซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ต่อกับเครื่องวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า มีเฟสเคลื่อนที่เป็นฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 M (pH 7) ตรวจวัดด้วยเทคนิคแอมเปอร์โรเมตรี ให้ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าทำงานตามลำดับดังนี้ 0.1, 0.2, 0.3,....,1.0 V เมื่อเบสไลต์นิ่งจะเริ่มฉีดสารละลายมาตรฐานมอร์รินความเข้มข้น 0.5 mM เติมลงไปในเซลล์เคมีไฟฟ้า ด้วยปริมาตร 20 µL [7]

2.4 การหาช่วงของความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงสำหรับตรวจวัดมอร์รินด้วยระบบโฟลอินเจ็คชัน

การหาช่วงของความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นตั้งแต่ 0.5 – 700 µM ตั้งระบบโฟลอินเจ็คชันเช่นเดียวกับวิธีการทดลองข้อ 2 ให้ศักย์ไฟฟ้ากับขั้วไฟฟ้าทำงานคาร์บอนไส้ดินสอเป็น 0.9 V และ อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 mL/min และปริมาตรสารที่ฉีดเท่ากับ 20 µL จากนั้นนำค่าความหนาแน่นกระแสจากการตรวจวัดมอร์รินในแต่ละความเข้มข้นมาพลอตกราฟเพื่อหาค่า R^2 และสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานมอร์รินกับความหนาแน่นกระแส โดยค่า R^2 ที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 0.95 การวิเคราะห์ LOD โดยนำบัฟเฟอร์ฉีดเข้าระบบโฟลอินเจ็คชัน ให้ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าทำงานเท่ากับ 0.9 V ใช้อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 mL/min และปริมาตรสารที่ฉีดเท่ากับ 20 µL ทำการฉีดบัฟเฟอร์ซ้ำอีก 19 ครั้ง เพื่อนำไปคำนวณวิเคราะห์หา LOD [7]

2.5 การสกัดสารจากตัวอย่างกระชาย

ตัวอย่างกระชายมีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ได้แก่น้ำผสมกระชายสำเร็จรูป น้ำกระชายสดต้มในกระชาย และน้ำกระชายสดปั่น โดยศึกษาร้อยละการกลับคืน และหาปริมาณมอร์รินในตัวอย่างน้ำกระชาย

ตัวอย่างที่ 1 น้ำผสมกระชายสำเร็จรูป นำตัวอย่างมาเจือจาง โดยขวดที่ 1 จะเป็นตัวอย่าง 50 µl ผสมกับบัฟเฟอร์ 4,950 µl ในส่วนขวดที่ 2 และ 3 จะเป็นตัวอย่าง 50 µl กับ Standard (Morin ความเข้มข้น 0.5 mM) 25 และ 50 µl ตามลำดับ และผสมบัฟเฟอร์ 4,925 และ 4,900 µl ตามลำดับ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ฉีดเข้าระบบโฟลอินเจ็คชัน เพื่อหาร้อยละการกลับคืน

ตัวอย่างที่ 2 น้ำกระชายสดต้ม นำกระชายชั่งจำนวน 30 g และนำมาหั่นเป็นชิ้นๆ จากนั้นนำน้ำใส่บีกเกอร์ 100 mL แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 60 องศา จากนั้นรอน้ำเดือดและนำกระชายใส่ลงในน้ำที่เดือด และเมื่อกระชายต้มจนได้ปริมาณที่เข้มข้น นำมาพักทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1 จากนั้นนำมาปรับปริมาตร 100 mL จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ปริมาตร 50 µl มาเจือจางปรับปริมาตร ด้วยบัฟเฟอร์เป็น 5 mL จากนั้นนำไปวิเคราะห์ฉีดเข้าระบบโฟลอินเจ็คชัน

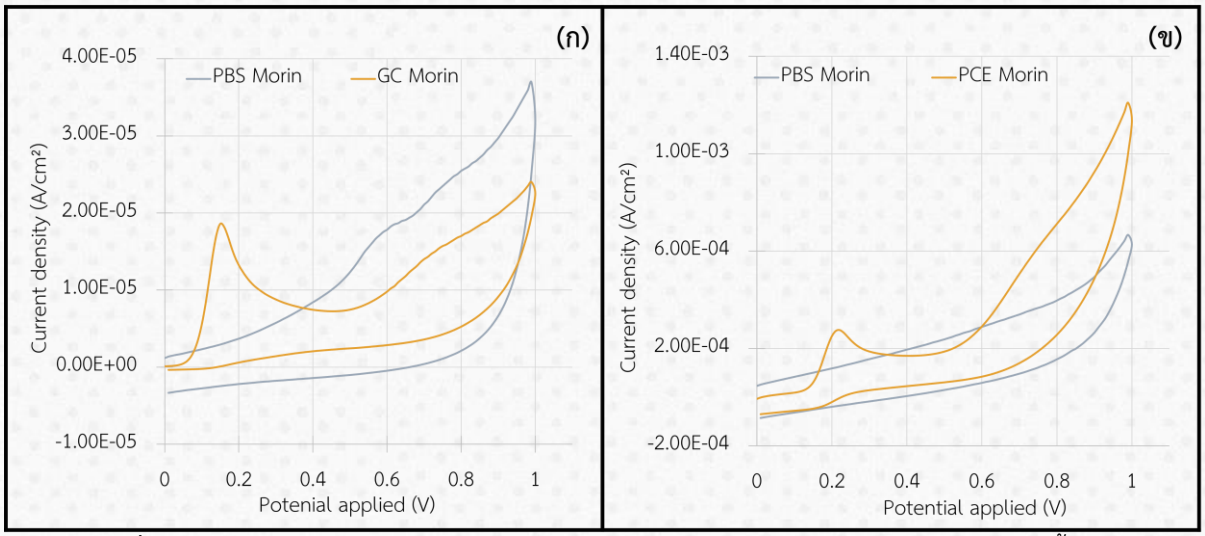
ตัวอย่างที่ 3 น้ำกระชายสดปั่น นำกระชายหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำกระชายใส่ในเครื่องปั่นและปั่นให้กระชายให้ละเอียดมากที่สุด นำกระชายมากรองด้วยผ้ากรองสีขาว จากนั้นนำน้ำกระชายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และดูดน้ำกระชายสดปริมาตร 1 mL ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL จากนั้นนำตัวอย่างเจือจางที่ได้มาเจือจางอีกครั้ง

โดยนำตัวอย่างปริมาตร 50 µl มาเจือจางปรับปริมาตร ด้วยบัฟเฟอร์เป็น 5 mL จากนั้นนำไปวิเคราะห์ฉีดเข้าระบบโฟลอินเจ็คชัน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าของมอร์ริน

เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรีจัดเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ สามารถศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าได้ การตรวจวัดมอร์รินความเข้มข้น 0.5 mM ในอิเล็คโตรไลต์ 0.5 M ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีบนขั้วไฟฟ้าแกลสสิคาร์บอน และขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน ขั้วไฟฟ้าสแตนเลสสตีลเป็นขั้วไฟฟ้าช่วย และขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ได้ผลของไซคลิกโวลแทมโมแกรมดังภาพที่ 1 โดยพบว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน 2 ตำแหน่ง คือที่ศักย์ไฟฟ้า 0.17 และ 0.75 V บนขั้วไฟฟ้าแกลสสิคาร์บอน (ภาพที่ 1 (ก)) และพบว่าความหนาแน่นกระแสของพีคที่ตำแหน่งศักย์ไฟฟ้า 0.17 V สูงกว่าที่ตำแหน่งของศักย์ไฟฟ้า 0.75 V และเมื่อเทียบกับสัญญาณอิเล็คโตรไลต์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.0 สังเกตได้ว่าเมื่อศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้นกระแสของอิเล็คโตรไลต์ก็สูงขึ้นเช่นเดียวกัน สำหรับขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอ (ภาพที่ 1 (ข)) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ศักย์ไฟฟ้า 0.21 และ 0.80 V ความสูงของความหนาแน่นกระแสที่ตำแหน่งศักย์ไฟฟ้า 0.75 V สูงกว่าที่ศักย์ไฟฟ้า 0.21 V เมื่อเทียบความสูงของความหนาแน่นกระแสระหว่าง 2 ขั้วไฟฟ้า พบว่าขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอมีความหนาแน่นกระแสมากกว่าถึง 10 เท่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนไส้ดินสอเพื่อนำไปหาปริมาณของมอร์รินด้วยระบบโฟลอินเจ็คชันต่อไป [5]

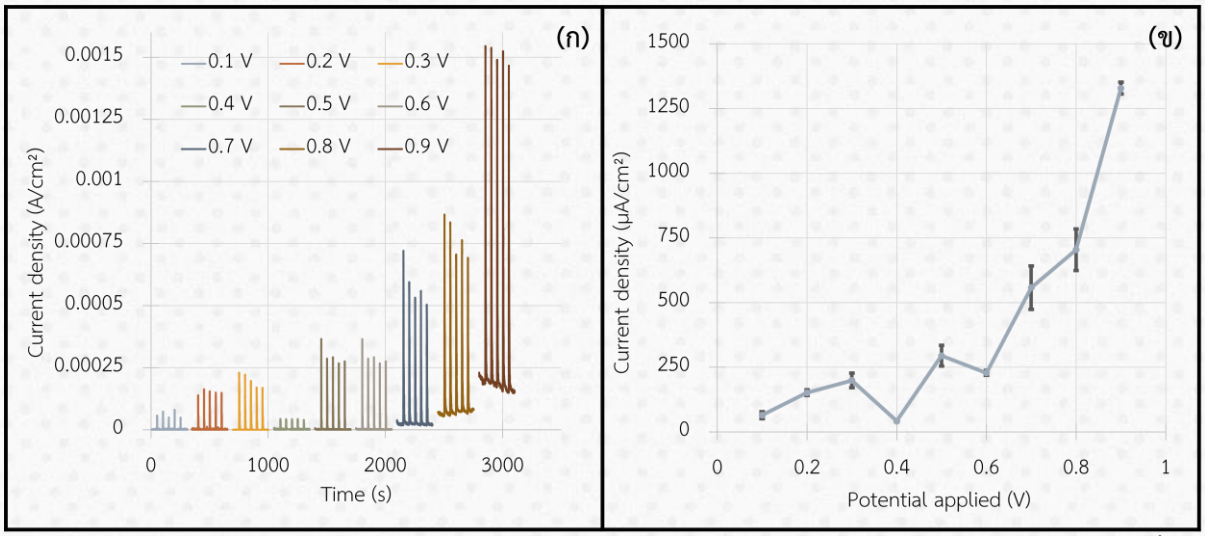


ภาพที่ 1 ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายมาตรฐานมอร์รินความเข้มข้น 0.5 mM ตรวจวัดด้วยขั้วไฟฟ้า (ก.) แกลสสิคาร์บอน และ (ข.) คาร์บอนไส้ดินสอ

3.2 การหาศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดมอร์รินด้วยระบบโฟลอินเจ็คชัน

สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าด้วยระบบโฟลอินเจคชันเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติร่วมกับเทคนิคแอมเปอร์โรเมตรี โดยจะมีสารละลายไหลอย่างต่อเนื่องภายในระบบท่อพลาสติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในขนาดเล็ก ที่ไม่มีช่องอากาศ ซึ่งตรวจวัดได้โดยการฉีดสารละลายมาตรฐานมอร์รินเข้าสู่เฟสเคลื่อนที่ไหลอยู่ในระบบท่ออย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสมและคงที่ สารละลายมาตรฐานมอร์รินจะไหลตามเฟสเคลื่อนที่ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7 เมื่อสารมาตรฐานไหลผ่านเข้าสู่โฟลธรูเซล์ (flow through cell) ของเครื่องตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า

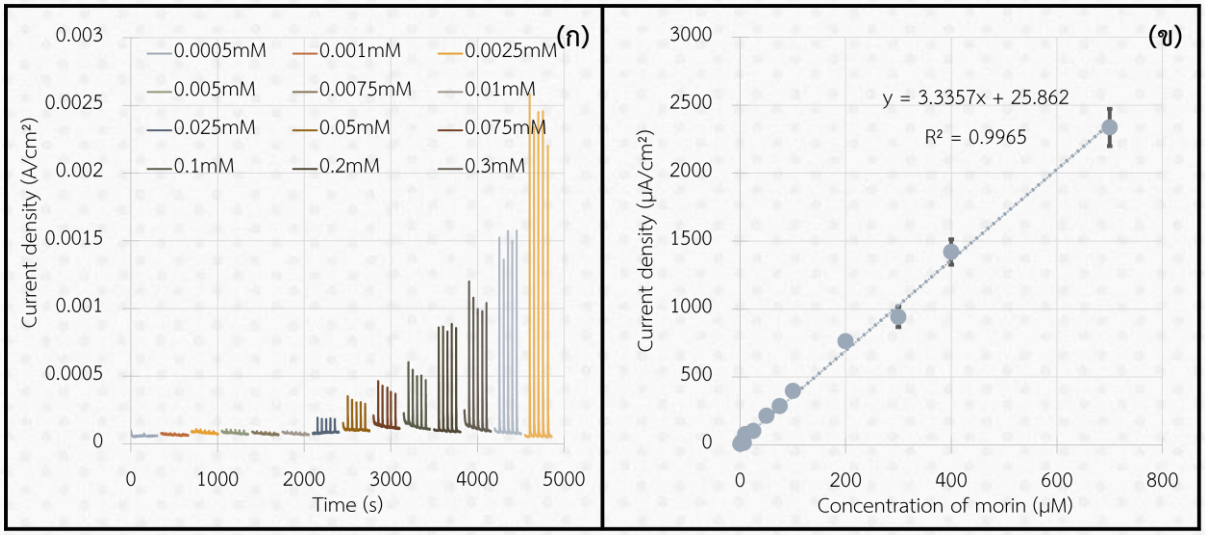
ขั้วไฟฟ้าทำงานจะตรวจวัดและจะให้สัญญาณของกระแสมีลักษณะเป็นพีค (peak) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา ความสูงพีคจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารที่เราวิเคราะห์ ดังนั้นในการวิเคราะห์เราต้องหาสภาวะของศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของมอร์รินในระบบโฟลอินเจคชันร่วมกับเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าแอมเปอร์โรเมตรี โดยจะให้ศักย์ไฟฟ้าในช่วง 0.1-1.0 V ได้ผลของไฮโดรโวลแทมโมแกรมดังภาพที่ 2 (ก.) จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแสกับเวลา เมื่อฉีดสารละลายมาตรฐานมอร์รินลงในระบบโฟลอินเจ็คชันที่ศักย์ไฟฟ้า 0.1 – 1.0 V ตรวจวัดด้วยเทคนิคแอมเปอร์โรเมตรี และภาพที่ 2 (ข.) เป็นการนำความสูงของความหนาแน่นกระแสมาหาค่าเฉลี่ย และหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จะเห็นได้ว่าความสูงของความหนาแน่นกระแสจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อศักย์ไฟฟ้าที่ตรวจวัดมอร์รินเพิ่มขึ้น ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.9 V ให้ความหนาแน่นกระแสสูงสุด ถ้าตรวจวัดมอร์รินที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้พบว่าค่าของความหนาแน่นกระแสก็สูงขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมจึงเลือกที่ 0.9 V [7],[8]



ภาพที่ 2 (ก.) ไฮโดรโวลแทมโมแกรนของมอร์ริน ที่อัตราการไหล 1 mL/min ตรวจวัดด้วยเทคนิคแอมเปอโรเมตรี ตั้งแต่ศักย์ไฟฟ้า 0.1 ถึง 0.9 V (ข.) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับความหนาแน่นกระแสที่ได้จากไฮโดรไดนามิกระบบโฟลอินเจ็คชันของการตรวจวัดมอร์ริน

3.3 การหาช่วงของความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงสำหรับตรวจวัดมอร์รินด้วยระบบโฟลอินเจ็คชัน

การสร้างกราฟความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานมอร์ริน โดยฉีดสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างกันดังนี้ 0.0005 0.001 0.0025 0.005 0.0075 0.01 0.025 0.05 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.7 mM แสดงโครมาโทแกรมในภาพที่ 3 (ก) เมื่อวิเคราะห์ผลแล้วสามารถ เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของความหนาแน่นกระแสกับความเข้มข้นของมอร์รินได้ผลดังภาพที่ 3 (ข) ซึ่งเป็นกราฟเส้นตรงของมอร์รินมีความสัมพันธ์ดังนี้ $y = 3.3357x + 25.862$ ด้วยค่า $R^2 = 0.9965$ ความชันของกราฟเท่ากับ 3.3357 μA cm^{-2} / μM ค่า LOD เท่ากับ 0.200 μM [8],[9]



ภาพที่ 3 (ก.) ไฮโดรไดนามิกแอมเปอโรแกรมของการตรวจวัดมอร์รินที่ศักย์ไฟฟ้า 0.9 V กราฟความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นกับความหนาแน่นของกระแสของสารละลายมาตรฐานมอร์ริน ตรวจวัดด้วยระบบโฟลอินเจ็คชันร่วมกับเทคนิคแอมเปอโรเมตรีที่ศักย์ไฟฟ้า 0.9 V

3.4 การสกัดสารจากตัวอย่างกระชาย

การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การกลับคืนของมอร์รินในตัวอย่างน้ำผสมกระชายสำเร็จรูปที่มีขายในร้านสะดวกซื้อได้ผลดังตารางที่ 1 โดยตรวจวัดภายในระบบโฟลอินเจ็คชันที่ได้พัฒนาขึ้นร่วมกับการตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า น้ำผสมกระชายที่มีการเติมสารมาตรฐาน 0 50 และ 100 μM มีการตรวจวัดได้ 369±67 427±77 และ472±129 μM ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่าร้อยละการกลับคืนจะได้ 103 - 116 อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ตารางที่ 2 ปริมาณมอร์รินในตัวอย่างกระชาย มีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง น้ำผสมกระชาย น้ำกระชายสดต้ม และน้ำกระชายสดปั่นเมื่อคำนวณย้อนกลับพบปริมาณของมอร์รินในแต่ละตัวอย่างคือ 22.509 %w/v 0.015 %w/w และ 0.010 %w/v ตามลำดับ [10]

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การกลับคืนและปริมาณมอร์รินในตัวอย่างน้ำกระชายสำเร็จรูปตรวจวัดภายในเซลล์เคมีไฟฟ้า

ชนิดตัวอย่าง	ความเข้มข้นของมอร์ริน		ร้อยละการกลับคืน
	เติมสารมาตรฐาน	การตรวจวัดได้	
น้ำผสมกระชาย	-	369±67	-
	50 μM	427±77	116
	100 μM	472±129	103

ตารางที่ 2 ปริมาณมอร์รินในตัวอย่างกระชาย

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณของมอร์ริน
น้ำผสมกระชาย	22.509 %w/v
น้ำกระชายสดต้ม	0.015 %w/w
น้ำกระชายสดปั่น	0.010 %w/v

4. บทสรุป

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารสำคัญมอร์รินด้วยระบบโฟลอินเจ็คชันร่วมกับเซนเซอร์คาร์บอนไส้ดินสอตัวตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้าด้วยเทคนิคแอมเปอร์โรเมทรีที่ศักย์ไฟฟ้า 0.9 V ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมพบว่า สามารถวิเคราะห์สารได้ ช่วงของความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.5-700 µM ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดอยู่ที่ 0.2 µM ผลจากการวิเคราะห์มีสภาพไวและความจำเพาะต่อการวิเคราะห์สูงสามารถนำไป ประยุกต์วิเคราะห์ มอร์รินในกระชายได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามประเภททุนพัฒนางานวิจัยแลนวัตกรรมเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพเศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG) ประจำปีงบประมาณ 2565 สัญญาทุนเลขที่ RDI-2-65-56

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Application MY THAIRATH. "กระชายขาว" สมุนไพรภูมิปัญญาไทย มีสรรพคุณอะไรบ้าง. (2565). สืบค้นจาก https://www.thairath.co.th/lifestyle/health-and-beauty/2157156.

[2] ข้อมูลพืชสมุนไพรคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2552 – 2558). สืบค้นจาก https://pharmacy.su.ac.th/herbmed/herb/text/.

[3] กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2020). สืบค้นจาก https://ttmic.co.th/กระชาย-ศักยภาพการพัฒ/

[4] อาทิตยา สามณฑา. เทคนิคแอมเปอโรเมตรี หลักการ อุปกรณ์และการประยุกต์ใช้. สืบค้นจาก http://scimooc.bsru.ac.th/file/article/20210228-132924.pdf.

[5] อัญชนา ปรีชาวรพันธ์, ชไมพร ไกรสร, ศุภสัณห์ พูลหน่าย และชณากรณ์ แก้วพนม. การวิเคราะห์แคเทชิน รูทิน มอริน และควอซิทินความเร็วสูงในใบมะรุม และใบชาอุหลง ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงร่วมกับตัวตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ “พิบูลสงครามวิจัย” และนิทรรศการ “การพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยว” จากท้องถิ่นสู่อาเซียน 2557, พิษณุโลก, 2557. 579-588.

[6] เอกราช ตาแก้ว และรัศมี ชัยสุขสันต์. ขั้วไฟฟ้าไส้ดินสอสำหรับการวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.* 16(2557)1-15.

[7] นุจรินทร์ อินทร์งาม และอัญชนา ปรีชาวรพันธ์. การตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าร่วมกับระบบโฟลอินเจคชัน อะนาไลซิสบนขั้วไฟฟ้าแกลสสิคาร์บอนที่ดัดแปรด้วยอนุภาคทองระดับนาโนเมตร. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ “พิบูลสงครามวิจัย” และนิทรรศการ “การพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยว” จากท้องถิ่นสู่อาเซียน 2557, พิษณุโลก, 2557. 515-522.

[8] พชร เมินหา. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน โดยวิธีซีเควนเชียลอินเจคชั่นอะนาลิซิสร่วมกับการตรวจวัดเชิงเคมีไฟฟ้า. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2556

[9] W. Chananchana, J. Junsomboon, M. Miró and J. Jakmunee. Flow Injection Amperometric Sensor for Expedient Determination of Orthophosphate in Soil and Water. *Chiang Mai J. Sci.* 48(2021) 301-311.

[10] ณัฐนนท์ อยู่สถิตย์ และชญาดา กลิ่นจันทร์. การวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ในใบสะระแหน่ ใบทับทิม และใบว่านแร้งคอดำ เพื่อแปรรูปเป็นชาสมุนไพร. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 2), กำแพงเพชร, 2559. 322-338.

เว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก กรณีศึกษา ชูโชคอพาร์ทเมนท์

Web Application for Booking and Reviewing Rooms Case Study: Choochok Apartment

พงศ์จักร์ บุญมา[1] ชัชชวิน งามดี[1] และ ธิดาวรรร คล้ายศรี[1*]

[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: Thidawan.k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

กรณีศึกษาการจองห้องพักของชูโชคอพาร์ทเมนท์ ทราบว่าจัดการข้อมูลการจองด้วยเอกสารกระดาษ เพื่อปรับปรุงการจองห้องพักนี้ให้สะดวกรวดเร็ว ผู้วิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชันจองห้องพักที่สามารถรีวิวการใช้บริการผ่านทางเว็บไซต์ของชูโชคอพาร์ทเมนท์ การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ สร้าง และประเมินผลการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้ ดำเนินงานวิจัยโดยสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อจัดเก็บข้อมูลห้องพัก การจอง และการรีวิวห้องพัก สร้างเว็บไซต์และแอปพลิเคชันนี้ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา PHP, Java Script, HTML และ CSS แล้วติดตั้งและประเมินผลการใช้งาน ผลประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันจากแบบสอบถามที่วัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป สมาชิกและผู้ดูแลระบบในด้านความสามารถในการทำงานของฟังก์ชั่น การออกแบบจัดวางองค์ประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน และประโยชน์และประสิทธิภาพโดยรวมของแอปพลิเคชันนี้ อยู่ในระดับปานกลาง ด้วยค่าเฉลี่ยโดยรวม 3.38 จาก 5.00 ประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันนี้สามารถวิจัยปรับปรุงต่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้นได้

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน, แอปพลิเคชันจองห้อง, แอปพลิเคชันรีวิวบริการ, เว็บไซต์อพาร์ทเมนท์

Abstract

In this case study, it has been found that Choochok apartment's room reservation is processed manually via a traditional document database. To improve this time consuming and inconvenient approach, we developed an application for booking and reviewing room via the apartment website. This research purposes are to analyze, design, develop, and evaluate the web application. A relational database was established for the room, reservation, and review data. The apartment website was developed, and the application was coded using PHP, Java Script, HTML and CSS. Then, the application was deployed and evaluated. The evaluation results of the application efficiency by surveying the satisfactions from general users, members and administrators in the function capabilities, design of web elements, and usefulness and overall efficiency were fair with all average around 3.38 from 5.00. The application efficiency can be continually improved to provide better results for the users.

Keywords: web application, room booking application, services reviewing application, apartment website

1. บทนำ

ชูโชคอพาร์ทเมนท์ ตั้งอยู่ที่ถนนรังสิต-นครนายก จังหวัดปทุมธานี เป็นอพาร์ทเมนท์ปลอดบุหรี่ มีห้องพัก 4 แบบให้เช่า ได้แก่ ห้องแอร์แบบรายวัน ห้องธรรมดาพร้อมเฟอร์นิเจอร์แบบรายเดือน ห้องแอร์พร้อมเฟอร์นิเจอร์ แบบรายเดือน ห้องแอร์พร้อมเฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบรายเดือน รวมทั้งหมด 50 ห้อง อำนวยความสะดวกให้กับผู้เช่าโดยให้บริการลิฟท์ เครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ และที่จอดรถ และดูแลความปลอดภัยให้กับผู้เช่าโดยจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัยประจำ ติดตั้งกล้องวงจรปิดทุกชั้น และควบคุมประตูอาคารด้วยคีย์การ์ด อพาร์ทเมนท์แห่งนี้ได้ประชาสัมพันธ์ธุรกิจห้องเช่ารายเดือนทางเว็บไซต์ต่างๆ ได้แก่ RentHub.in.th, Yellowpages.co.th, ThaiApartment, Residences.in.th, และ HongpakThai

จากการสัมภาษณ์และสังเกตการปฏิบัติงานจองห้องพักที่ชูโชคอพาร์ทเมนท์ พบว่าข้อมูลห้องพักและการจองห้องพักถูกบันทึกลงแฟ้มเอกสารกระดาษโดยพนักงาน ซึ่งไม่สะดวกในการเข้าถึง เรียกใช้งาน หรือปรับปรุงแก้ไขข้อมูล เพราะไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้อัตโนมัติ ดังนั้นข้อมูลจึงไม่ได้รับการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย นอกจากนี้การสอบถามข้อมูลและการติดต่อประสานงานระหว่างผู้เช่าและพนักงานนั้นไม่สะดวก รวดเร็วและจองห้องพักได้เฉพาะในเวลาทำการของสำนักงานที่อพาร์ทเมนท์ งานวิจัย [1] สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการตัดสินใจเช่าห้องพักของผู้เช่าคือ การจัดการภายในธุรกิจห้องเช่า และอีกปัจจัยอันมีผลต่อการตัดสินใจเช่าห้องพักสำหรับการอยู่อาศัยที่งานวิจัย [2] รายงานผลว่าผู้เช่านั้นพึงพอใจต่อธุรกิจห้องเช่าที่ให้บริการห้องพักผ่านทางแอปพลิเคชันมากกว่าการพิจารณาจากค่าเช่า ด้วยเหตุผลที่การจองห้องพักผ่านระบบออนไลน์สามารถให้บริการได้ตลอดเวลา ลูกค้าสามารถเลือกฟังก์ชั่นการใช้งานในแอปพลิเคชันได้เอง ทำให้เกิดความสะดวก ทำงานรวดเร็ว ลดความผิดพลาดของงานเอกสารที่จัดการด้วยมือ ดังเช่น ระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตาดโตน [3] และระบบจองห้องพักออนไลน์โรงแรมพนมพิมานอาคารหลังใหม่ [4] ที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อสามารถให้บริการจองห้องพักด้วยเว็บแอปพลิเคชัน

ธุรกิจโรงแรมและห้องเช่ารายวันแบบอื่น เช่น รีสอร์ท โฮมสเตย์ โฆษณาประชาสัมพันธ์และให้บริการจองห้องพักด้วยออนไลน์แอปพลิเคชันผ่านทางบริษัทนายหน้า เช่น Agoda และ Booking หรือผ่านทางโซเชียลมีเดียแพลตฟอร์ม เช่น เฟซบุ๊ก หรืออาจประชาสัมพันธ์ผ่านทางเว็บไซต์ของธุรกิจเช่าห้องพักของนั้นเอง ด้วยเทคโนโลยี Web 2.0 ที่เอื้อให้ผู้ใช้งานได้ปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ผ่านช่องทางออนไลน์ทำให้ ‘การรีวิว’ สินค้าและบริการจากผู้บริโภคมีบทบาทต่อการตลาดของธุรกิจ งานวิจัย [5] ศึกษาทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อการอ่านบทความรีวิวผ่านช่องทางออนไลน์ พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อบทความรีวิวที่มาจากผู้บริโภคโดยตรง (CR: Consumer Review) เพราะสามารถแบ่งปันข้อมูลและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ใช้บริการ ธุรกิจโรงแรมและห้องเช่าที่เปิดโอกาสให้ลูกค้าได้เขียนและอ่านรีวิวผ่านช่องออนไลน์ ได้แก่ เว็บไซต์ TripAdvisor และ Agoda โดยเนื้อหาส่วนใหญ่ที่ผู้ใช้บริการรีวิวในเว็บไซต์ TripAdvisor ประเทศไทยนั้นเป็นข้อความที่เขียนเพื่อให้ข้อมูลแนะนำแบบสั้นกระชับ [6] นอกจากมีประโยชน์ต่อลูกค้าแล้ว ธุรกิจเองก็สามารถนำข้อเสนอแนะนั้นมาพัฒนาและปรับปรุงบริการของตนให้ดียิ่งขึ้น แม้แต่ความคิดเห็นเชิงลบที่ธุรกิจได้นำไปปรับปรุงแก้ไขจนได้รับรีวิวเชิงบวกในเวลาต่อมา ก็สามารถสร้างความประทับใจให้กับลูกค้าใหม่ที่ได้อ่านรีวิวและดึงดูดให้ทดลองใช้บริการ

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่พัฒนาออนไลน์แอปพลิเคชันจองห้องพักสำหรับอุทยานแห่งชาติตาดโตน [3] และสำหรับโรงแรมพนมพิมานอาคารหลังใหม่ [4] และกรณีศึกษาห้องเช่าป้าสมศรีที่พัฒนาแอปพลิเคชันให้บริการแบบออฟไลน์ [7] โดยศึกษาและเปรียบเทียบการวิเคราะห์ ออกแบบ และการพัฒนาแอปพลิชันจองห้องพักจาก [3-4, 7] ที่แอปพลิเคชันมีความสามารถให้บริการจองห้องพัก แต่ยังไม่มีช่องทางการรีวิวให้ผู้เช่าห้องพักได้เขียนและอ่าน ประกอบกับผู้วิจัยได้ศึกษาการดำเนินงานจองห้องพักจากชูโชคอพาร์ทเมนท์โดยตรงด้วยการสัมภาษณ์และสังเกตการปฏิบัติงานดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจองห้องพัก มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงงานจัดการจองห้องพักให้กับชูโชคอพาร์ทเมนท์ โดยจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลดิจิทัล ประมวลผลการจองห้องพักผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และมีฟังก์ชั่นให้ผู้ใช้บริการได้เขียนและอ่านรีวิว และเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้บริหารงานอพาร์ทเมนท์ หรือผู้ที่สนใจในการพัฒนางาน

เช่าห้องพักหรือธุรกิจงานบริการด้านอื่นได้พัฒนาเพิ่มต่อจากเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ สร้าง และประเมินผลการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักให้สามารถจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจองห้อง สามารถจองห้องพักและรีวิวบริการแบบออนไลน์ให้กับชูโชคอพาร์ทเมนท์ ให้ผู้ใช้งานทั่วไป ผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิก และผู้ดูแลระบบ ใช้งานได้สะดวก และทำงานได้รวดเร็ว

2. วิธีการวิจัยพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

การวิจัยพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก กรณีศึกษา ชูโชคอพาร์ทเมนท์ มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ศึกษาการจัดการข้อมูลห้องพักและการจองห้องพักจากกระบวนการปัจจุบัน

ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้บริหารงานอพาร์ทเมนท์ และยังสังเกตการปฏิบัติงานจองห้องพักของพนักงานเพื่อศึกษากระบวนการจองห้องพักและการจัดการข้อมูลของชูโชคอพาร์ทเมนท์ ณ ปัจจุบัน ได้ทราบว่าข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการจองห้องพักได้ถูกบันทึกลงแฟ้มเอกสารกระดาษ (สมุดบันทึก) ตัวอย่างข้อมูลที่ลงบันทึกด้วยมือ ได้แก่ รายชื่อผู้จอง สถานะและจำนวนห้องพัก การย้ายห้องและการออกจากห้องพัก ในกระบวนการจองห้องพักนี้เริ่มต้นด้วยพนักงานสอบถามความต้องการของลูกค้า ตอบคำถามและแจ้งรายละเอียดห้องและสิ่งอำนวยความสะดวก ระบบความปลอดภัย และข้อกำหนดในการเช่าห้องพักให้ลูกค้าทราบ เมื่อลูกค้าประสงค์จองห้องพักพนักงานตรวจสอบข้อมูลห้องว่าง รับชำระเงิน แล้วบันทึกข้อมูลการจองและการชำระเงินลงสมุดบันทึก ซึ่งตลอดกระบวนการจองห้องพักนี้ยังไม่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและพนักงานผู้ปฏิบัติงานได้เพียงพอ กล่าวคือ ไม่สะดวก ใช้เวลานาน และจองห้องได้เฉพาะเวลาทำการของสำนักงานใน อพาร์ทเมนท์

2.2 วิเคราะห์ความต้องการจองห้องพักผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ความต้องการของเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ แบ่งตามสิทธิ์ผู้ใช้งานประกอบกับความสามารถของฟังก์ชั่นการทำงานในเว็บแอปพลิเคชัน ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.2.1 ผู้ใช้งานทั่วไป (general users) มีสิทธิ์เรียกดูหน้าเว็บเพจ ได้แก่ รายละเอียดห้องพัก ข้อมูลรีวิว ข้อมูลช่องทางติดต่ออพาร์ทเมนท์

2.2.2 สมาชิก (member) คือผู้ที่ได้ลงทะเบียนสมัครเป็นสมาชิก เพื่อสามารถจองห้องพัก โดยมีสิทธิ์ใช้งานเพิ่มเติมจากผู้ใช้งานทั่วไป ได้แก่ ลงทะเบียนสมัครสมาชิก แก้ไขข้อมูลส่วนตัวและเปลี่ยนรหัสผ่านของตนเอง มีสิทธิ์จองห้องพัก เขียนรีวิว เรียกดู และแก้ไขรีวิว

2.2.3 ผู้ดูแลระบบ (admin) คือผู้ที่จัดการข้อมูลห้องและการจองห้องพัก โดยมีสิทธิ์เพิ่ม แก้ไข เปลี่ยนสถานะห้องจาก ‘พร้อมเช่า’ เป็น ‘ปิดทำการ’ และบันทึกรายละเอียดห้องพัก มีสิทธิ์ตรวจสอบสถานะห้องและการจองห้องพัก แก้ไขและยกเลิกการจอง มีสิทธิ์เรียกดูข้อมูลติดต่อของสมาชิก มีสิทธิ์เขียนตอบรีวิว และมีสิทธิ์แก้ไขข้อมูลส่วนตัวและเปลี่ยนรหัสผ่านของตน

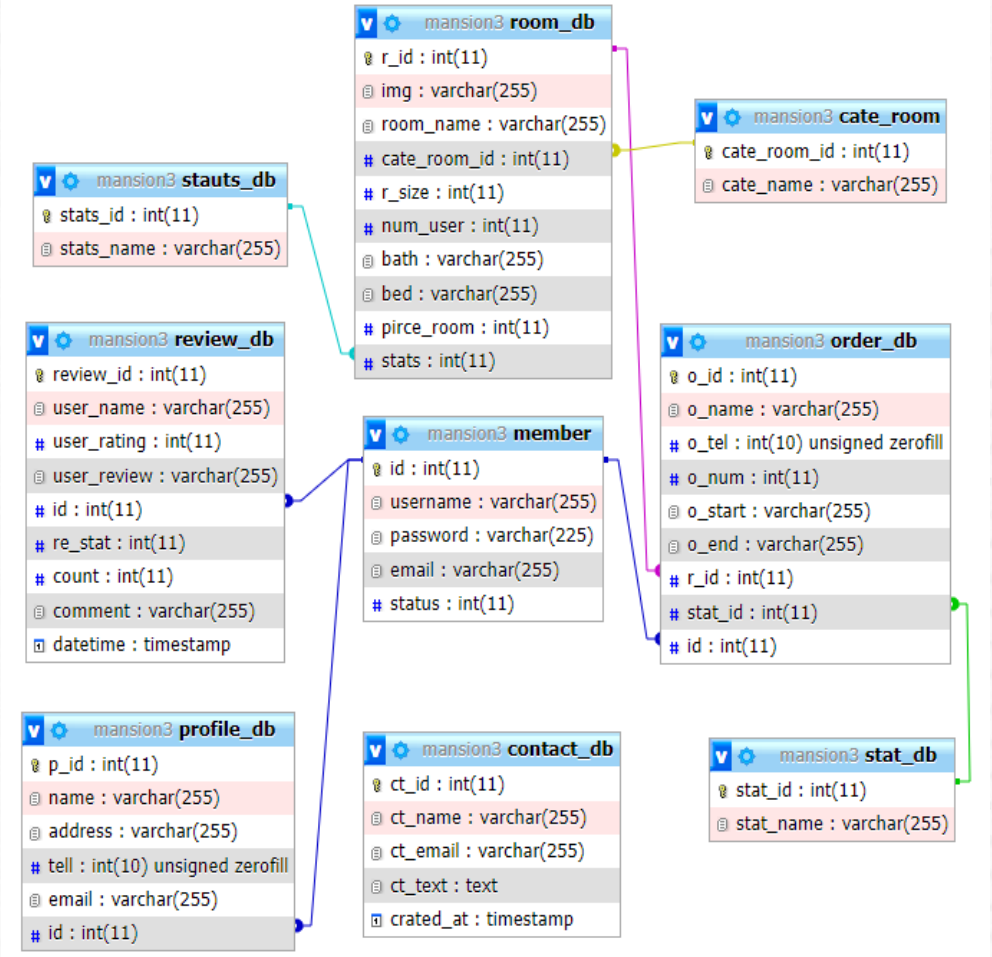
งานวิจัยพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักนี้มีความต้องการด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่ คอมพิวเตอร์พีซีที่มีหน่วยประมวลผล i5-4690@3.50GHz with Radeon Vega Mobile GTX 1050 4.00 GHz หรือเทียบเท่า และมีหน่วยความจำขั้นต่ำ 8.00 GB (7.93 GB usable) 64-Bit เพื่อใช้เขียนโปรแกรม และมีความต้องการด้านซอฟท์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม Visual Studio Code ใช้ในการพัฒนาระบบและออกแบบ โปรแกรม Atom ใช้ในการเชื่อมต่อกับโดเมน โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 ใช้ในการออกแบบตกแต่งเว็บเพจ และโปรแกรม XAMPP ใช้ช่วยจำลอง Database

2.3 ออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application Design)

การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักนี้แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ออกแบบแผนภาพยูสเคสของเว็บแอปพลิเคชัน และออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ดังอธิบายใน 2.3.1-2.3.3 ตามลำดับ

2.3.1 ออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Design)

แผนภาพคลาส (Class Diagram) ในภาพที่ 1 นำเสนอฐานข้อมูลการจองและรีวิวห้องพัก ด้วยสัญลักษณ์ภาพจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ (relations) ระหว่างตาราง (tables) ได้แก่ ตาราง member เก็บรายละเอียดการสมัครสมาชิก ตาราง profile_db เก็บรายละเอียดของสมาชิก ตาราง room_db เก็บรายละเอียดห้องพัก ตาราง cate_room เก็บประเภทห้องพัก ตาราง stauts_db เก็บสถานะของห้อง ตาราง order_db เก็บรายละเอียดการจองห้อง ตาราง stat_db เก็บสถานะการจองห้อง ตาราง review_db เก็บรายละเอียดการรีวิว และตาราง contact_db เก็บรายละเอียดช่องทางการติดต่อกับอพาร์ทเมนท์ โดยชนิดของข้อมูลที่จัดเก็บในตารางนี้ ได้แก่ ข้อความ (varchar) ตัวเลข (int) และวันที่-เวลา (timestamp) ยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง ตารางการจอง (oder_db) ที่มีรหัสห้องที่จอง (r_id) สถานะการจอง (stat_id) และรหัสสมาชิกของผู้จอง (id) เป็นคีย์นอก (foreign key) เชื่อมกับตารางห้องพัก(room_db) ตารางสถานะ(stat_db) และ ตารางการสมัครสมาชิก (member) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1



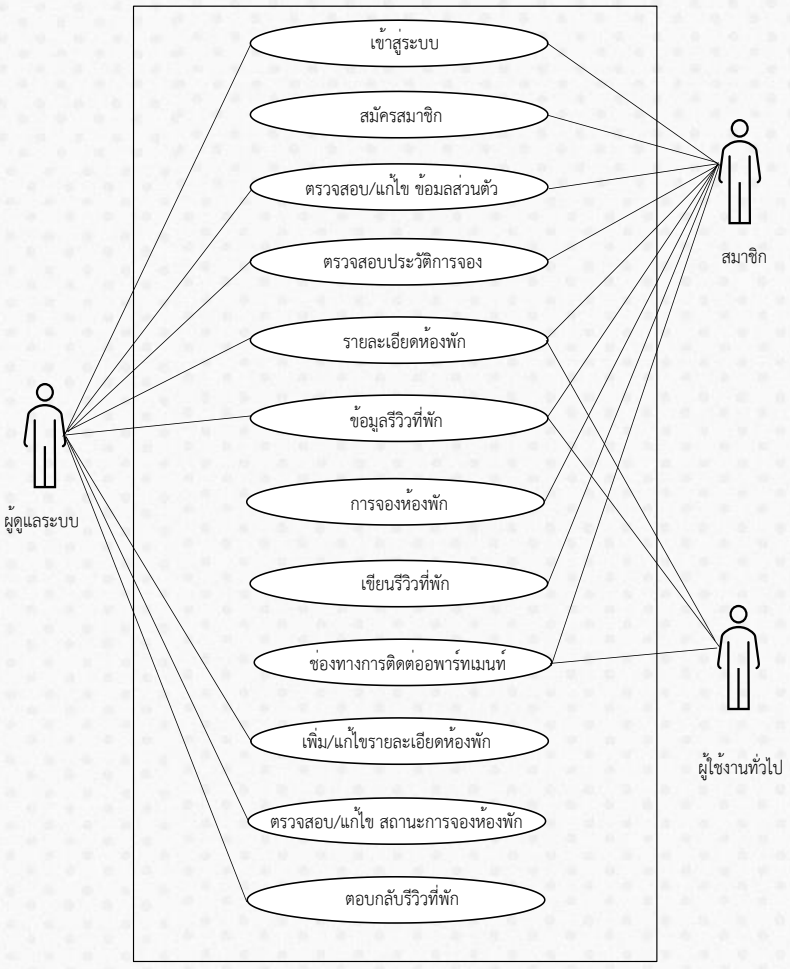
ภาพที่ 1 แผนภาพคลาสสำหรับฐานข้อมูลจองและรีวิวห้องพัก

2.3.2 ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Graphic User Interface Design)

ผู้วิจัยได้ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานด้วยแบบฟอร์มแสดงเนื้อหา (story broad) สำหรับจำลองภาพรวมของงานด้วยการแสดงรายละเอียดที่ต้องการให้ปรากฏในแต่ละหน้าจอด้วยการนำเสนอข้อความ ภาพ รวมทั้งสื่อในรูปของมัลติมีเดียลงในกระดาษดิจิทัลที่ร่างภาพตามลำดับขั้นตอนการทำงาน แล้วนำไปออกแบบบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยอธิบายส่วนประกอบของแต่ละหน้าจอทั้งข้อมูลนำเข้า (input Screen) และหน้าจอข้อมูลนำออก (output Screen)

2.3.3 ออกแบบแผนภาพยูสเคสของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application's Use Case Diagram Design)

แผนภาพยูสเคส (use case diagram) ดังแสดงในภาพที่ 2 นำเสนอสิทธิ์การใช้งานฟังก์ชั่นของแต่ละยูสเคส (use case) ที่ผู้ใช้ยูสเคส (actors) สำหรับแทนผู้ใช้งานทั้ง 3 กลุ่มตามสิทธิ์การใช้งานฟังก์ชั่นของแอปพลิเคชันดังที่ได้ระบุความต้องการไว้ใน 2.2 โดย *ผู้ใช้งานทั่วไป* สามารถดูรายละเอียดของห้องพัก ดูข้อมูลรีวิวที่พัก และดูข้อมูลช่องทางติดต่อกับอพาร์ทเมนท์ได้ *สมาชิก* สามารถลงทะเบียนสมัครเป็นสมาชิก เข้าสู่ระบบ ตรวจสอบแก้ไขข้อมูลส่วนตัว ตรวจสอบประวัติการจองห้องพัก ดูรายละเอียดห้องพัก เขียน เรียกดูและแก้ไขรีวิว และดูข้อมูลช่องทางติดต่อกับอพาร์ทเมนท์ได้ ส่วน *ผู้ดูแลระบบ* สามารถเข้าสู่ระบบ ตรวจสอบแก้ไขข้อมูลส่วนตัว ตรวจสอบประวัติการจอง ปรับปรุงข้อมูลห้องและการจองห้องพัก ปรับปรุงสถานะของห้องพัก ดูข้อมูลติดต่อของสมาชิก แก้ไขข้อมูลส่วนตัว และเปลี่ยนรหัสผ่านของตน ดูวีวิวและเขียนตอบรีวิวได้



ภาพที่ 2 แผนภาพยูสเคสของเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักกรณีศึกษา ชูโชคอพาร์ทเมนท์

2.4 สร้างเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application Developing)

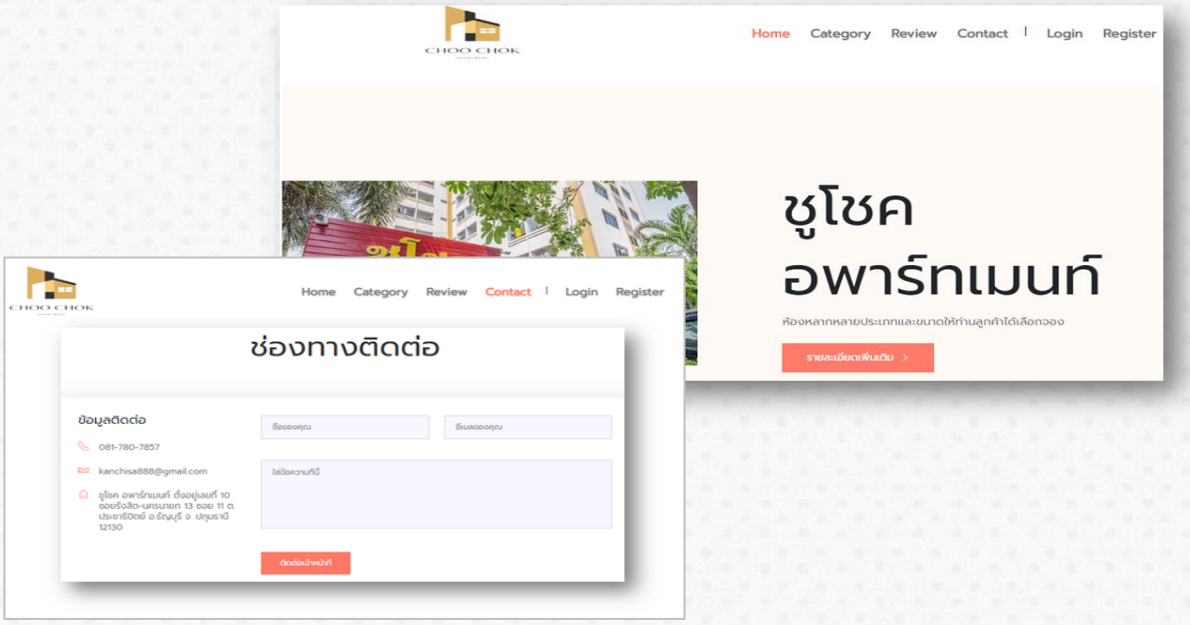
ผู้วิจัยสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วย MySQL เพื่อจัดเก็บข้อมูลห้อง การจอง และการรีวิวห้องพัก ตามที่ได้ออกแบบไว้ใน 2.3.1 ใช้โปรแกรม Visual Studio Code เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก ในส่วนการสร้างเว็บไซต์ที่ประกอบไปด้วยหลายเว็บเพจที่สนับสนุนฟังก์ชั่นของแอปพลิเคชันนั้น ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 ออกแบบหน้าจอต่างๆ แล้วเขียนโค้ดแสดงผลข้อความด้วย HTML และ CSS และเขียนภาษา Java Script ควบคุมวีดีโอและภาพ เขียนโปรแกรมภาษา PHP ควบคุมการประมวลผลฟังก์ชั่นการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันที่ออกแบบไว้ใน 2.3.3 สำหรับเว็บเพจต่างๆ และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล ประกอบกับใช้โปรแกรม XAMPP ช่วยจำลองฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังใช้โปรแกรม Atom เชื่อมต่อกับโดเมนตอนติดตั้งและทดสอบเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักที่พัฒนาขึ้นนี้

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการพัฒนาและผลการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก มีดังนี้

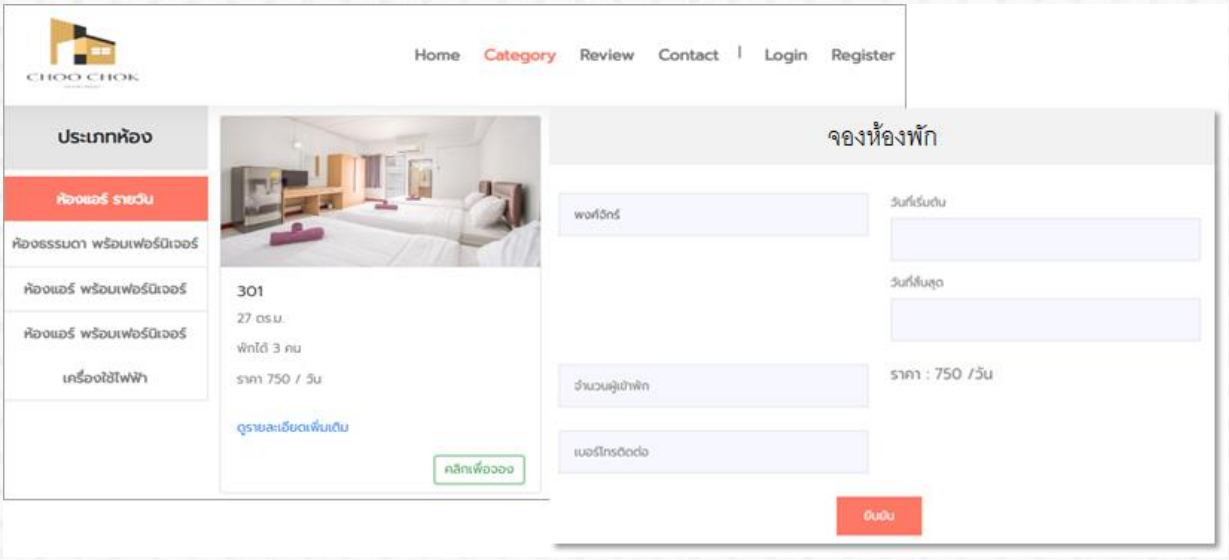
3.1 ผลลัพธ์เว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก กรณีศึกษา ชูโชคอพาร์ทเมนท์

ผลลัพธ์เว็บของแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักนำเสนอในภาพที่ 3-7 โดยภาพที่ 3 แสดงโฮมเพจของเว็บไซต์และเว็บเพจรายการ ‘Contact’ ที่ปรากฏหน้าจอ ‘ช่องทางการติดต่อ’ สำหรับดูช่องทางการติดต่อสามารถส่งข้อความติดต่ออพาร์ทเมนท์ได้ ภาพที่ 4 แสดงผลเว็บเพจรายการข้อมูลห้องพัก ‘Category’ สำหรับดูรายละเอียดของห้องและสมาชิกสามารถจองห้องพักได้ด้วยการคลิก ‘คลิกเพื่อจอง’

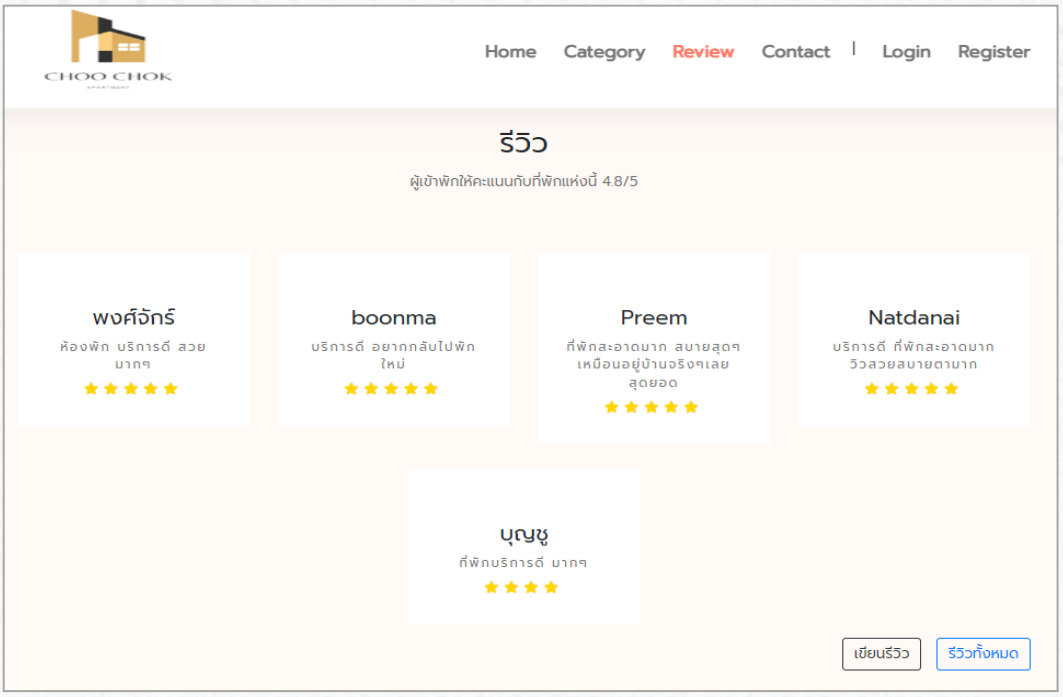


ภาพที่ 3 โฮมเพจของแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก และเว็บเพจรายการช่องทางการติดต่อ

ภาพที่ 5 แสดงผลเว็บเพจรายการ ‘Review’ สำหรับผู้ใช้งานได้อ่านหรือเขียนรีวิว และภาพที่ 6 (ขวา) แสดงผลเว็บเพจรายการ ‘Register’ หรือ ’สมัครสมาชิก’ สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปได้ลงทะเบียนสมัครเป็นสมาชิก และ (ซ้าย) แสดงเว็บเพจรายการ ‘Login’ หรือ ’เข้าสู่ระบบ’ สำหรับสมาชิกที่ต้องการจองหรือเขียนรีวิว



ภาพที่ 4 เพจรายการข้อมูลห้องพัก และหน้าจอการจองห้องพัก



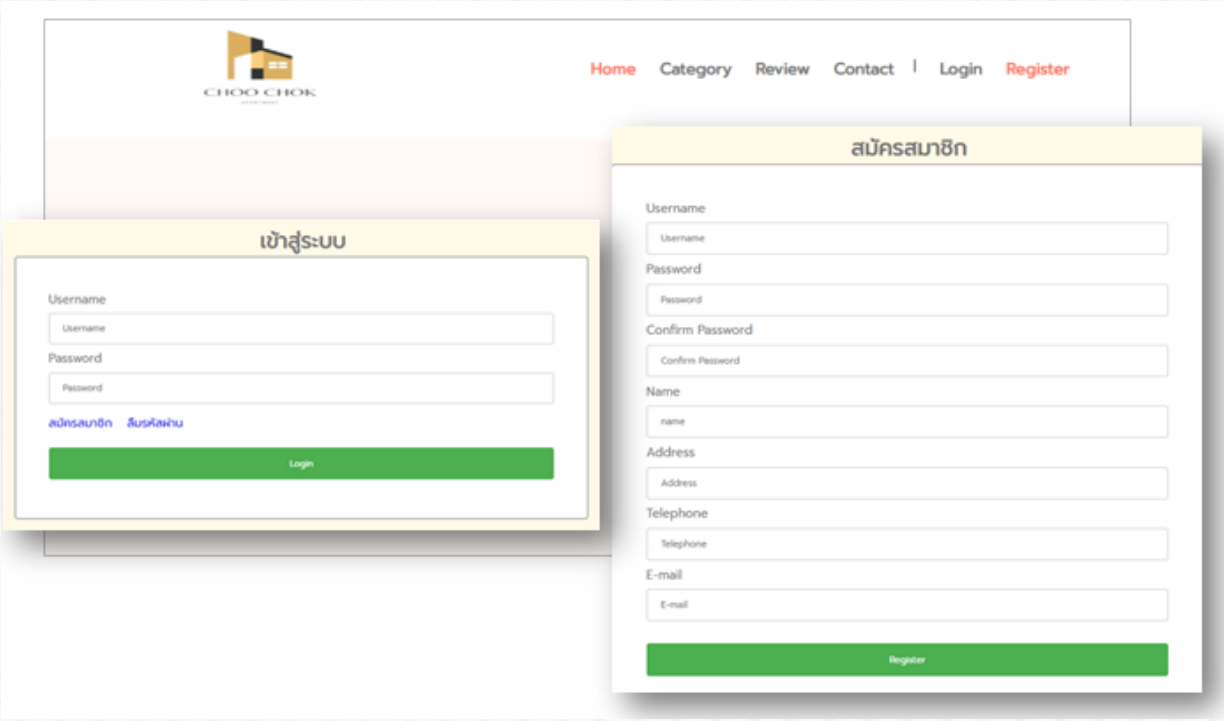
ภาพที่ 5 เพจการรีวิวบริการของอพาร์ทเมนท์

3.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน

ผลประเมินการใช้งานด้วยแบบสอบถามที่วัดจากความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไปและสมาชิก 15 คน และผู้ดูแลระบบอีก 3 คน โดยความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป สมาชิก และผู้ดูแลระบบต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักนี้ ประเมินผลใน 3 ด้าน ดังนี้

3.2.1 ประสิทธิภาพในการใช้งานฟังก์ชั่น

ผู้ใช้งานทั้งสามกลุ่มพึงพอใจต่อประสิทธิภาพในการใช้งานฟังก์ชั่นของเว็บแอปพลิเคชันในระดับปานกลาง ด้วยค่าเฉลี่ยประมาณ 3.33 ($\bar{X}$ = 3.33) ซึ่งอยู่ในมาตราส่วนประมาณค่า 2.50 - 3.49 จากคะแนนเต็ม 5.00 ที่ประมวลผลฟังก์ชั่นได้รวดเร็ว และฟังก์ชั่นนั้นใช้งานได้ง่าย สะดวก ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 6 เพจรายการสมัครสมาชิก (ขวา) และเพจการเข้าสู่ระบบ (ซ้าย)

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันด้านประสิทธิภาพในการใช้งานฟังก์ชั่น

ประสิทธิภาพในการใช้งานฟังก์ชั่น	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.เมนูที่ใช้งานสนับสนุนต่อฟังก์ชั่นการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน	3.33	0.96	ปานกลาง
2.ตรวจสอบ แก้ไข และบันทึกข้อมูล ได้ถูกต้อง สะดวก รวดเร็ว	3.11	0.98	ปานกลาง
3.ประมวลผลฟังก์ชั่นได้รวดเร็ว	3.50	0.96	ค่อนข้างมาก
4.ฟังก์ชั่นใช้งานง่าย สะดวก	3.50	0.96	ค่อนข้างมาก
5.ความปลอดภัยและความถูกต้องในการตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้งาน	3.33	0.82	ปานกลาง
6.เชื่อมต่อฐานข้อมูลได้รวดเร็ว	3.22	0.92	ปานกลาง
รวม	**3.33**	**0.93**	**ปานกลาง**

3.2.2 การออกแบบจัดวางองค์ประกอบในเว็บเพจ

ผู้ใช้งานทั้งสามกลุ่มพึงพอใจต่อการออกแบบจัดวางองค์ประกอบของเว็บเพจในระดับปานกลางด้วยค่าเฉลี่ยประมาณ 3.35 ที่มีขนาดและรูปแบบตัวอักษรเหมาะสม อ่านง่าย สวยงาม ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ด้านการออกแบบจัดวางองค์ประกอบ

การออกแบบจัดวางองค์ประกอบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1.โฮมเพจสวยงามและน่าสนใจ	3.22	0.92	ปานกลาง
2.จัดวางองค์ประกอบในเว็บไซต์ เหมาะสม สวยงาม	3.44	0.96	ปานกลาง
3.ขนาดและรูปแบบตัวอักษร เหมาะสม อ่านง่าย สวยงาม	3.50	0.96	ค่อนข้างมาก
4.แสดงภาพ ตัวอักษร และข้อมูลต่างๆ ได้รวดเร็ว	3.39	0.95	ปานกลาง
5.ภาษาที่ใช้ถูกต้อง	3.22	1.00	ปานกลาง
รวม	**3.35**	**0.96**	**ปานกลาง**

3.2.3 ประโยชน์และประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้ใช้งานสองกลุ่ม ได้แก่ ผู้ใช้งานทั่วไปและสมาชิก มีความพึงพอใจต่อประโยชน์และประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันในระดับปานกลาง ด้วยค่าเฉลี่ยประมาณ 3.47 ที่โดยรวมแล้วเว็บแอปพลิเคชันใช้งานได้ง่าย มีช่องทางในการติดต่อสอบถามปัญหาอย่างเพียงพอ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไปและสมาชิกด้านประโยชน์และประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน

ประโยชน์และประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน	$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
1.ให้บริการและแก้ไขปัญหาได้สะดวก รวดเร็ว	3.39	0.95	ปานกลาง
2.โดยรวมเว็บแอปพลิเคชันใช้งานง่าย	3.56	0.96	ค่อนข้างมาก
3.มีช่องทางในการติดต่อสอบถามปัญหาอย่างเพียงพอ	3.50	1.00	ค่อนข้างมาก
4.แอปพลิเคชันตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน (สะดวก รวดเร็ว)	3.44	0.90	ปานกลาง
รวม	**3.47**	**0.95**	**ปานกลาง**

ส่วนผู้ดูแลระบบมีความพึงพอใจต่อประโยชน์และประสิทธิภาพของเว็ลแอปพลิเคชันในระดับปานกลาง ด้วยค่าเฉลี่ยประมาณ 3.37 ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบด้านประโยชน์และประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน

ประโยชน์และประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน	$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
1.ความสวยงาม เหมาะสมของหน้าจอสำหรับผู้ดูแลระบบ	3.20	0.98	ปานกลาง
2.การบันทึกข้อมูล การอัพโหลด การส่งข้อมูล ทำได้ถูกต้อง สะดวก รวดเร็ว	3.49	0.88	ปานกลาง
3.โดยรวมเว็บแอปพลิเคชันใช้งานง่าย	3.33	1.00	ปานกลาง
4.แอปพลิเคชันตอบสนองต่อความต้องการของผู้ดูแลระบบ (สะดวก รวดเร็ว)	3.44	0.93	ปานกลาง
รวม	**3.37**	**0.95**	**ปานกลาง**

4. บทสรุป

งานวิจัยพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก กรณีศึกษา ชูโชคอพาร์ทเมนท์นี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ศึกษา วิเคราะห์การดำเนินงานจองห้องพักแบบเดิม และรวบรวมความต้องการของเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นใหม่ ในงานวิจัยนี้เพื่อกำหนดฟังก์ชั่นการจองและรีวิวห้องพัก แล้วออกแบบ และสร้างเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพัก โดยสร้างฐานข้อมูลดิจิทัลจัดเพื่อเก็บข้อมูลการจองและรีวิวห้องพักที่เชื่อมต่อกับเว็บแอปพลิเคชัน แล้วติดตั้งและทดสอบการใช้งาน ด้วยการประเมินจากผู้ใช้งานทั่วไป สมาชิก และผู้ดูแลระบบ ต่อความสามารถในการทำงานของฟังก์ชั่น การออกแบบจัดวางองค์ประกอบของเว็บเพจ และประโยชน์และประสิทธิภาพโดยรวมของเว็บแอปพลิเคชัน ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลางด้วยค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ทราบข้อดีของแอปพลิเคชันว่าสามารถประมวลผลฟังก์ชั่นได้รวดเร็ว และฟังก์ชั่นใช้งานได้ง่าย สะดวกจัดวางองค์ประกอบในเว็บเพจเหมาะสม มีขนาดและรูปแบบตัวอักษรอ่านง่าย สวยงาม โดยรวมเว็บแอปพลิเคชั่นนี้ใช้งานง่าย มีช่องทางให้ผู้ใช้งานทั่วไปและสมาชิกได้ติดต่อสอบถามปัญหาอย่างเพียงพอ ทว่าประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันในกรณีศึกษานี้ยังสามารถปรับปรุงต่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุดได้ อาจพัฒนาให้ใช้งานบนโมบายที่มีการแจ้งเตือนผลการจองและการรีวิว

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารและพนักงานของชูโชคอพาร์ทเมนท์ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาระบบงานจองห้องพัก ร่วมกำหนดความต้องการ และทดสอบประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันจองและรีวิวห้องพักที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณอาจารย์ในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ให้คำแนะนำ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ฝนทิพย์ วงศ์ศุภชาติกุล. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเช่าห้องพักสำหรับการอยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2558.

[2] จณิสตา ตั้งสุวรรณศรี, ขวัญชนก นาตนารี, ทิพานัน ศุภมงคลดี และอรนพัฒน์ เหมือนเผ่าพงษ์. ความพึงพอใจในการเลือกใช้บริการจองห้องพักผ่านแอพพลิเคชั่น ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติของนักศึกษาด้านมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ ครั้งที่ 2. 2562.

[3] สนทยา พลพาลสังข์ และรัชชนันท์ หลาบมาลา. การพัฒนาการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตาดโตน. วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. (2560) 72-80.

[4] ณกัญญา ดวงสาม และธีรวรรณ เมืองจันทร์. ระบบการจองห้องพักออนไลน์โรงแรมพนมพิมานอาคารหลังใหม่. สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2562.

[5] นภัสสร แย้มอุทัย. ทัศนคติของผู้บริโภคในการอ่านบทความรีวิวผ่านช่องทางออนไลน์. การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการตลาด คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2558.

[6] ภาวิตา ไอยวริญญ์. ศึกษาเนื้อหาการรีวิวของผู้ใช้บริการเว็บไซต์ทริปแอดไวเซอร์ ประเทศไทย. การค้นคว้าอิสระนิเทศศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสื่อสารเชิงกลยุทธ์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. 2561.

[7] แก้วใจ อาภรณ์พิศาล และวันวิสาข์ หิมารัตน์. ระบบการจัดการห้องเช่า กรณีศึกษา ห้องเช่าป้าสมศรี. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 5. มหาสารคาม. 2562. 1698-1705.

การพัฒนาแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยความเป็นจริงเสมือน กรณีศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

The Development of Education Public Relations Using Virtual Reality application Case Study Bachelor of Digital Technology Phuket Rajabhat University

ชรินรัตน์ รัตนนิตย์[1*] และ ทิพย์มณฑา ผกาแก้ว[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
[*]Email: S6211423106@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันการประสานความเป็นจริงเสมือนสำหรับการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา 2) เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาความเป็นจริงเสมือนด้วยกล้องสวมศีรษะ และ3) เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันและสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา กลุ่มตัวอย่างใช้ในการศึกษา อาจารย์ประจำหลักสูตร นักศึกษา นักเรียน และบุคคลทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา แบบประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนด้วยกล้องวีอาร์สวมศีรษะ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า 1) แอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน ผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.46, S.D.= 0.71)และ ผลการประเมินความพึงพอใจสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยกล้องสวมศีรษะ ผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.54, S.D.= 0.56)

คำสำคัญ: ความเป็นจริงเสมือน, การโต้ตอบปฏิสัมพันธ์, สื่อมัลติมีเดีย, ประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา,

Abstract

The purposes of this research were 1) the study of development virtual reality technology application for education public relations 2) to develop multimedia virtual Reality Technology for education public relations with Virtual Reality Box 3D 3) The satisfaction of developed multimedia used to education public relations. The sample group used in the study teachers to the curriculum student general public**.** The instruments of this research were to survey the satisfaction with the application education public relations using virtual reality technology with virtual reality box 3D. As the research statistics, mean($\bar{X}$) and standard deviation.

The research findings showed that 1) application education public relations using virtual reality technology. The efficiency assessment results the high level ($\bar{X}$ = 4.46, S.D.= 0.71) and satisfaction was the highest level ($\bar{X}$ = 4.54, S.D.= 0.56)

Keywords: virtual reality , Interaction, Multimedia, education public relations

1. บทนำ

การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการประชาสัมพันธ์เพื่อให้เข้าถึงผู้รับสารหรือกลุ่มเป้าหมายต้องมีการพัฒนาให้สอดรับกับความต้องการและพัฒนาไปพร้อมกับเทคโนโลยี ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ได้รับนิยมอย่างรวดเร็ว เทคโนโลยีวีอาร์หรือความเป็นจริงเสมือน สภาวะจำลองที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้เหมือนสภาวะจริง หน้าจอการแสดงผลและขนาดของแบตเตอรี่สามารถทำให้มนุษย์พกพาอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก การแสดงผลแบบวีอาร์ เป็นการนำวัตถุเสมือนจริงซ้อนลงไปในการรับรู้ของโลกเสมือนจริงอีกทอดหนึ่ง นำไปสู่การออกแบบโซลูชันสำหรับใช้งานได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เกิดความสมจริง[7] ซึ่งผู้ใช้สามารถมีปฏิกิริยาโต้ตอบกับสภาวะจำลองนี้ได้ เช่น การจำลองสภาพเรือนไทยเพื่อให้ผู้ชมสามารถเข้าไปดูห้อง ภายในได้เสมือนกับเข้าไปดูสถานที่จริง[1] จากการศึกษางานวิจัยการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียสำหรับการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา ด้วยแนวคิดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและกระบวนการคิดเชิงออกแบบ โดยการใช้ภาษาที่ถูกต้อง เลือกขนาดตัวอักษร แบบอักษร สีตัวอักษรให้เหมาะสมกับการแสดงผล ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหวแบบวิดีทัศน์และเสียงบรรยาย เสียงประกอบกระตุ้นการรับชมการให้ความสนใจ รองรับการรับชมบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟน บนสื่อโซเชียลมีเดีย เว็บบราวเซอร์[2] การนำเทคโนโลยีวีอาร์ช่วยสร้างประสบการณ์ผู้เรียนให้สามารถเข้าถึงเนื้อหาที่เข้าใจยากได้แบบเสมือนจริง สามารถนำเทคโนโลยีมาสร้างห้องเรียนจำลองเสมือนจริงและสร้างบรรยากาศรอบๆ ให้เหมือนอยู่ในสถานที่จริง[3] แอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสมือนเพื่อส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น กรณีศึกษา “ผ้าย้อมครามสกลนคร”ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนสื่อความเป็นจริงเสมือนกระบวนการทำผ้าย้อมคราม แสดงสภาพแวดล้อมจำลองแบบ 3 มิติ ด้วยโมเดลที่สร้างขึ้น ข้อมูลประกอบ และ เสียงบรรยาย ส่วนวิธีการใช้งาน[4] การพัฒนาสื่อในรูปแบบมุมมอง 360 องศาเพื่อประชาสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม บน Google Street View แสดงข้อมูลอย่างชัดเจน และเข้าถึงง่าย โดยมีเนื้อหาบอกเส้นทางการเดินทาง [6]

ผู้วิจัยได้นำหลักการทางทฤษฎีระบบเทคโนโลยีการประสานโลกเสมือนจริงมาใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันและสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนกรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันการประสานความเป็นจริงเสมือนในรูปแบบการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา 2) เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาความเป็นจริงเสมือนกล้องสวมศีรษะ 3) เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันและสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนกรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การพัฒนาแอปพลิเคชันและสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนกรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต กระบวนการดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันวิเคราะห์เก็บข้อมูล การนำเทคโนโลยีวีอาร์มาใช้โดยใช้ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์

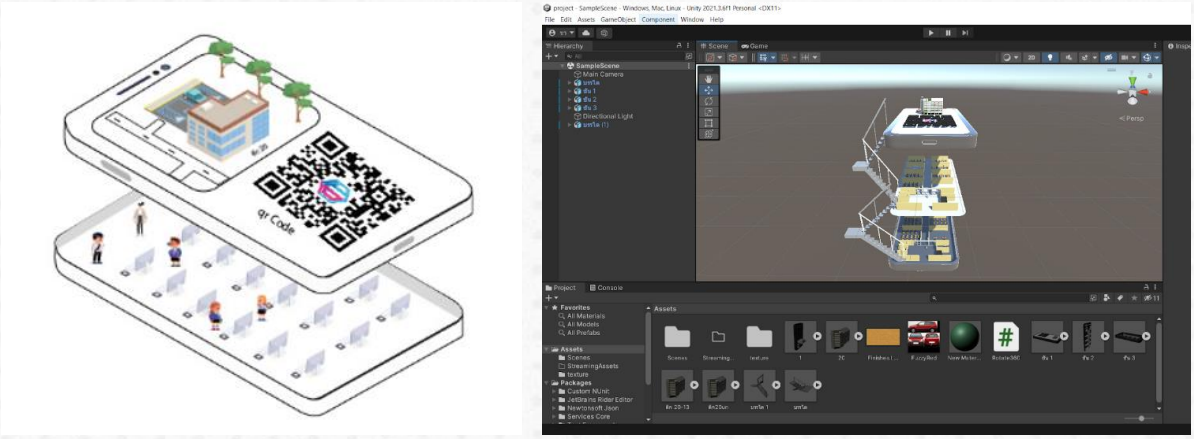
2) วิเคราะห์ข้อมูล ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากการสัมภาษณ์อาจารย์ประจำหลักสูตร จำนวน 2 คน ข้อมูลใช้ในการประชาสัมพันธ์หลักสูตร นักศึกษากำลังศึกษา 20 คน พบว่ามีความต้องการให้ผู้เข้าชมมีปฏิสัมพันธ์พร้อมกับการรับชมข้อมูลเพื่อให้เกิดสิ่งเร้าในการสนใจในรูปแบบเกม รองรับการบรรยายและรับชมในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย

3) การออกแบบโมเดลเน้นใกล้เคียงสถานที่จริง ฉากออกแบบลักษณะเดินชมควบคุมการเคลื่อนย้ายตำแหน่งรูปแบบการควบคุมอุปกรณ์ด้วยคีย์บอร์ด ก้านควบคุม นำทางด้วยเมาส์ เพื่อให้สามารถทำงานสอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องการของทางหลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล โดยหลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล อยู่ภายในตึก 20 ประจำอยู่ ชั้น 7 และ ชั้น 8 ดังภาพที่ 1



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 การออกแบบโมเดลสถานที่ให้ใกล้เคียงสถานที่จริง (ก) ข้อมูลสถานที่จริงตึก 20 (ข) โมเดลตึก 20 และ(ค) แผ่นผังห้องภายในชั้น 7 ชั้น 8 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล

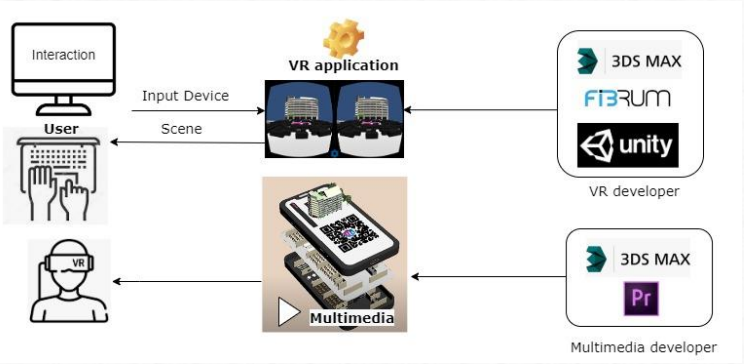


(ก) (ข)

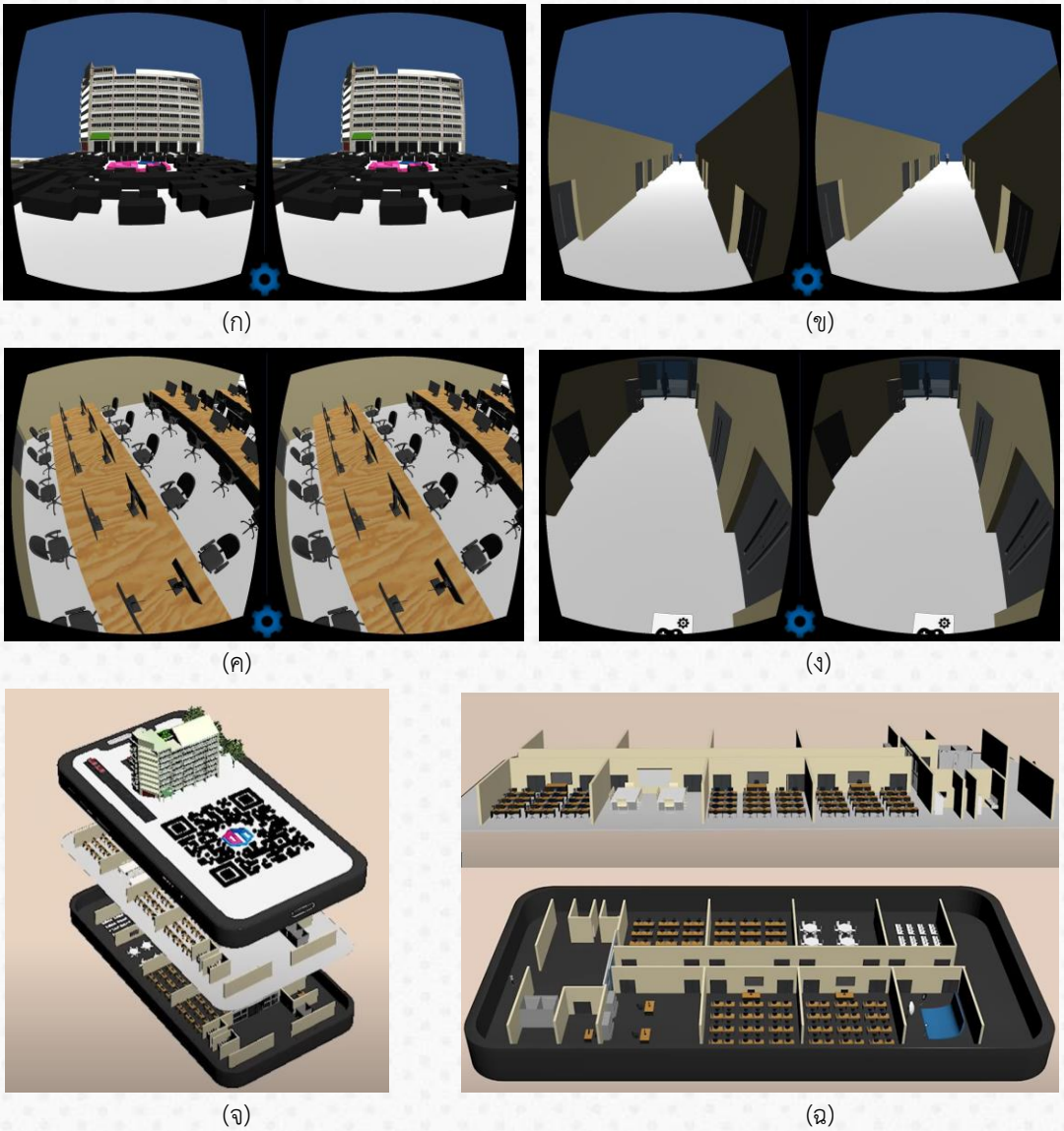
ภาพที่ 2 แบบร่างต้นแบบหน้าจอผู้ใช้งาน (ก) การออกแบบสื่อมัลติมีเดียประกอบการบรรยาย และ (ข) การออกแบบหน้าจอผู้ใช้รูปแบบวีอาร์

ผู้วิจัยได้นำหลักการทางทฤษฎีระบบเทคโนโลยีการประสานโลกเสมือนจริงมาใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าของเทคโนโลยี และความพร้อมที่จะเรียนรู้ทางด้านการพัฒนาสื่อร่วมกับการใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันได้นำหลักการของเทคโนโลยีภาพเสมือนมาใช้ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ร่วมกับเทคโนโลยีวีอาร์

4) พัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้โปรแกรมออกแบบโมเดลด้วย 3DsMax โดยออกแบบคำนึงถึงสภาพรูปแบบอาคารสถานที่เรียนและเสริมเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมให้ผู้ใช้มีปฏิสัมพันธ์ด้วยสามารถเดินชมอาคารด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยโปรแกรม Unity Fibrum เขียนด้วยภาษา C# และรูปแบบการรับชมแบบ 360 องศา ควบคุมการเคลื่อนไหวผ่านอุปกรณ์เมาส์ คีย์บอร์ด หรือ ก้านควบคุม และออกแบบสื่อมัลติมีเดียด้วยลักษณะความจริงเสมือนด้วยกล้องแบบสวมศีรษะ(virtual reality box 3d)



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีวีอาร์ หลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล



ภาพที่ 4 แอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีวีอาร์ (ก) หน้าจอแรก (ข) ทางเดินในแต่ละชั้น (ค) ตัวอย่างห้องเรียน (ง) การเดินชมด้วยการควบคุมด้วยอุปกรณ์ (จ)และ (ฉ) การแสดงผลสื่อมัลติมีเดียมุมมอง 120 องศา รูปแบบการบรรยาย

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดลอง

ผู้ใช้แอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน กรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต สามารถใช้งานบนสมาร์ทโฟนระบบแอนดรอยด์ได้ โดยใช้ร่วมกับหน่วยแสดงผลสวมศีรษะ



ภาพที่ 5 ทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีวีอาร์ โดยผู้ใช้งาน

3.1.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเลือกหน่วยตัวอย่างแบบเจาะจง นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 10 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 10 คน อาจารย์ประจำหลักสูตร 2 คน เพื่อทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันจำนวน 22 คน ผ่านแบบสอบถาม ประเมินประสิทธิภาพการใช้แอปพลิเคชันการประสานความเป็นจริงเสมือนประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันการประสานความเป็นจริงเสมือนประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.38	0.64	มาก
ด้านการออกแบบ	4.46	0.71	มาก
ด้านการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้	4.19	0.75	มาก
ด้านความเป็นจริงเสมือน	4.38	0.70	มาก
ความพึงพอใจในภาพรวม	4.46	0.71	มาก

จากผลการประเมินประสิทธิภาพ พบว่าผู้ใช้แอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน กรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต มีระดับความพึงพอใจด้านการใช้งานแอปพลิเคชัน ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.38, S.D.= 0.64) ด้านการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.19, S.D.= 0.75) ด้านการการออกแบบระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.64, S.D.= 0.71) ตามวัตถุประสงค์การใช้แอปพลิเคชันการประสานความเป็นจริงเสมือนในรูปแบบการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

3.1.2 ผลการประเมินความพึงพอใจสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยกล้องวีอาร์สวมศีรษะ

จากการศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้สื่อมัลติมีเดียด้วยกล้องวีอาร์สวมศีรษะ แบบบังเอิญ ประชาชน บุคคลทั่วไป นักเรียน และนักศึกษา จำนวน 50 คน ผ่านแบบสอบถาม ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนด้วยกล้องวีอาร์สวมศีรษะ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านการออกแบบ	4.38	0.64	มาก
ความสอดคล้องของภาพและเนื้อหา	4.35	0.63	มาก
สื่อมัลติมีเดียการลำดับภาพเหมาะสม	4.50	0.65	มากที่สุด
เสียงบรรยาย	4.42	0.70	มาก
ดนตรีประกอบ	4.42	0.70	มาก
ความพึงพอใจในภาพรวม	4.54	0.58	มากที่สุด

จากผลการประเมินความพึงพอใจพบว่าผู้ใช้ ชมสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนด้วยกล้องสวมศีรษะ มีระดับความพึงพอใจด้านความสอดคล้องของภาพและเนื้อหาในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.35, S.D.= 0.63) ด้านสื่อมัลติมีเดียการลำดับภาพเหมาะสม ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50, S.D.= 0.65) ตามวัตถุประสงค์การสื่อมัลติมีเดียเป็นจริงเสมือนในรูปแบบการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยกล้องวีอาร์แบบสวมศีรษะ มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

3.2 อภิปรายผล การพัฒนาแอปพลิเคชันการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนกรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

สามารถทำงานบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ ใช้รวมกับหน่วยแสดงผลสวมศีรษะ ประกอบด้วยสื่อมัลติมีเดียเสมือนจริงแสดงสภาพแวดล้อมจำลองสามมิติ ด้วยโมเดลที่สร้างขึ้น ข้อมูลประกอบและเสียงบรรยาย สอดคล้องกับงานวิจัยของสุขสถิต มีสถิตย์ และปิยวรรณ โถปาสอน[4] ซึ่งพบว่า แอปพลิเคชันวีอาร์บนสมาร์ทโฟนสามารถใช้เป็นสื่อประชาสัมพันธ์ สร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่ดีให้กับผู้ใช้ และผู้ชมยอมรับตรงกับความต้องการของผู้ที่ต้องการรับชม สอดคล้องกับงานวิจัยของทิพย์มณฑา ผกาแก้ว และสมใจ จิตคำนึงสุข ซึ่งพบว่าการนำด้วยแนวคิดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและกระบวนการคิดเชิงออกแบบให้สอดรับกับความต้องการของผู้รับชมได้มีส่วนร่วมในการปฏิสัมพันธ์สามารถเดินชมได้แบบเสมือนจริงด้วยการควบคุมผ่านอุปกรณ์ด้วยมือ ก้านควบคุม เกมแพด เมาส์ คีย์บอร์ด

ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.46 อยู่ในเกณฑ์ระดับมาก สอดคล้องงานวิจัยณัฐพงษ์ พระลับรักษา[5],[6] ที่มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก เหตุผลที่ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เนื่องจากจัดทำเนื้อหาได้ดี มีความเหมาะสมทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย สามารถนำไปใช้งานได้จริง สอดคล้องกับงานวิจัยของสุขสถิต มีสถิตย์ และปิยวรรณ โถปาสอน. [4] การสร้างโมเดลสามมิติจำลองลักษณะการเคลื่อนที่รูปแบบปฏิสัมพันธ์ ด้านการใช้งานปุ่มเมนูของแอปพลิเคชันผู้ใช้บางรายยังไม่คุ้นเคยกับการบังคับทิศทางตัวชี้

ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้ จำนวน 50 คน พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยกล้องวีอาร์สวมศีรษะอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.46 มีลักษณะสอดคล้องงานวิจัยของ สุขสถิต มีสถิตย์ และปิยวรรณ โถปาสอน[4] ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยคือ เสียงบรรยาย และดนตรีประกอบ มีระดับใกล้เคียงทำให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงรบกวนด้วยต้องปรับระดับเสียงเพิ่ม

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน กรณีศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันการประสานความเป็นจริงเสมือนในรูปแบบการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษาความเป็นจริงเสมือนด้วยกล้องสวมศีรษะ และเพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันและสื่อมัลติมีเดียประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา โดยนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาประยุกต์ใช้ในการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา ผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าได้รับความยอมรับจากผู้ทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในระดับมาก มีส่วนข้อคิดเห็นเพิ่มเติมในการจัดสภาพแวดล้อมในฉากเมื่อเคลื่อนย้ายตำแหน่งบางส่วนเคลื่อนที่แคบ การกำหนดมุมกล้องอยู่มุมมองสูง อาจเพิ่มฟิวเจอร์ในการเดินชมเป็นลักษณะเกมเพื่อให้มีการทำกิจกรรม เพื่อให้เกิดความเพลิดเพลิน เร้าความสนใจมากขึ้น ทั้งนี้เพิ่มช่องทางในการประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางโซเชียลมีเดีย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล อุปกรณ์ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน และขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ให้การสนับสนุนงบประมาณในการเผยแพร่ผลงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมศัพท์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. (28 มิถุนายน 2562). virtual reality (VR)ความเป็นจริงเสมือน (วีอาร์). สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. สืบค้นจากhttps://www.facebook.com/photo/?fbid=2544010718990341&set=a.2527569647301115

[2] ทิพย์มณฑา ผกาแก้ว และ สมใจ จิตคำนึงสุข. การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียสำหรับการประชาสัมพันธ์ทางการศึกษา ด้วยแนวคิดมนุษย์เป็นศูนย์กลางและกระบวนการคิดเชิงออกแบบ. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ. 7(2564) 107–117.

[3] อัจฉราพรรณ โพธิ์ทอง. (26 ตุลาคม 2561). VR เทคโนโลยีโลกเสมือนจริง. สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล.สืบค้น https://il.mahidol.ac.th/th/i-Learning-Clinic/general-articles/vr-เทคโนโลยีโลกเสมือนจริง

[4] สุขสถิต มีสถิตย์ และปิยวรรณ โถปาสอน. การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสมือนเพื่อส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น กรณีศึกษา “ผ้าย้อมครามสกลนคร” .วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ.6(2563)31-39.

[5] ณัฐพงษ์ พระลับรักษา. การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) เพื่อการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดมหาสารคาม. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 2561

[6] ณัฐพงษ์ พระลับรักษา. การพัฒนาสื่อในรูปแบบมุมมอง 360 องศาเพื่อประชาสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม บน Google Street View .วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. 6(2562)80-89.

[7] ไพโรจน์ ไววานิชกิจ. การศึกษาการเติบโตของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนและความเป็นจริงเสริมกับผลกระทบที่มีต่อเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 5 จี. วารสารวิชาการ กสทช.(2561)153-171.

สารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือ

Phytochemical screening, total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activities from ethanol extract of *Lignosus rhinoceros*

พัทวัฒน์ สีขาว[1*] และ ครรชิต ณ วิเชียร[1]

[1]สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[*]Email: pattawat_apsc@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ ซึ่งเพาะในพื้นที่ตำบลหนองหลวง อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก จากการศึกษาพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบเอทานอลเห็ดนมเสือ พบ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ สเตียลอยด์ ไกลโคไซด์ แอนทราควิโนน ไดเทอร์พีน และไตรเทอร์พีน การหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent มีค่าเท่ากับ 0.065±0.003 mg GAE/g sample การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry มีค่าเท่ากับ 0.141±0.009 mg QE/g sample ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.65±0.07 *µg*/ml และ 388.25±2.05 *µg*/ml ตามลำดับ การศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าเห็ดนมเสือที่เพาะในพื้นที่ดังกล่าวเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ศักยภาพเหมาะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โภชนเภสัชหรือเครื่องสำอางได้ต่อไป

คำสำคัญ: เห็ดนมเสือ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารพฤกษเคมี

Abstract

The aims of this research were to study the phytochemicals screening, total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activities from ethanol extract of *Lignosus rhinoceros*, cultivated in Nong Luang Sub-district, Umphang District, Tak Province. Phytochemical screening of the ethanoic extracted from this plant revealed that phenolic, flavonoid, steroid, glycoside, anthraquinone, diterpene and triterpenes were found. The total phenolic content was determined by using Folin-Ciocalteu reagent was 0.065±0.003 mg GAE/g sample. Quantitation of total flavonoid content by using aluminium chloride colorimetry was 0.141±0.009 mg QE/g sample. The antioxidant activities were evaluated using DPPH and ABTS assays with IC_{50} values of 6.65±0.07 *µg*/ml and 388.25±2.05 *µg*/ml, respectively. In this study, it was shows that *L. rhinoceros* grown in these areas are potential sources of bioactive compounds for further development of nutraceutical or cosmetic products.

Keywords: *Lignosus rhinoceros*, antioxidant activities, Phytochemical

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าเห็ดอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีสรรพคุณทางยาและเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่สำคัญ อีกทั้งยังจัดเป็นแหล่งโปรตีนจากธรรมชาติที่มีแคลอรีต่ำ หากรับประทานเป็นประจำสามารถช่วยเสริมภูมิต้านทานต่อสู้กับโรคร้ายต่างๆ ได้เป็นอย่างดี จึงทำให้เห็ดได้รับความสนใจจากผู้บริโภคกันมากขึ้น ในปัจจุบันพบว่ามีหลายประเทศหันมาให้ความสนใจและร่วมมือกันในการวิจัยศึกษาสารสำคัญในเห็ดชนิดต่างๆ คัดเลือก ปรับปรุงสายพันธุ์เห็ดให้มีจำนวนมากขึ้น รวมถึงพัฒนาเทคนิควิธีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนการนำไปพัฒนาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมหรือเครื่องสำอาง ประเทศไทยจัดเป็นแหล่งที่สำคัญของเห็ดหลายชนิด บางชนิดเป็นเห็ดเศรษฐกิจ [1] เห็ดนมเสือก็เป็นหนึ่งในบรรดาเห็ดทั้งหลายที่มีประโยชน์สูงเช่นกัน แต่เนื่องจากเห็ดนมเสือที่เกิดในธรรมชาตินั้นหายากและมีราคาสูง ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาจนทำให้สามารถเพาะเห็ดนมเสือได้แพร่หลายเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกษตรกรสนใจเพาะขายจำหน่ายเนื่องจากมีราคาสุง

เห็ดนมเสือ (*Lignosus rhinoceros*) จัดอยู่ในวงศ์ Polyporaceae เป็นเห็ดกินได้และมีสรรพคุณทางยา กระจายอยู่ทางเขตร้อนในภูมิภาคของจีนตอนใต้ ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และปาปัวนิวกินี จัดอยู่ในกลุ่มของเห็ดหิ้ง (polypores) มีโครงสร้างเหนียวแข็งหมวกเห็ดกลมคล้ายร่ม มีก้านตรงกลาง ขึ้นโดยตรงจากดิน ส่วนหัว (sclerotium) เป็นก้อนแข็งฝังอยู่ใต้ดินอุดมไปด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ (โดยเฉพาะ (1,3)-(1,6)-เบต้า-ดี-กลูแคน), ใยอาหาร, โปรตีน, กรดอะมิโนที่จำเป็น, แร่ธาตุและกรดไขมัน มีการศึกษาคุณสมบัติทางยาอย่างแพร่หลาย โดยพบว่าสกัดจากเห็ดนมเสือมีฤทธิ์ทางชีวภาพจำนวนมาก เช่น สารออกฤทธิ์กับกระบวนการทางสมอง (cognitive function) ป้องกันระบบประสาท (neuroprotection) ปรับสมดุลภูมิคุ้มกัน (Immune modulation) ต้านโรคหอบหืด (anti-asthmatic) ต้านเนื้องอก (anti-tumor) ต้านมะเร็ง (anti-cancer) ต้านจุลินทรีย์ (anti-microbial) ต้านไวรัส (anti-viral) ต้านการอักเสบ (anti-inflam) matory) ต้านการแข็งตัวของเลือด (anti-cogulation) ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และต้านโรคอ้วน (anti-obesty) [2-4] มีคุณสมบัติในการต้านไกลเคชันซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อจัดการกับภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวานได้ [5] เห็ดนมเสือที่เกิดในธรรมชาตินั้นหายากและมีราคาสูง จึงมีการคิดวิธีการเพาะปลูกขึ้น และได้ทำการทดสอบสารอาหารและฤทธิ์ทางชีวภาพ ปรากฏว่า หัวเชื้อเห็ดนมเสือที่เพาะเลี้ยงโดยใช้เทคนิคการเพาะปลูกสูตรใหม่พบว่ามีสารอาหารและสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีขึ้น และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและพิษต่อเซลล์ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหัวเชื้อเห็ดนมเสือที่เกิดในธรรมชาติ [4]

ด้วยคุณสมบัติที่มีประโยชน์ทางเภสัชวิทยาจากเห็ดนมเสือ จึงทำให้เห็ดนมเสือเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคจำนวนมาก ปัจจุบันจึงมีการเพาะเลี้ยงเห็ดชนิดนี้เพื่อจำหน่ายและยังมีราคาสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม และต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ ซึ่งเพาะในพื้นที่ตำบลหนองหลวง อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการยืนยันคุณประโยชน์ของเห็ดนมเสือ เพื่อใช้ในการพัฒนาสารสกัดจากเห็ดนมเสือในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางโภชนเภสัชและเครื่องสำอางต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่างเห็ดนมเสือ

ได้รับตัวอย่างเห็ดนมเสือจากฟาร์มเพาะเห็ดคุณเอมอร ดีรัศมี พื้นที่ตำบลหนองหลวง อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2565

2.2 การสกัดเห็ดนมเสือด้วยตัวทำละลายเอทานอล

ชั่งเห็ดนมเสือแห้งบดละเอียด 20 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมตัวทำละลายเอทานอลปริมาตร 100 ml ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ และใช้การสกัดแบบเขย่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยสำลี และกระดาษ

กรองเบอร์ 42 นำมาระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศจะได้สารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ นำไปคำนวณหาร้อยละผลผลิตที่ได้ (percentage yield) โดยใช้สูตรดังนี้

ร้อยละผลผลิตที่ได้ = (น้ำหนักสารสกัด / น้ำหนักสารตัวอย่าง x 100)

2.3 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical screening)

นำสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือมาทำการตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอนเพื่อหากลุ่มสาร สารพฤกษเคมีเบื้องต้น ดัดแปลงวิธีจาก [6] จำนวน 9 กลุ่ม ได้แก่ฟีนอลิก ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ สเตรียรอยด์ อัลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ แอนทราควิโนน ไดเทอร์พีน และไตรเทอร์พีน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบฟีนอลิก (Phenolic test)

ชั่งสารสกัด 5 mg ละลายด้วยเอทานอล 1 ml หยดสารละลาย 5% เฟอริกคลอไรด์ 3-4 หยด หากเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินหรือสีดำแสดงว่าพบฟีนอลิก

2. การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins test)

ชั่งสารสกัด 5 mg ละลายด้วยเอทานอล 1 ml นำไปต้มให้อุ่น จากนั้นเติมน้ำกลั่น 2 ml เขย่าอย่างแรงเป็นเวลา 2 นาที หากมีฟองเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแสดงว่าพบซาโปนิน

3. การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids test)

3.1 การตรวจสอบด้วยน้ำยาอัลคาไลน์ (Alkaline reagent test)

ชั่งสารสกัด 5 mg ละลายด้วยเอทานอล 1 ml เติมสารละลาย 10% w/v โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2-3 หยด หากเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบสารฟลาโวนอยด์

3.2 การตรวจสอบด้วยเลทอะซิเตท (Lead acetate test)

ชั่งสารสกัด 5 mg ละลายด้วยเอทานอล 1 ml เติมสารละลาย 10% w/v เลทอะซิเตท 2-3 หยด หากเกิดตะกอนสีขาวหรือสีเหลืองแสดงว่าพบสารฟลาโวนอยด์

4. การตรวจสอบสเตรียรอยด์ (Steroids test)

ชั่งสารสกัด 1 mg เติมคลอโรฟอร์ม 1 ml เขย่า ค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ml หากเกิดสีแดงในชั้นคลอโรฟอร์มด้านล่างแสดงว่าพบสเตียรอยด์

5. การตรวจสอบอัลคาลอยด์ (Alkaloids test)

ชั่งสารสกัด 5 mg ละลายด้วยเอทานอล 1 ml เติมสารละลายผสม Wagner’s 2-3 หยด หากเกิดตะกอนสีน้ำตาลแสดงว่ามีอัลคาลอยด์

6. การตรวจสอบไกลโคไซด์ (glycosides test)

ชั่งสารสกัด 500 mg เติมน้ำกลั่น 5 ml กรดอะซิติก 2 ml 5% เฟอริกคลอไรด์ 2-3 หยด และค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ml ที่ข้างหลอดทดลอง หากเกิดวงแหวนสีน้ำตาลตรงกลางหรืออาจมีวงแหวนสีม่วงปรากฏใต้วงแหวนสีน้ำตาลแสดงว่าพบไกลโคไซด์

7. การตรวจสอบแอนทราควิโนน (Anthraquinones test)

ชั่งสารสกัด 100 mg เติมคลอโรฟอร์ม 5 ml เขย่าและกรอง จากนั้นเติม 10 % v/v แอมโมเนีย 2 ml หากชั้นแอมโมเนียมีสีส้ม แดง ชมพู เหลืองส้ม แสดงว่าพบอนุพันธ์แอนทราซิน

8. การตรวจสอบไดเทอร์พีน (Diterpenes test)

ชั่งสารสกัด 100 mg เติมน้ำกลั่น 5 ml อุ่น 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นกรองสารละลายหยด 10 % w/v คอปเปอร์อะซิเตรท ถ้าสารละลายเกิดสีเขียวมรกตแสดงว่าพบไดเทอร์พีน

9. การตรวจสอบไตรเทอร์พีน (Triterpenes test)

ชั่งสารสกัด 100 mg เติมคลอโรฟอร์ม 5 ml เขย่าแล้วกรอง จากนั้นค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 2 ml เขย่าเบาๆ ทิ้งไว้สัก 2-3 นาที หากสารละลายชั้นล่างปรากฏสีน้ำตาลแดงแสดงว่าพบไตรเทอร์พีน

2.4 การหาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content)

การหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก [7] โดยใช้กรดแกลลิก (Gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน โดยมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้ เตรียมความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 0.125-0.002 mg/ml ในเอทานอล โดยใส่สารมาตรฐานกรดแกลลิก 12.5 μl ลงในไมโครเพลทตามด้วยน้ำกลั่น 12.5 μl และ Folin-Ciocalteu reagent 12.5 μl ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น 100 μl ตามด้วย 7.5 % w/v โซเดียมคาร์บอเนต 125 μl เขย่าตั้งทิ้งไว้ 90 นาที จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm

เตรียมความเข้มข้นของสารสกัดหยาบของเห็ดนมเสือตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1 mg/ml โดยใส่สารสกัดตัวอย่าง 12.5 μl ลงในไมโครเพลทตามด้วยน้ำกลั่น 12.5 μl Folin-Ciocalteu reagent 12.5 μl ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น 100 μl ตามด้วย 7.5 % w/v โซเดียมคาร์บอเนต 125 μl เขย่าตั้งทิ้งไว้ 90 นาที จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ หาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนัก 1 g ของตัวอย่าง

2.5 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content)

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetry เป็นวิธีดัดแปลงจาก [8] โดยใช้เควอซิตินเป็นสารมาตรฐาน โดยมีขั้นตอนในการทดลองดังนี้ เตรียมความเข้มข้นสารมาตรฐานเควอซิติน ที่ความเข้มข้น 0.250-0.002 mg/ml ในเอทานอล โดยใส่สารมาตรฐานเควอซิติน 125 μl ลงในเพลทตามด้วย 5 % w/v โซเดียมไนไตรท์ 125 μl ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และเติม 10 % w/v อะลูมิเนียมคลอไรด์ 37.5 μl เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm

เตรียมความเข้มข้นสารสกัดหยาบตัวอย่างเอทานอล ที่ความเข้มข้น 1 mg/ml จากนั้นปิเปตสารตัวอย่างปริมาตร 125 μl ลงในเพลทตามด้วย 5 % w/v โซเดียมไนไตรท์ 12.5 μl ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และเติม 10 % w/v อลูมิเนียมคลอไรด์ 37.5 μl เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานเควอซิตินในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเควอซิตินต่อน้ำหนัก 1 g ของตัวอย่าง

2.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจาก [9] เตรียมสารละลายตัวอย่างเห็ดนมเสือ เริ่มที่ความเข้มข้น 1 mg/ml จากนั้นทำการเจือจางสารละลายในความเข้มข้นที่เหมาะสม ปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 100 μl ใส่ลงบนไมโครเพลท 96 well เติมสารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.2 mM ปริมาตร 100 μl ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 nm จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Radical Scavenging) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\% \text{ Radical scavenging} = [(A \text{ control} - A \text{ sample})/A \text{ control}] \times 100$$

เมื่อ A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารผสมระหว่างสารละลายDPPH กับสารตัวอย่าง

A control คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลาย DPPH (ไม่ผสมสารตัวอย่าง)

ทำการสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ (% Radical Scavenging) และความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50 % (IC_{50})

2.7 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) เป็นวิธีดัดแปลงมาจาก [10] เตรียมสารละลายตัวอย่างเห็ดนมเสือ เริ่มต้นที่ความเข้มข้น 1 mg/ml จากนั้นทำการเจือจางสารละลายในความเข้มข้นที่เหมาะสม เตรียมสารละลาย $ABTS^{+}$ โดยการผสม 7 mM ABTS 1 ml กับ 2.4 mM โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1 ml แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 16 ชั่วโมง เจือจางสารละลาย $ABTS^{+}$ ด้วยเอทานอล แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงให้ได้ประมาณ 0.7 ที่ความยาวคลื่น 734 nm ปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 20 μl ใส่ลงบนไมโครเพลท 96 well เติมสารละลาย $ABTS^{+}$ ปริมาตร 180 μl ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 734 nm ทำการสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ (% Radical Scavenging) และความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (IC_{50})

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การเตรียมสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ

จากการนำเห็ดนมเสือบดละเอียดจำนวน 20 g สกัดด้วยเอทานอลและนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบลดความดันได้สารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ แสดงลักษณะของสารสกัดหยาบ น้ำหนักสารสกัดหยาบ ร้อยละผลผลิต แสดงผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลักษณะ น้ำหนัก และร้อยละผลผลิต ของสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ

ตัวทำละลาย	ลักษณะสารสกัดหยาบ	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (กรัม)	ร้อยละผลผลิต (% yield)
เอทานอล	ของแข็งกึ่งของเหลวสีเหลืองเข้ม	0.0267	0.13

3.2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical screening)

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเอทานอลเห็ดนมเสือ 9 กลุ่ม พบสารพฤกษเคมีจำนวน 7 กลุ่ม ได้แก่ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ สเตียลอยด์ ไกลโคไซด์ แอนทราควิโนน ไดเทอร์พีน และไตรเทอร์พีน แสดงผลดังตารางที่ 3.2

ตางรางที่ 3.2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ

สารพฤกษเคมี		ผลการทดสอบ
ฟีนอลิก		+
ซาโปนิน		-
ฟลาโวนอยด์	-Alkaline reagent test	+
	-Lead acetate test	+
สเตียลอยด์		+

อัลคาลอยด์	-
ไกลโคไซด์	+
แอนทราควิโนน	+
ไดเทอร์พีน	+
ไตรเทอร์พีน	+

หมายเหตุ : + พบสารพฤกษเคมี , - ไม่พบสารพฤกษเคมี

3.3 การหาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content)

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent เทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก โดยทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณกรดแกลลิกเทียบกับสารตัวอย่าง 1 g พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือมีปริมาณฟีนอลิกรวม เท่ากับ 0.065±0.003 mg GAE/g sample (ตารางที่ 3.3)

3.4 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (Total flavonoid content)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetry เทียบกับสารมาตรฐานเควอซิติน ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเควอซิตินเทียบกับสารตัวอย่าง 1 g พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์เท่ากับ 0.141±0.009 mg QE/g sample (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือ

สารสกัด	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mg GAE/g sample)	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mg QE/g sample)
เห็ดนมเสือ	0.065±0.003	0.141±0.009

3.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหา % scavenging แล้วนำค่าไปสร้างกราฟระหว่างค่า % scavenging และความเข้มข้น พบว่าสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ และสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก สามารถยับยังอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) มีค่าเท่ากับ 6.65±0.07 μg/ml และ 0.43±0.04 μg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 3.4)

3.6 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือ และสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ด้วยวิธี ABTS พบว่าสามารถยับยังอนุมูลอิสระที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) มีค่าเท่ากับ 388.25±2.05 μg/ml และ 31.67±0.58 μg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 3.4)

จากการตรวจหาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือจำนวน 9 กลุ่ม ได้แก่ ฟีนอลิก ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ สเตียรอยด์ อัลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ แอนทราควิโนน ไดเทอร์พีน และไตรเทอร์พีน โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีและการตกตะกอน พบสารพฤกษเคมีทั้งหมด 7 ชนิด คือ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ สเตียรอยด์ ไกลโคไซด์ แอนทราควิโนน ไดเทอร์พีน และไตรเทอร์พีน จัดเป็นกลุ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ โดยเฉพาะสารกลุ่มฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์

จัดเป็นต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ [11-12] การหาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent เทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก อาศัยหลักการการเกิดปฏิกิริยาของ Phenolic hydroxyl groups ของฟีนอลิกรวม รีดิวซ์ Phospho-molybdic-phosphotungstic acid ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ Folin-Ciocalteu reagent เกิดเป็น Tungsten และ Molybdenum blue ให้สีน้ำเงินและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm พบว่า สารสกัดหยาบเอทานอลจากเห็ดนมเสือมีปริมาณ

ตารางที่ 3.4 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ของสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือ

สารสกัด	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	
	DPPH (μg/ml)	ABTS (μg/ml)
เห็ดนมเสือ	6.65±0.07	388.25±2.05
กรดแอสคอร์บิก	0.43±0.04	31.67±0.58

ฟีนอลิกรวมเท่ากับ 0.065±0.003 mg GAE/g sample ส่วนการหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือ โดยใช้วิธี aluminium chloride colorimetry เทียบกับสารมาตรฐานเควอซิติน อาศัยหลักการการทำปฏิกิริยากันระหว่างอะลูมิเนียม ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ phenolic hydroxyl groups ของสารประกอบฟลาโวนอยด์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลืองและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 510 nm พบว่า มีปริมาณฟลาโวนอยด์รวม เท่ากับ 0.141±0.009 mg QE/g sample จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าเห็ดนมเสือจะเป็นแหล่งสารของสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ [13] พบสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในสารสกัดเห็ดนมเสือเช่นกัน และยังเป็นกลุ่มสารที่พบได้ในเห็ดทั่วไป [14] ผลการทดลองยังพบว่าสารสกัดเห็ดนมเสือมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าฟีนอลิกรวมอีกด้วย นอกจากนี้ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ DPPH และ ABTS ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว มีความเสถียร และมีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH เป็นการทดสอบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ ส่วนการทดสอบด้วยวิธี ABTS เป็นการทดสอบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ และมีความไวต่อปฏิกิริยา ผลการทดลองพบว่าสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือ และกรดแอสคอร์บิกซึ่งใช้เป็นสารควบคุมเชิงบวกมีค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถทำให้ความเข้มข้น DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) มีค่าเท่ากับ 6.65±0.07 และ 0.43±0.04 μg/ml ตามลำดับ ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มีค่า IC_{50} เท่ากับ 388.25±2.05 และ 31.67±0.58 μg/ml จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสารสกัดเอทานอลของเห็ดนมเสือมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ได้ดีกว่า DPPH (เมื่อพิจารณาผลเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสกัดมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากอนุมูลอิสระ DPPH มีความคงตัวสูงไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือน ABTS ซึ่งอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของ DPPH มีวงแหวนเบนซีนและหมู่ไนโตรเจนขัดขวางอยู่ ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระมีโมเลกุลขนาดใหญ่เข้าไปทำปฏิกิริยาได้ช้ากว่า [15-16] การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบจากเห็ดนมเสือเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพ สามารถที่จะนำใช้เป็นแหล่งของวัตถุดิบที่จะให้ในการพัฒนาเป็นอาหารเสริม ยา หรือเครื่องสำอางต่อไปในอนาคต

4. บทสรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปว่าสารสกัดหยาบเอทานอลของเห็ดนมเสือที่เพาะเลี้ยงในพื้นที่ตำบลหนองหลวง อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก เป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่สำคัญในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพ สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โภชนเภสัชเพื่อสุขภาพหรือเครื่องสำอางได้ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำวิจัยขอขอบคุณ สาขาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัย และคุณเอมอร ดีรัศมี ที่สนับสนุนตัวอย่างเห็ดนมเสือในการทดลองครั้งนี้ รวมถึงศูนย์บ่มเพาะวิสาหกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความช่วยเหลือประสานงานให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ไตรรัตน์ มาศตุเวช, จิตติมา ดำรงวัฒนะ, เดโช แขน้ำแก้ว และอุดมศักดิ์ เดโชชัย. แนวทางการส่งเสริมการเพาะเห็ดฟาร์มในชุมชนกรณีศึกษาฟาร์มเห็ด ดาบตำรวจวิเชียร คงจุ้ย หมู่ที่ 9 ตำบลร่มเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง. *วารสาร มจร เพชรบุรีปริทรรศน์*. 4(2021)1-16.

[2] HY. Y. Yap, A. A. Aziz, SY. Fung, ST. Ng, CS. Tan, & NH. Tan, Energy and nutritional composition of tiger milk mushroom (*Lignosus tigris* Chon S. Tan) sclerotia and the antioxidant activity of Its extracts. *International Journal of Medical Sciences.* 11(2014)602-607.

[3] N. Nallathamby, CW. Phan, S. LS. Seow, A. Baskaran, H. Lakshmanan, S. NA. Malek, et al. A status review of the bioactive activities of tiger milk mushroom *Lignosus rhinocerotis* (cooke) ryvarden. *Frontiers in Pharmacology*. 8(2018)1-15.

[4] N. AM. Jamil, N. MN. Rashid, M. HA. Hamid, N. Rahmad, & J. R. Al-Obaidi, Comparative nutritional and mycochemical contents, biological activities and LC/MS screening of tuber from new recipe cultivation technique with wild type tuber of tiger's milk mushroom of species *Lignosus rhinoceros*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 34(2018)1-10.

[5] H. YY. Yap, N. H. Tan, S. T. Ng, C.S. Tan, & S. Y. Fung, Inhibition of protein glycation by tiger milk mushroom [*Lignosus rhinocerus* (cooke) ryvarden] and search for potential anti-diabetic activity-related metabolic pathways by genomic and transcriptomic data mining. *Frontiers in Pharmacology*. 9(2018)1-12.

[6] J. R. Shaikh, & MK. Patil, Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *International Journal of Chemical Studies*. 8(2020)603-608.

[7] L. Majhenic, M. Skerget, and Z. Knez, Antioxidant and antimicrobial activity of guaranaseed extracts. *Food Chemistry*. 104(2007)1258-1268.

[8] M. Kaur, B. Asthir, and G. Mahajan, Variation in antioxidants, bioactive compounds and antioxidant capacity in germinated and ungerminated grains of ten rice cultivars. *Rice Science*. 24(2017)349-359.

[9] S. Vararat, C. Managi,t L. Iamthanakul, W. Soparat, & N. Kamkean, Examination of antioxidant activity and development of rice bran oil and gamma-oryzanolmicroemulsion. *Journal Health Research*. 24(2010)67-72.

[10] Y. Pang, S. Ahmed, Y. Xu, T. Beta, Z. Zhu, Y. Shao, & J. Bao, Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red, and black rice. *Food Chemistry*. 240(2018)212-221.

[11] P.G. Pietta, Flavonoids as Antioxidants. *Journal of Natural Products*. 63(2000)1035–1042.

[12] M.S. Brewer, Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive Reviewsin Food Science and Food Safety*. 10(2011)221-247.

[13] P. Kittimongkolsuk, M. Roxo, H. Li, S. Chuchawankul, M. Wink, and T. Tewin Tencomnao, Extracts of the tiger milk mushroom (*Lignosus rhinocerus*) enhance stress resistance and extend lifespan in caenorhabditis elegans via the DAF-16/FoxO signaling pathway. *Pharmaceuticals*. 14(2021)1-22.

[14] A.M. Abdelshafy, T. Belwal, Z. Liang, L. Wang, D. Li, & Z. Luo, A comprehensive review on phenolic compounds from edible mushrooms: Occurrence, biological activity, application and future prospective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62(2022)6204-6224.

[15] บุหรัน พันธุ์สวรรค์. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 21(2556)276-286.

[16] หัทยา บุญญวงศ์, จุฬาลักษณ์ โชคไพศาล และ สุรศักดิ์ ลิ้มสุวรรณ. การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตำรับยาแก้ฝีรวงผึ้ง. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ครั้งที่ 15, ปทุมธานี, 2563. 87-95.

การพัฒนาเครื่องอัดเอนกประสงค์เพื่อการผลิตถ่านอัดแท่ง

Development of the multi-purpose compressing machine for producing briquettes

เลิศเลขา ศรีรัตนะ[1*] ศศิธร จันทร์เทียน[1] และ นุกูล อุบลบาน[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
[*]Email: lerdlekha.s@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้นและสามารถใช้งานได้อย่างหลากหลายโดยอาศัยหลักการวิเคราะห์และออกแบบทางวิศวกรรม จากการศึกษาพบว่าเครื่องอัดถ่านแท่งแบบเย็นที่มีใช้ทั่วไปส่วนใหญ่เป็นแบบสกรูขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและแบบอัดด้วยระบบไฮดรอลิกซึ่งมีข้อจำกัดด้านการใช้งาน จึงได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งแบบอเนกประสงค์ที่มีระบบไฮดรอลิกเป็นระบบส่งกำลังหลักเพื่อให้เครื่องสามารถปรับค่าแรงดันไฮดรอลิกได้ในช่วง 3 ถึง 10 บาร์และสามารถทำงานได้อย่างหลากหลาย โดยพัฒนาให้เครื่องสามารถทำการบด อัด และสามารถตัดแท่งถ่านได้แบบอัตโนมัติ จากการทดสอบพบว่าเครื่องอัดเอนกประสงค์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการบดและอัดแท่งถ่านได้ตามวัตถุประสงค์การศึกษา โดยสามารถอัดถ่านได้ประมาณ 30 วินาทีต่อก้อนที่ค่าแรงดันไฮดรอลิก 5 บาร์ และสามารถตัดแท่งถ่านได้อัตโนมัติ ถ่านอัดที่ได้มีลักษณะทางกายภาพและขนาดถ่านเป็นไปตามที่กำหนด มีการกระจายแรงอัดที่สม่ำเสมอ และมีคุณภาพในการเผาไหม้ที่ดี จากการวิเคราะห์ส่วนต้นทุนคงที่ซึ่งเป็นราคาเครื่องเท่ากับ 38,265 บาท สามารถผลิตถ่านได้ 97.15 กิโลกรัมต่อวัน และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 48 วัน

คำสำคัญ: ถ่านอัด, ไฮดรอลิก, เครื่องอัด

Abstract

The objective of this study is to improve the existing charcoal briquetting machines to be more efficient and capable of performing a wide variety of tasks. Therefore, an existing charcoal briquetting machine has been redesigned to develop a multi-purpose briquetting machine driven by hydraulic system as a main power unit for adjustability of the pressing pressure in the range of 3 to 10 Bar as well as to perform a wide range of tasks. From experiment, it was observed that the machine developed can grind and press the briquettes and be able to cut the charcoal briquettes automatically. The briquettes produced from the main ingredient of coconut shell can be pressed for approximately 30 seconds per piece at a pressure of 5 Bar with uniform size and compression distribution to provide good combustion quality. The cost of this multi-purpose briquetting machine developed was about 38,265 Baht which can produce 97.15 kg of charcoal per day at a pressure of 5 Bar with a payback period of 48 days.

Keywords: Briquette, Hydraulic, Compressing Machine

1. บทนำ

เครื่องอัดถ่านมีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เช่น เครื่องอัดที่ใช้ในงานอัดทั่วไปแบบปรับค่าแรงอัดไม่ได้ เครื่องอัดแบบใช้กลไกที่ซับซ้อน และเครื่องอัดขนาดใหญ่เพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยกระบวนการอัดถ่านมี 2 รูปแบบคือการอัดแบบร้อนและการอัดแบบเย็น ดังนั้นการพัฒนาเครื่องอัดให้มีกระบวนการทำงานที่เหมาะสมกับวัตถุดิบและส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้จึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนาแน่นที่เหมาะสม ใช้งานง่าย และบำรุงรักษาง่าย โดยคำนึงถึงการออกแบบและต้นทุนที่เหมาะสมเมื่อนำไปใช้เพื่อผลิตถ่านอัดแท่งในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือเพื่อแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ [1,2,3]

ในปัจจุบันปริมาณความต้องการพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวล เช่นถ่านและฟืน ยังคงมีอยู่มากในครัวเรือน ร้านอาหารและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก แต่การใช้ชีวมวลจากฟืนและถ่านที่มาจากแหล่งธรรมชาติอาจส่งผลให้เกิดการตัดไม้ทำลายป่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อส่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์ทางธรรมชาติได้ ชีวมวลจากผลผลิตหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากกระบวนการการผลิตถ่านอัดแท่งจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากพลังงานทดแทนได้ แต่กระบวนการการผลิตควรมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของตลาดและมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ดังนั้นการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อการอัดแท่งถ่านโดยพิจารณาจากความเหมาะสมของวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งและความสามารถในการแปรรูปจะสามารถช่วยให้มีการใช้ประโยชน์จากสิ่งของเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด [4]

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดเอนกประสงค์ขนาดเล็กแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งที่มีประสิทธิภาพแต่โครงสร้างไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย และสามารถบำรุงรักษาได้ง่าย โดยเลือกใช้ส่วนผสมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นกรณีศึกษา การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดที่ออกแบบขึ้นจะพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพ อัตรากำลังการผลิต ความหนาแน่นของก้อนถ่าน เวลาการเผาไหม้ เป็นต้น

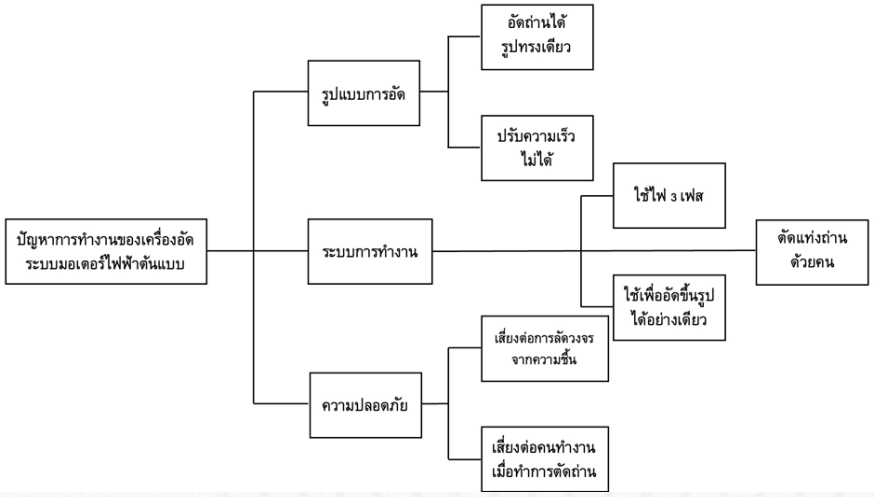
2. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอัดเอนกประสงค์แบบกึ่งอัตโนมัติด้วยกระบวนการอัดเย็น ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจาก 1.) วิเคราะห์ข้อจำกัดของเครื่องอัดถ่านที่มีใช้ในปัจจุบัน 2.) ทำการออกแบบเครื่องอัดแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถทำงานได้หลากหลายและบำรุงรักษาได้ง่ายโดยคำนึงถึงหลักการทางด้านวิศวกรรม 3.) ทำการประกอบและทดสอบเครื่องเพื่อวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอัดอเนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้น 4.) ทำการวิเคราะห์คุณภาพถ่านอัดและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ และ 5.) สรุปผลการศึกษา โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ปัญหาและการออกแบบเครื่องดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อจำกัดของเครื่องอัดถ่านต้นแบบ

เครื่องอัดถ่านต้นแบบที่มีใช้งานโดยทั่วไปเป็นแบบสกรูอัดเย็นที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและแบบไฮดรอลิกกดอัดขึ้นรูป ระบบไฟฟ้าแบบสกรูอัดขึ้นรูปมีข้อดี คือ น้ำหนักเบา การขนย้ายทำได้ง่าย กำลังการผลิตสูง แต่ต้นทุนราคาเครื่องไม่สูงนัก ส่วนระบบไฮดรอลิกแบบกดอัดขึ้นรูปมีข้อดี คือ การซ่อมบำรุงรักษาง่าย ระบายความร้อนได้ดี มีความปลอดภัยสูง และสามารถขึ้นรูปถ่านพร้อมใช้แต่ต้องใช้แรงงานคนนำก้อนถ่านออกจากแม่พิมพ์ การใช้ชุดไฮดรอลิกในการควบคุมการทำงาน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระยะยาวถูกกว่าและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าระบบไฟฟ้า [5,6] จากการวิเคราะห์พบว่าเครื่องอัดระบบไฟฟ้าแบบสกรูสามารถพัฒนาเพื่อลดข้อจำกัดเดิมที่มีอยู่ได้โดยนำข้อดีของระบบไฮดรอลิกมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อให้ได้เครื่องอัดที่มีขนาดกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และเหมาะสำหรับโรงงานขนาดเล็ก การศึกษานี้จึงใช้รูปแบบการทำงานของเครื่องอัดแบบสกรูเป็นต้นแบบในการออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องอัดที่มีอยู่เดิม

โดยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานเครื่องอัดถ่านแบบสกรูขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยแผนภูมิต้นไม้แบบ Why-Why Analysis ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิต้นไม้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาการทำงานของเครื่องอัดระบบมอเตอร์ไฟฟ้าต้นแบบ

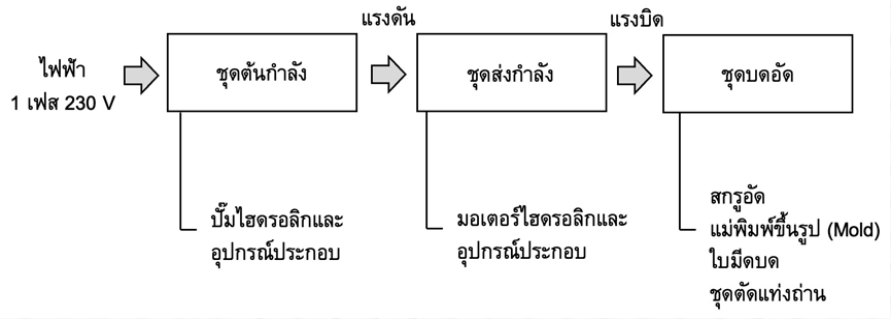
จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาหลักของเครื่องอัดถ่านระบบมอเตอร์ไฟฟ้า มี 3 หัวข้อหลัก ซึ่งการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านจะพิจารณาจากปัญหาหลักทั้ง 3 ข้อดังต่อไปนี้

1.) ปัญหากำลังอัด เครื่องระบบเดิมมีการอัดด้วยกำลังอัดค่าคงที่และไม่สามารถปรับความเร็วรอบในการทำงานได้ ดังนั้นหากต้องการปรับเปลี่ยนค่ากำลังอัดหรือความเร็วในการอัด จะต้องทำการเปลี่ยนมอเตอร์หรือต้องปรับปรุงระบบต้นกำลังทั้งหมด

2.) ปัญหาระบบการทำงาน เครื่องระบบเดิมใช้ไฟ 3 เฟสเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ในระบบต้นกำลังเพื่อให้มีกำลังอัดที่เหมาะสมเพียงพอ แต่การใช้งานกับระบบไฟ 3 เฟสมีข้อจำกัด เนื่องจากไม่ได้เป็นระบบไฟฟ้าที่มีใช้งานทั่วไปตามบ้านเรือน นอกจากนี้ระบบเดิมยังออกแบบมาเพื่อทำการอัดแท่งถ่านเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถใช้งานอย่างอื่นได้ และการตัดแท่งถ่านยังเป็นการใช้แรงงานคน ไม่สามารถตัดแท่งถ่านตามขนาดที่ต้องการได้โดยอัตโนมัติ

3.) ปัญหาด้านความปลอดภัย การประกอบเครื่องอัดในระบบเดิมใช้การวางมอเตอร์ไฟฟ้าใกล้กับชุดบรรจุวัตถุดิบผสมแล้วเข้าเครื่องอัด ซึ่งวัตถุดิบมีความชื้นสูงอาจทำให้เกิดการลัดลงจรได้หากมีการประกอบเครื่องไม่ได้มาตรฐานความปลอดภัย และการใช้คนงานตัดแท่งถ่านอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุจากมีดตัดที่มีคมได้

จากรายละเอียดการออกแบบข้างต้นจึงได้เขียนสรุปเป็นองค์ประกอบของเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกแบบสกรูโดยใช้ไดอะแกรมแสดงในภาพที่ 2

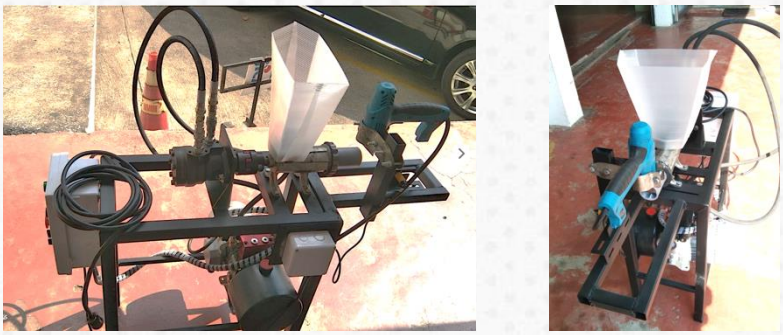


ภาพที่ 2 องค์ประกอบของเครื่องอัดถ่านแบบสกรูที่ได้ทำการออกแบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการทำงานของเครื่องอัดแท่งถ่านระบบไฮดรอลิกแบบสกรูให้มีระบบตัดแท่งถ่านแบบอัตโนมัติ สามารถปรับค่าความเร็วการอัดได้ นอกจากนี้ยังทำการปรับปรุงรูปแบบการใช้งานให้สามารถบดและอัดได้จึงมีความเอนกประสงค์มากขึ้น และยังได้ติดตั้งสวิตช์ตัดไฟอัตโนมัติเพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน ตัวเครื่องมีขนาดโดยประมาณเท่ากับ 50 x 90 x 125 เซนติเมตร และมีการแยกตำแหน่งติดตั้งชุดต้นกำลัง (Power Unit) ออกจากโครงสร้างหลักของตัวเครื่อง เพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและง่ายต่อการบำรุงรักษาเครื่อง

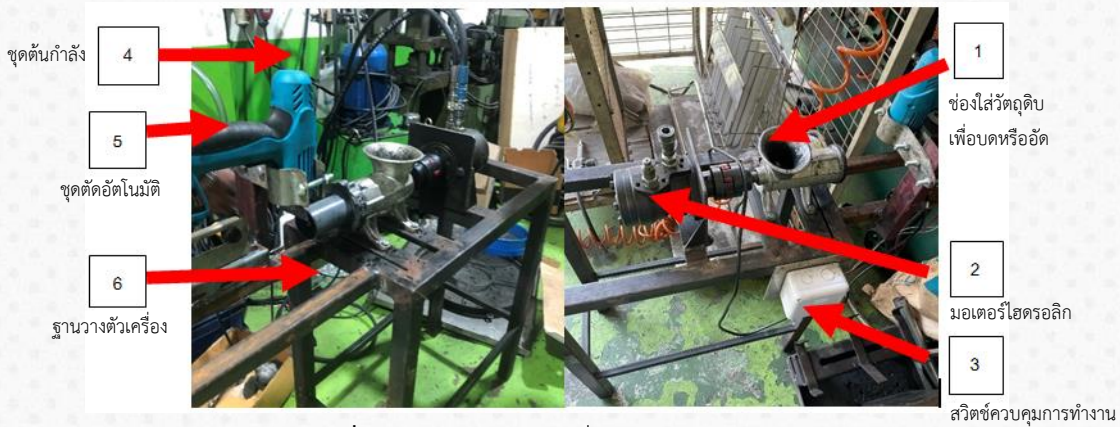
2.2 การประกอบเครื่องอัดถ่านเอนกประสงค์ระบบไฮดรอลิกแบบสกรู

จากหลักการออกแบบเครื่องอัดถ่านอเนกประสงค์ที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 2.1 จึงได้ทำการประกอบเครื่อง โดยเครื่องอัดเอนกประสงค์ที่ประกอบสำเร็จแล้วแสดงในภาพที่ 3 และส่วนประกอบของเครื่องดังแสดงในภาพที่ 4 โดยระบบต้นกำลังประกอบด้วยปั๊มไฮดรอลิก 1 เฟส ขนาด 750 วัตต์ และมอเตอร์ไฮดรอลิกที่มีความเร็วรอบสูงสุด 150 รอบต่อนาที ส่วนตัวเครื่องพัฒนามาจากชุดบดเนื้อสัตว์เพื่อลดต้นทุนเครื่อง



ด้านข้าง (ก) ด้านหน้า (ข)

ภาพที่ 3 เครื่องอัดถ่านอเนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้น



ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของเครื่องอัดถ่านระบบไฮดรอลิก

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

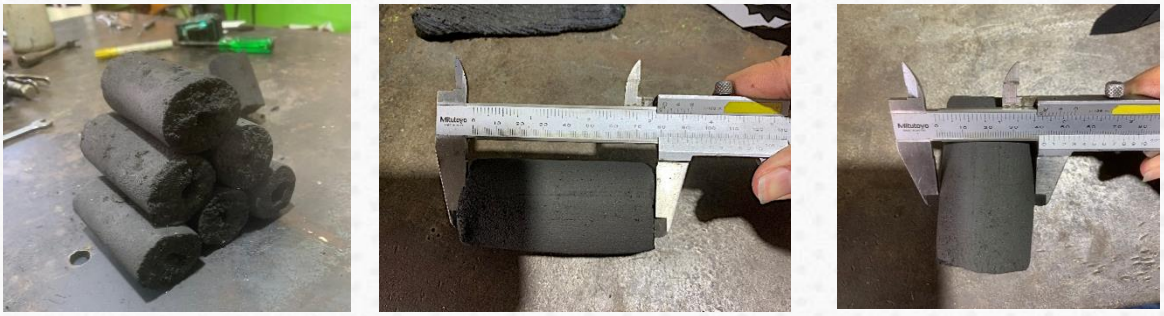
การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดอเนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้นจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการใช้งานซึ่งประกอบด้วยการอัดและการบด และส่วนของการทดสอบคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัด จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการอัดและบด

การทดสอบประสิทธิภาพการอัดจะทำการทดสอบโดยใช้ส่วนผสมที่ประกอบด้วย ผงถ่านบดละเอียดที่ได้จากถ่านไม้และกะลามะพร้าว แป้งมัน และ น้ำเปล่า ในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่าน คือ คือ ผงถ่านบดละเอียด 10 ส่วน

แป้งมัน 1 ส่วน และน้ำ 1 ส่วน มาอัดขึ้นรูปถ่าน [4] เมื่อได้ส่วนผสมตามที่กำหนดจะใช้แรงอัดขึ้นรูปซึ่งเป็นแรงดันจากปั๊มไฮดรอลิกขนาด 5 บาร์ ทำการอัดวัตถุดิบที่ผสมกันดีแล้วน้ำหนัก 1 กิโลกรัมแบบต่อเนื่อง โดยใช้แม่พิมพ์ถ่านที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีรูกลวงตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร และตั้งระยะตัดถ่านอัตโนมัติที่ 8 เซนติเมตรจากปลายแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งในขนาดที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด [7] ระหว่างการอัดจะทำการจับเวลาเพื่อใช้วิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการผลิตถ่านต่อก้อนโดยเฉลี่ยซึ่งรวมเวลาในการอัดและตัดด้วย จากนั้นทำการตรวจสอบรอยร้าวและรอยแตกของเนื้อถ่านด้วยสายตาเพื่อพิจารณาความสม่ำเสมอของการกระจายแรงอัด

จากการทดสอบอัดถ่านแบบต่อเนื่องจะได้ถ่านจำนวน 9 ก้อนโดยใช้เวลาในกระบวนการอัดและตัดทั้งหมด 4 นาที 30 วินาที หรือใช้เวลาในการผลิตประมาณ 30 วินาทีต่อถ่าน 1 ก้อน จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าถ่านอัดทุกก้อนที่ได้มีลักษณะและรูปทรงตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีรอยร้าวหรือแตกหักบนตัวถ่าน โดยตัวอย่างถ่านที่ได้จากการอัดขึ้นรูปและการวัดขนาดแท่งถ่านอัดดังแสดงในภาพที่ 5



ก) ถ่านอัดที่ได้มีรูกลวงตรงกลาง ข) วัดความยาวได้ 8 เซนติเมตร ค) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 5 เซนติเมตร

ภาพที่ 5 ถ่านอัดที่ได้จากเครื่องอัดเอนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้น

ส่วนการทดสอบประสิทธิการบดจะใช้เศษก้อนถ่านขนาดเล็ก เนื่องจากตัวเครื่องมีขนาดจำกัดจึงไม่สามารถติดตั้งใบมีดที่มีขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการบดวัตถุที่มีขนาดใหญ่ได้ และหากใช้ก้อนวัตถุขนาดใหญ่เกินความสามารถของเครื่องอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อสกรูและใบมีดบดได้ โดยถ่านที่ผ่านการบดแล้วจะนำทดสอบโดยนำเศษก้อนถ่านที่จะใช้ทดสอบการบดมาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า จากนั้นทำการบดเศษก้อนถ่านที่มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 100 กรัม โดยตั้งค่าแรงดันปั๊มไฮดรอลิกที่ระดับ 5 บาร์ แล้วนำผงถ่านที่ได้มาร่อนผ่านตะแกรง โดยตะแกรงที่ใช้จะมีขนาดของรูตะแกรงที่แตกต่างกัน คือ ขนาด 2 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ความละเอียดของผงถ่านที่ได้ ขั้นตอนสุดท้ายคือชั่งน้ำหนักของผงถ่านที่ได้จากการร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบด จากการวิเคราะห์ผลพบว่าถ่านที่ผ่านการบดด้วยเครื่องอัดถ่านอเนกประสงค์สามารถร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดของรูตะแกรง 2 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตรได้เท่ากับ 88 กรัมและ 59 กรัม หรือคิดเป็น 88 เปอร์เซ็นต์ และ 59 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักก้อนถ่านก่อนบดตามลำดับ ซึ่งผงถ่านบดละเอียดที่ได้นี้มีความละเอียดมากพอจึงนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการทดลองอัดแท่งถ่านด้วยเครื่องอัดเอนกประสงค์นี้ด้วย การทดสอบการบดและผงถ่านที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 6

3.2 การทดสอบคุณภาพการเผาไหม้ของถ่านอัด

ถ่านอัดแท่งที่ได้จากการทดสอบอัดในหัวข้อที่ 3.1 จะถูกไปทำการลดความชื้นด้วยการอบเพื่อให้ถ่านที่มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ซึ่งอ้างอิงจากค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 238/2547 จากนั้นทำการจุดไฟเพื่อสังเกตการเผาไหม้ ซึ่งจากการสังเกตไม่พบปัญหาในเรื่องการจุดติดไฟและเกิดสะเก็ดไฟน้อยมาก โดยมีระยะเวลาติดไฟประมาณ 120 - 180 นาที ใกล้เคียงกับถ่านอัดอื่น ๆ [7] จากการสังเกตปริมาณของควันและเขม่าควันจากการเผาไหม้ของถ่าน โดยนำภาชนะมาบรรจุน้ำแล้วต้มน้ำด้วยตัวอย่างถ่านทดสอบ พบว่าคราบเขม่าควันที่ก้นภาชนะมีน้อยมาก จึงสามารถสรุปได้ว่าปริมาณควันและเขม่า

ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านที่ถูกอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิกเอนกประสงค์ที่นำมาทดสอบในครั้งนี้มีคุณภาพในการเผาไหม้ดี เขม่าน้อย ไม่เกิดควัน และเกิดสะเก็ดไฟน้อย ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของแรงอัดที่ใช้ในการขึ้นรูปถ่านจึงทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อถ่านอัดที่น้อยด้วย การทดสอบการเผาไหม้ดังแสดงในภาพที่ 7



ก) ผงถ่านบดน้ำหนัก 100 กรัม ข) ทดสอบร่อนตะแกรงขนาด 2 มม. ค) ทดสอบร่อนตะแกรงขนาด 0.5 มม.

ภาพที่ 6 ผงถ่านบดละเอียดที่ได้จากเครื่องอัดเอนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้น



ก) ทดสอบการจุดติดไฟ ข) คราบเขม่าจากการเผาไหม้

ภาพที่ 7 การทดสอบคุณภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดที่ได้จากเครื่องอัดเอนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้น

3.3 การอภิปรายผล

เครื่องอัดที่ได้พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการใช้งานได้หลากหลายโดยสามารถ บด อัด และตัดได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ใช้แรงงานคนในการผลิตลดลง ต้นทุนด้านแรงงานคนลดลง สะดวกต่อการใช้งานทั่วไปเนื่องจากใช้ระบบไฟฟ้า 1 เฟส และออกแบบให้มีความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งที่ได้จะมีคุณลักษณะภายนอกเหมือนกันทุกก้อนจากการตัดด้วยระบบอัตโนมัติที่ให้กำลังในการตัดถ่านคงที่และสม่ำเสมอ เมื่อทำการปรับค่าแรงดันไฮดรอลิกซึ่งระบบออกแบบมาให้สามารถปรับค่าได้ในช่วง 3 ถึง 10 บาร์ พบว่าความเร็วรอบการทำงานของเครื่องมีความแตกต่างกัน จากการทดสอบที่ระดับความดันไฮดรอลิก 3, 5, 7 และ 10 บาร์ เพื่ออัดถ่านที่อัตราส่วนเช่นเดียวกับการทดสอบในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้โดยไม่ทำให้ระบบเกิดการติดขัด โดยเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดถ่าน 1 ก้อนแตกต่างกันประมาณ 1 วินาทีต่อค่าแรงดันต่าง 2 บาร์ โดยแรงดันที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเร็วรอบการหมุนของแกนอัดเพิ่มขึ้นด้วย และถ่านที่ได้จากการอัดด้วยแรงดันไฮดรอลิกทดสอบทั้ง 4 ค่ามีความหนาแน่นแตกต่างกันเล็กน้อย ดังนั้นเครื่องอัดแท่งถ่านที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถปรับค่าความเร็วรอบให้เหมาะสมกับวัตถุดิบในการผลิตถ่านแท่งประเภทอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้ เช่น ความฝืดและความ

เหนียว โดยไม่ต้องปรับหรือแก้ไขระบบต้นกำลังของเครื่อง นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันความเสียหายของเครื่องจากการติดขัดของสกรูโดยปรับความเร็วรอบมอเตอร์กับคุณสมบัติของวัตถุดิบให้เหมาะสมกัน

จากการวิเคราะห์กำลังการผลิตโดยเฉลี่ยต่อวันพบว่าเครื่องอัดที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้ประมาณ 97.15 กิโลกรัมต่อวันหลังจากอบเพื่อลดความชื้นตามมาตรฐานแล้ว ใกล้เคียงกับเครื่องอัดถ่านระบบมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเดิมที่ใช้ในการอ้างอิงซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณ 50 - 100 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งความเร็วในการผลิตขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการทำงานของคนที่ทำหน้าที่ในการตัดก้อนถ่านด้วยจึงทำให้อัตราการผลิตไม่คงที่ แต่เครื่องอัดถ่านเอนกประสงค์ที่พัฒนาขึ้นมีระบบตัดแท่งถ่านอัตโนมัติ ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการผลิตถ่านต่อก้อนและกำลังการผลิตต่อวันจึงมีค่าคงที่และสม่ำเสมอ ส่วนการพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าราคาเครื่องซึ่งเป็นต้นทุนคงที่เท่ากับ 38,893 บาท ต้นทุนผันแปรเท่ากับ 1,090.72 บาทต่อวัน และมีกำไรจากการจำหน่ายโดยประมาณเท่ากับ 822.28 บาท โดยประมาณจากราคาขายปลีก 20 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 48 วัน

เนื่องจากการทดลองใช้วัตถุดิบที่เป็นผงถ่านบดละเอียดจากถ่านไม้ผสมกับถ่านกะลามะพร้าว ดังนั้นค่าแรงดันไฮดรอลิกที่ใช้ทดสอบจึงเหมาะกับส่วนผสมที่กำหนดเท่านั้น จึงต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพเครื่องมือเมื่อใช้กับวัตถุดิบประเภทอื่น ๆ และส่วนผสมอื่นด้วย นอกจากนี้การศึกษายังไม่ครอบคลุมด้านประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ได้ จึงต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์ต่อไป โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเปลี่ยนส่วนผสมและอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการอัดถ่าน

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้นและสามารถใช้งานได้อย่างหลากหลาย จากการศึกษาพบว่าเครื่องอัดถ่านแท่งแบบเย็นที่มีใช้อยู่ทั่วไปส่วนใหญ่เป็นแบบสกรูขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและแบบอัดขึ้นรูปด้วยระบบไฮดรอลิก ซึ่งทั้งสองแบบนี้มีข้อดีในการใช้งานแต่ก็มีข้อจำกัด เช่น ไม่สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ ทำให้ค่าการอัดที่ได้มีค่าคงที่และสามารถทำการอัดได้เพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งโดยนำข้อดีของระบบมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบไฮดรอลิกมาพัฒนาเป็นเครื่องอัดอเนกประสงค์ที่มีระบบไฮดรอลิกเป็นระบบส่งกำลังหลัก เพื่อให้เครื่องสามารถปรับค่าแรงดันไฮดรอลิกได้ในช่วง 3 ถึง 10 บาร์ และสามารถทำงานได้อย่างหลากหลาย โดยพัฒนาให้เครื่องสามารถทำการบดได้โดยการเปลี่ยนหัวบดอัดของเครื่องและสามารถตัดแท่งถ่านได้แบบอัตโนมัติ

จากการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานพบว่าเครื่องอัดเอนกประสงค์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการบดและอัดแท่งถ่านโดยปรับค่าแรงดันไฮดรอลิกได้ตามวัตถุประสงค์การศึกษา สามารถอัดถ่านได้ประมาณ 30 วินาทีต่อก้อนที่ค่าแรงดันไฮดรอลิก 5 บาร์ และสามารถตัดแท่งถ่านได้อัตโนมัติ ถ่านอัดที่ได้มีลักษณะทางกายภาพและขนาดถ่านเป็นไปตามที่กำหนด มีการกระจายแรงอัดที่สม่ำเสมอ และถ่านอัดมีคุณภาพในการเผาไหม้ที่ดี เมื่อปรับค่าแรงดันไฮดรอลิกเพื่อให้ความเร็วในการอัดถ่านต่างกัน พบว่าเวลาที่ใช้อัดต่างกันประมาณ 1 วินาทีต่อแรงดันต่าง 2 บาร์ต่อการอัดถ่าน 1 ก้อน เนื่องจากความเร็วรอบการหมุนของแกนอัดแตกต่างกันตามค่าแรงดันที่ใช้ ส่วนผงถ่านที่ได้จากการบดก้อนถ่านมีความละเอียดเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตถ่านอัดแท่งได้ด้วย เมื่อพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าเครื่องอัดถ่านอเนกประสงค์ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้มีต้นทุนเครื่อง 38,265 บาท สามารถผลิตถ่านได้ 97.15 กิโลกรัมต่อวันที่ขนาดแรงดัน 5 บาร์ ซึ่งจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 48 วัน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยรามคำแหง คณะผู้วิจัยของขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน คุณทศพล ทองชัย คุณรินทอง บรรจง และคุณเจตวัฒน์ วงษ์ยืน รวมถึงสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ภิตินันท์ รัตนไตรสิงห์. การศึกษาและพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเกษตรเพื่ออุตสาหกรรมในครัวเรือน. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. ขอนแก่น, 2550.

[2] ประสาน สถิตเรืองศักดิ์. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากชีวมวลโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2546.

[3] ทินกร พิริยโยธา. การออกแบบเครื่องมืออัดแท่งสาหรับเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุชีวมวล. การประชุมการป่าไม้ประจำปี พ.ศ. 2556 “ผลผลิตและงานวิจัยป่าไม้ สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน”. กรุงเทพฯ, 2556.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. คู่มือการพัฒนาพลังงานทดแทนจากชีวมวล. กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ. 2562.

[5] เกศวลี สมชำนุ และนนทวรรณ หนูท่านา. การพัฒนาเครื่องอัดถ่านจากเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้ง. โครงงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2563.

[6] เฉลิมพล คล้ายนิล. การวิจัยและสร้างเครื่องอัดถ่านแท่งจากแกลบด้วยระบบไฮดรอลิกส์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, 2551.

[7] นฤดม ทาดี, ชานนท์ บุนนท์ และศาสตรา บุญมาก. ผลของรูปทรงและขนาดรูกลวงของถ่านอัดแท่งต่อประสิทธิภาพการให้ค่าความร้อน. รายงานวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 2555.

การจำลองพฤติกรรมการไหลของเตา KB-5 โดยพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Simulation on flow behavior KB-5 burner using Computational fluid dynamics

มานะ วิชางาม[1*] และ อนิรุตต์ มัทธุจักร์[2]

[1]สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (วิทยาเขตขอนแก่น)
[2]ห้องปฏิบัติการการประยุกต์ใช้ลำเจ็ทและการเผาไหม้ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
[*]Email: mana.wi@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหลในเตาแก๊ส KB-5 ที่ ด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational fluid dynamics, CFD) โดยได้ทำการศึกษาและสร้างขอบเขตพื้นที่ของแบบจำลองในลักษณะ 3 มิติ (3D – Model) ที่มีขนาดเท่ากับเตาแก๊ส KB-5 ที่ใช้งานจริง จากการจำลองพบว่า ลักษณะของท่อผสมมีผลต่อพฤติกรรมการไหลของของไหล ความเร็ว และปริมาณอากาศส่วนแรกที่ใช้ในการเผาไหม้ ผลจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายพฤติกรรมการไหลของของไหลของเตาแก๊ส KB-5 ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบว่า ผลที่ได้จากการจำลองสามารถนำไปออกแบบท่อผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สให้สูงขึ้นได้ในอนาคต

คำสำคัญ: เตา KB-5, ความเร็ว, ปริมาณอากาศส่วนแรก, ซีเอฟดี

Abstract

The objective of this research is to study the flow behavior of a KB-5 burner using Computational Fluid Dynamics (CFD). In 3D-model at the same size of the KB-5 burner. From the simulation model, it was found that the mixing tube characteristics affected to flow behavior, velocity and primary aeration. The CFD result can be used to clarify the fluid flow characteristic of KB-5. In addition, this result can be applied to design mixing tube for improving the thermal efficiency of the cooking burner in future.

Keywords: KB-5 burner, velocity, primary aeration, CFD

1. บทนำ

การใช้ LPG ในภาคครัวเรือนส่วนใหญ่จะใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร ซึ่ง LPG จะถูกนำไปใช้ในเตาแก๊สหุงต้มเพื่อเปลี่ยนค่าความร้อนของ LPG ให้กลายเป็นพลังงานความร้อนในรูปของเปลวไฟ ซึ่งเตาแก๊สหุงต้มสามารถแบ่งตามแรงดันได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ Dong et al., 2002 [1] คือ เตาแก๊สแรงดันต่ำ (<5.78 kW) และเตาแก๊สแรงดันสูง (>5.78 kW) จากการสังเกตพฤติกรรมของเปลวไฟพบว่าลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สแรงดันสูงเป็นแบบพุ่งชน (Impinging Flame Jet) ซึ่งจะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูง และต้องใช้ LPG ค่อนข้างมาก Dong et al., 2003 [2] แต่เตาแก๊สที่ใช้ในปัจจุบัน

นั้นเป็นการเผาไหม้ในลักษณะเปิด จึงไม่สามารถนำความร้อนจากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่เพราะมีการสูญเสียความร้อนเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สค่อนข้างต่ำ ซึ่งนักวิจัยหลายกลุ่มต่างทราบดีว่าถ้าหากประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สสูงจะช่วยย่นระยะเวลาในการประกอบอาหาร ส่งผลให้ประหยัดแก๊สเชื้อเพลิงได้ ที่ผ่านมาจึงมีการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 1 เตาแก๊ส KB-5
(https://thaipick.com/product/shopee/2823187)

เตา KB-5 ดังรูปที่ 1 เป็นเตาที่นิยมใช้ปรุงอาหารในครัวเรือนมากกว่าขนาดอื่นเพราะมีขนาดที่เหมาะกับปรุงอาหารในครัวเรือนมากกว่าขนาดอื่น ซึ่งนักวิจัยหลายกลุ่มต่างทราบดีว่าถ้าหากประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สสูงจะช่วยย่นระยะเวลาในการประกอบอาหาร ส่งผลให้ประหยัดแก๊สเชื้อเพลิงได้ที่ผ่านมาจึงมีการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สอย่างแพร่หลาย จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามี การศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือการทดลองและการใช้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

1. การทดลอง นักวิจัยหลาย ๆ กลุ่มได้ศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สในเชิงทดลอง อาทิ [3-16] เป็นต้น โดยพบว่าส่วนประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา อาทิ ท่อผสม จำนวนรูหัวเตา มุมเอียงของรูหัวเตา มุมหมุนวนของรูหัวเตา เป็นต้น แต่การศึกษาในเชิงการทดลองนั้นจะไม่ทราบถึงพฤติกรรมต่างๆ ที่แท้จริงที่เกิดขึ้นภายในเตาแก๊ส และการเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณรอบ ๆ เพราะการไหลของอากาศหรือการไหลของอากาศผสมกับกับแก๊สเชื้อเพลิงหรือก๊าซอื่นๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้บริเวณหัวเตา ไม่มีสีหรือเครื่องหมายพอที่จะแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลดังกล่าวทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น รวมถึงข้อจำกัดเกี่ยวกับเครื่องมือวัดที่ไม่สามารถวัดอุณหภูมิหรือวัดความเร็วของการเคลื่อนที่ของของไหลได้ทุกตำแหน่ง ซึ่งนับเป็นข้อจำกัดของการศึกษาด้วยการทดลอง

2. การใช้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) ประมาณ 50 ปีก่อนได้มีการนำ CFD มาใช้ในการพัฒนา ออกแบบ และผลิตเครื่องบิน เป็นครั้งแรก [17] จากนั้นเป็นต้นมาได้มีการนำ CFD มาประยุกต์ใช้กับงานวิศวกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการไหลของของไหล รวมถึงการเผาไหม้ต่าง ๆ มากมาย [18-29] เป็นที่ทราบดีว่า การศึกษาในเชิง CFD นอกจากจะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลองแล้ว CFD ยังแสดงผลในรูปของแถบสี เวคเตอร์ พาทไลน์ และอื่น ๆ ทำให้ทราบพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเตาที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ CFD ยังสามารถแสดงผลของตัวเลขที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่สนใจได้ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความเร็ว ความดัน เป็นต้น หรืออาจกล่าวได้ว่า CFD นอกจากจะแสดงผลเชิงพฤติกรรมแล้วยังแสดงผลในเชิงตัวเลขที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่สนใจด้วย ต่อมา Boggavarapu et al., 2014 [30] นำ CFD มา

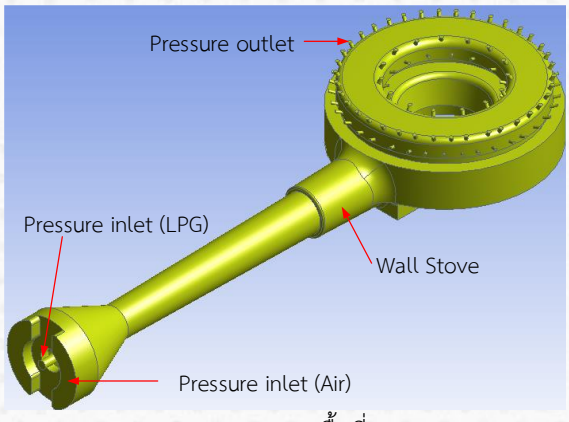
ประยุกต์ใช้กับเตา KB-5 พบว่าให้ผลที่สอดคล้องกับการทดลอง ในปี 2016 Wichangarm et al., 2016 [31] ได้นำ CFD มาประยุกต์ใช้กับเตาแก๊สแรงดันสูง ซึ่ง CFD ช่วยอธิบายพฤติกรรมการไหลของของไหลทั้งภายในเตาและบริเวณรอบเตา พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนสู่ภาชนะ พฤติกรรมการกระจายอุณหภูมิ และอื่น ๆ ทำให้เข้าใจพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกแบบเตา LPG ได้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา KB-5 เมื่อความยาวท่อผสมเปลี่ยนไปด้วย CFD เพื่อนำไปสู่การพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา KB-5 ในอนาคต

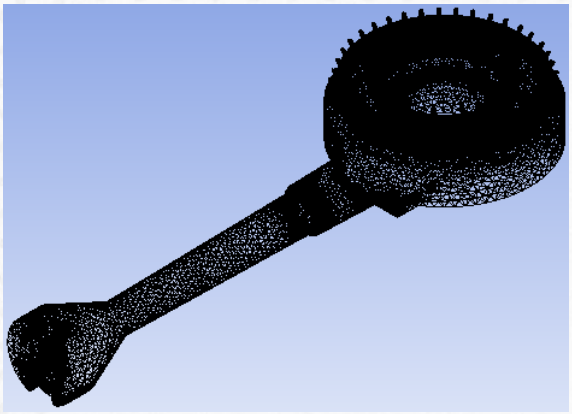
2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การกำหนดขอบเขตพื้นที่และการกำหนดเมช (เตา KB-5 ต้นแบบ)

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ของการจำลองเตาแก๊ส KB-5 ซึ่งเป็นการจำลองในรูปแบบ 3 มิติ (3D-Model) และการกำหนดเมชที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2(a) โดยกำหนดหัวฉีดเป็น Pressure inlet (LPG) บริเวณช่องอากาศรอบๆ หัวฉีดหรือที่เรียกว่าอากาศส่วนที่หนึ่งกำหนดเป็น Pressure inlet (Air) ผนังเตากำหนดเป็น Wall stove รูหัวเตาทางออกกำหนดเป็น Pressure outlet และกำหนดรายละเอียดอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2(a) และตารางที่ 1 สำหรับเมชที่ใช้จะเป็นเมชรูปทรงสามเหลี่ยมสี่ด้าน (Tetrahedral grid) จากการศึกษาจำนวนเมชที่เหมาะสมจะเลือกใช้เมชขนาด 1,275,428 อิลิเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2(b)



(a) ขอบเขตพื้นที่

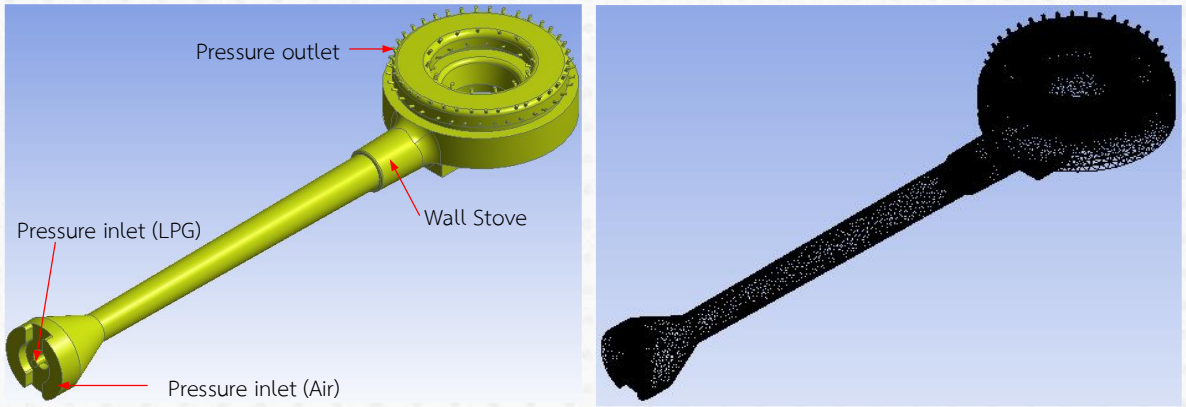


(b) เมช

รูปที่ 2 การกำหนดขอบเขตพื้นที่และการกำหนดเมชของเตาแก๊ส KB-5 (เตา KB-5 ต้นแบบ)

การกำหนดขอบเขตพื้นที่และการกำหนดเมช (เตา KB-5 เพิ่มความยาวท่อผสม 10 เซนติเมตร)

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ของการจำลองเตาแก๊ส KB-5 ซึ่งเป็นการจำลองในรูปแบบ 3 มิติ (3D-Model) และการกำหนดเมชที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3(a) โดยกำหนดหัวฉีดเป็น Pressure inlet (LPG) บริเวณช่องอากาศรอบๆ หัวฉีดหรือที่เรียกว่าอากาศส่วนที่หนึ่งกำหนดเป็น Pressure inlet (Air) ผนังเตากำหนดเป็น Wall stove รูหัวเตาทางออกกำหนดเป็น Pressure outlet และกำหนดรายละเอียดอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 3(a) และตารางที่ 1 สำหรับเมชที่ใช้จะเป็นเมชรูปทรงสามเหลี่ยมสี่ด้าน (Tetrahedral grid) จากการศึกษาจำนวนเมชที่เหมาะสมจะเลือกใช้เมชขนาด 1,469,519 อิลิเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3(b)



(a) ขอบเขตพื้นที่ (b) เมช

รูปที่ 3 การกำหนดขอบเขตพื้นที่และการกำหนดเมชของเตาแก๊ส KB-5 (เตา KB-5 เพิ่มความยาวท่อผสม 10 เซนติเมตร

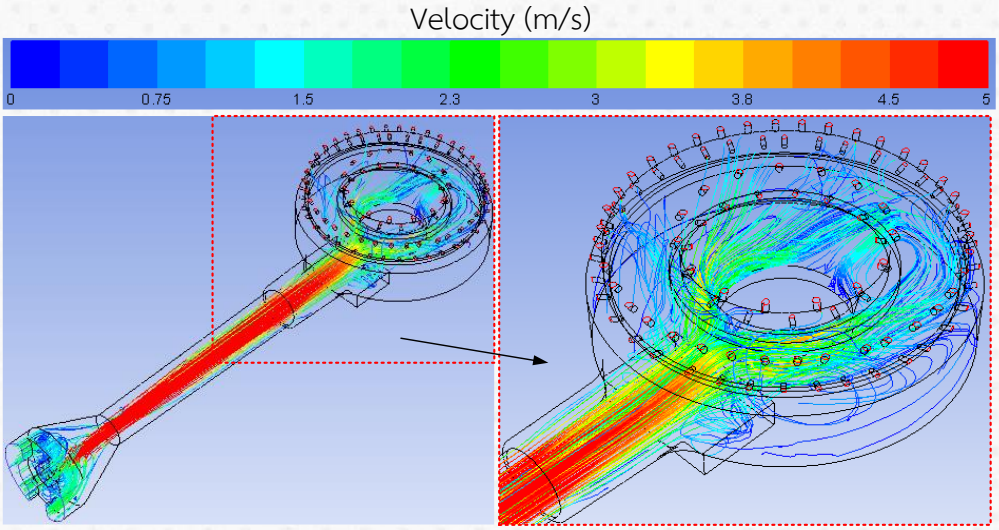
ตารางที่ 1 เงื่อนไขการจำลอง CFD

Condition	Pattern
Solver	Pressure base
Inlet boundary condition	Pressure inlet (LPG = 0.4 Bar)
	Pressure inlet (Air = 0 Pa)
Outlet boundary condition	Pressure outlet (air-fuel mixing = 0 Pa)
Time	Steady state
Turbulence model	RNG k-ε model
Other Model(s)	Species Transport
Propane : Butane	70 : 30

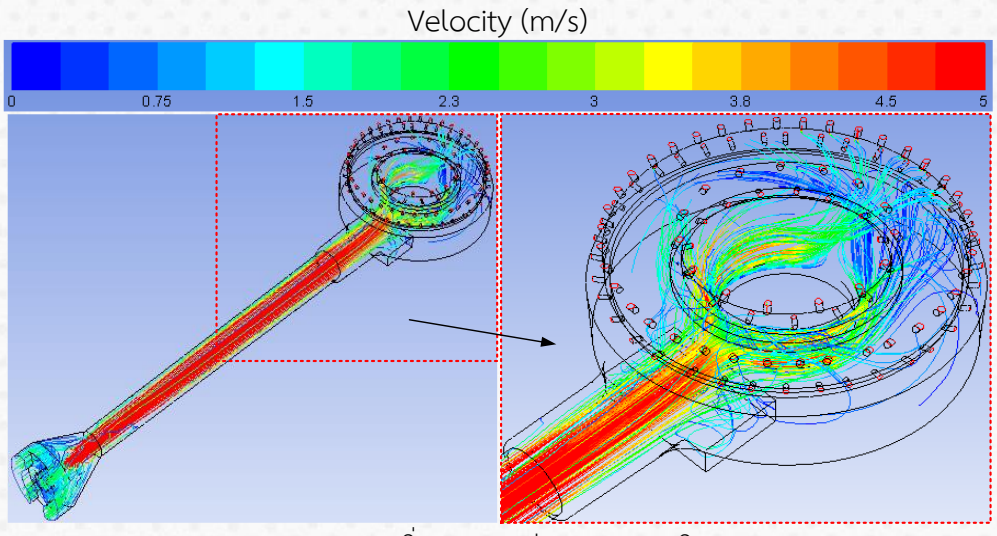
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

รูปที่ 4 แสดงพาทไลน์ของความเร็วของแก๊ส KB-5 (a) เตา KB-5 ต้นแบบ และ (b) เตา KB-5 เพิ่มความยาวท่อผสม 10 เซนติเมตร พบว่า พฤติกรรมการไหลของของไหลภายในเตา KB-5 มีความคล้ายกัน แต่เมื่อวิเคราะห์เกี่ยวกับ ปริมาณอากาศส่วนแรกและความเร็วของของไหลภายในเตา KB-5 พบว่า เตา KB-5 ต้นแบบ มีปริมาณอากาศส่วนแรกและความเร็วของของไหลภายในเตาสูงสุด เท่ากับ 0.0022268104 kg/s และ 219.544 m/s ตามลำดับ ในขณะที่เตา KB-5 เพิ่มความยาว

ท่อผสม 10 เซนติเมตร มีปริมาณอากาศส่วนแรกและความเร็วของของไหลภายในเตาสูงสุด เท่ากับ 0.0021980871 kg/s และ 211.438 m/s ตามลำดับ อาจเพราะเตา KB-5 ต้นแบบ มีท่อผสมที่สั้นกว่าจึงทำให้ปริมาณอากาศส่วนแรกและความเร็วสูงสุดจึงมากกว่าเตา KB-5 เพิ่มความยาวท่อผสม 10 เซนติเมตร



(a) เตา KB-5 ต้นแบบ



(b) เตา KB-5 เพิ่มความยาวท่อผสม 10 เซนติเมตร

รูปที่ 4 พาทไลน์ของความเร็วเตาแก๊ส KB-5 ที่ความดัน 0.4 บาร์

4. บทสรุป

1. เตา KB-5 ต้นแบบ มีปริมาณอากาศส่วนแรกและความเร็วของของไหลภายในเตาสูงสุด เท่ากับ 0.0022268104 kg/s และ 219.544 m/s ตามลำดับ

2. เตา KB-5 เพิ่มความยาวท่อผสม 10 เซนติเมตร มีปริมาณอากาศส่วนแรกและความเร็วของของไหลภายในเตาสูงสุด เท่ากับ 0.0021980871 kg/s และ 211.438 m/s ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ RMUTI/RF/05

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Dong, L.L., Cheung, C.S. and Leung, C.W., 2002, “Heat Transfer from an Impinging Premixed Butane/Air Slot Flame Jets”, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 45, pp. 979-992.

[2] Dong, L.L., Cheung, C.S. and Leung, C.W., 2003, “Heat Transfer of Three Butane/Air Flame Jets Impinging on Flat Plate”, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 46, pp. 113-125.

[3] A. Tamir, T. Elperin, S. Yotzer, Performance characteristics of a gas burner with a swirling central flame, Energy 14 (7) (1989) 373–382.

[4] Jugjai, S. and Sanijai, S., 1996, Parametric Studies of Thermal Efficiency in a Proposed Porous Padiant Recirculated Burner (PRRB): A Design Concept for the Future Burner, Proceedings of RERIC International Energy Journal, Vol. 18, pp. 97-111.

[5] V. Shtern, A. Borissov, F. Hussain, Temperature distribution in swirling jets, Int. J. Heat Mass Tran. 41 (16) (1998) 2455–2467.

[6] S. Jugjai, S. Tia, W. Trewetasksorn, Thermal efficiency improvement of an LPG gas cooker by a swirling central flame, Int. J. Energy Res. 25 (2001) 657–674.

[7] S. Jugjai, N. Rungsimuntuchart, High efficiency heat-recirculating domestic gas burners, Exp. Therm. Fluid Sci. 26 (5) (2002) 581–592.

[8] S.S. Hou, C.Y. Lee, T.H. Lin, Efficiency and emissions of a new domestic gas burner with a swirling flame, Energy Convers. Manag. 48 (2007) 1401–1410.

[9] D. Basu, R. Saha, R. Ganguly, A. Datta, Performance improvement of LPG cook stoves through burner and nozzle modifications, J. Energy Inst. 81 (2008) 218–225.

[10] S.S. Hou, C.H. Chou, Parametric study of high-efficiency and low-emission gas burners, Adv. Mater. Sci. Eng. (2013) 2013, https://doi.org/10.1155/2013/ 154957.

[11] H.S. Zhen, C.W. Leung, T.T. Wong, Improvement of domestic cooking flames by utilizing swirling flows, Fuel 119 (2014) 153–156.

[12] P. Aroonjarattham, The parametric studied of high pressure gas burner affect thermal efficiency, Eng. J. 20 (3) (2016) 33–48.

[13] A. Matthujak, N. Tidma, A. Yamyuan, Study on Thermal efficiency improvement of energy-saving gas stove by swirling flow, in: Proceedings of the 12th Conference on Energy Network Thailand (ENETT 12), 2016. ENETT12-ET-2. (in Thai).

[14] A.A. Moustafa, H.E. Saad, M. Kamal, The effect of different swirling flow patterns on the performance of a domestic single ring burner, IOSR J. Mech. Civ. Eng. 15 (5) (2018) 50–62. Ver. II.

[15] A. Kotb, H. Saad, Case study for co and counter swirling domestic burner, Case Stud. Therm. Eng. 11 (2018) 98–104.

[16] A. Chaelek, U.M. Grare, S. Jugjai, Self-aspirating/air-preheating porous medium gas burner, Appl. Therm. Eng. 153 (2019) 181–189.

[17] Verteeg, H.K. and Malalasekera, W. (1995). An Introduction to Computational Fluid Dynamics the Finite Volume Method, England, Longman Scientific and Technical.

[18] S.E. Hosseini, G. Bagheri, M.A. Wahid, Numerical investigation of biogas flameless combustion, Energy Convers. Manag. 81 (2014) 41–50.

[19] Y. Li, R. Li, D. Li, J. Bao, P. Zhang, Combustion characteristics of a slotted swirl combustor: an experimental test and numerical validation, Int. Commun. Heat Mass Tran. 66 (2015) 140–147.

[20] W. Treedet, R. Suntivarakorn, Effect of various inlet geometries on swirling flow in can combustor, J. Mech. Eng. Sci. 12 (2) (2018) 3712–3723.

[21] S. Karyeyen, M. Ilbas, Experimental and numerical analysis of turbulent premixed combustion of low calorific value coal gases in a generated premixed burner, Fuel 220 (2018) 586–598.

[22] Y. Zhang, C. Ke, Y. Gao, S. Liu, Y. Pan, N. Zhou, Y. Wang, L. Fan, P. Peng, B. Li, R. Ruan, Syngas production from microwave-assisted air gasification of biomass: Part 2 model validation, Renew. Energy 140 (2019) 625–632.

[23] A.A. Hussain, B. Freegh, B.S. Khalaf, H. Towsyfyan, Numerical investigation of heat transfer enhancement in plate-fin heat sinks: effect of flow direction and fillet profile, Case Stud. Therm. Eng. 13 (2019), 100388.

[24] R.M. El-Zoheiry, A.I. EL-Seesy, A.M.A. Attia, Z. He, H.M. El-Batsh, Combustion and emission characteristics of Jojoba biodiesel-jet A1 mixtures applying a lean premixed pre-vaporized combustion techniques: an experimental investigation, Renew. Energy 162 (2020) 2227–2245.

[25] A.A. Hosseini, M. Ghodrat, M. Moghiman, S.H. Pourhoseini, Numerical study of inlet air swirl intensity effect of a Methane-Air Diffusion Flame on its combustion characteristics, Case Stud. Therm. Eng. 18 (2020), 100610.

[26] W. Guan, Z. He, L. Zhang, A.I. EL-Seesy, L. Wen, Q. Zhang, L. Yang, Effect of asymmetric structural characteristics of multi-hole marine diesel injectors on internal cavitation patterns and flow characteristics: a numerical study, Fuel 283 (2021), 119324.

[27] A. Datta, M. Das, R. Ganguly, Design, development, and technological advancements in gas burners for domestic cook stoves: a review, Trans. Indian Natl. Acad. Eng. 6 (2021) 569–593.

[28] M.S. Gad, Z. He, A.S. EL-Shafay, A.I. EL-Seesy, Combustion characteristics of a diesel engine running with Mandarin essential oil -diesel mixtures and propanol additive under different exhaust gas recirculation: experimental investigation and numerical simulation, Case Stud. Therm. Eng. 26 (2021), 101100.

[29] J. Cho, C. Park, W. Choi, Numerical and experimental study of air containment systems in legacy data centers focusing on thermal performance and air leakage, Case Stud. Therm. Eng. 26 (2021), 101084.

[30] P. Boggavarapu, B. Ray, R.V. Ravikrishna, Thermal Efficiency of LPG and PNG-fired burners: experimental and numerical studies, Fuel 116 (2014) 709–715.

[31] M. Wichangarm, A. Matthujak, T. Sriveerakul, S. Sucharitpwatskul, Simulation of flow characteristics in an energy-saving high-pressure gas stove, in: Proceedings of the 30th Conference of mechanical engineering network of Thailand (ME-NETT 30), 2016. CST0027. (in Thai).

การพยากรณ์ความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องด้วยวิธีอนุกรมเวลา กรณีศึกษา: โรงงานผลิตเบียร์แห่งหนึ่ง

Demand Forecasting Using Time Series Method of Beer Product: The Brewery Manufacturer Case Study

จิณวัฒน์ แก้วไชยสง[1*] อัศวิน เสนีชัย[1] และ ฉันทลักขณ์ ฮีสวัสดิ์[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ
Email: Jinnawat.kcs@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการพยากรณ์เรื่องตัวแบบการพยากรณ์ความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง กรณีศึกษา : บริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มของปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง เปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ของปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง และนำตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมไปพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน ผู้จัดทำงานวิจัยได้รวบรวมข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องขวดย้อนหลัง 5 ปี และนำข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง เพื่อใช้ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน โดยผู้ทำการวิจัยได้ใช้เทคนิคการพยากรณ์ ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method), วิธีปรับเรียบดับเบิ้ลเอกซ์โพเนนเชียล (Double Exponential Smoothing Method) และวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลของโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters Method) โดยการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ด้วยวิธีค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation; MAD) ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error; MAPE) และค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบนของตาราง (Mean Square Deviation; MSD) ค่าเฉลี่ยที่สุดต่ำที่สุด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องได้แก่ วิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Multiplitive Model ของโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters Method) โดยมี α=0.2, γ=0.2 และ δ=0.2 ให้ค่า MAPE เท่ากับ 3.87764E+01% ค่า MAD เท่ากับ 3.04561E+05 และค่า MSD เท่ากับ 1.73290E+11

คำสำคัญ: ตัวแบบการพยากรณ์, ปริมาณความต้องการ, เบียร์กระป๋อง

Abstract

This research is about prediction of canned beer demand forecasting model, in a case study: a private company. The objective of this study was to investigate the trend of demand for canned beer compare forecasting model for canned beer demand. The suitable forecasting model was used to forecast the demand for canned for 12 months in advance. The researcher gathered information about

demand of canned beer to forecast for 12 months in advance. The researcher used forecasting techniques such as Decomposition Method, Double Exponential Smoothing Method and Holt-Winters Method by checking the error of the forecast by Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Absolute Percent Error (MAPE) and Mean Square Deviation (MSD) by using a statistical package in data analysis.

The most suitable forecasting method for forecasting the demand of canned beer is Holt-Winter's Exponential Smoothing Multiplicative Model Method with α=0.2, γ=0.2 and δ=0.2, and MAPE= 3.87764E+01%, MAD = 3.04561E+05, and MSD= 1.73290E+11.

Keywords: Forecasting Model, Demand, Beer Product

1. บทนำ

"เบียร์" เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่ใช้กระบวนการหมักจากธัญพืชและน้ำ โดยประวัติศาสตร์ของเบียร์นั้นมีมาแต่สมัยโบราณ 6,000 ปีก่อนคริสตกาล ทำให้เบียร์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดแรกของโลก โดยชนชาติ บาบิโลเนียน นอกจากนี้เบียร์ยังเป็นที่รู้จักในสมัยอียิปต์และเมโสโปเตเมียที่มีหลักฐานย้อนไปยาวนานถึง 4,000 ปีก่อนคริสตกาล ด้วยการใช้ข้าวบาร์เลย์ เป็นวัตถุดิบ ต่อมาราว 1,000 ปีก่อนคริสตกาล ได้มีการผสมพืชอีกหนึ่งชนิดเข้าไป คือ ฮอปส์ (Hobs) ทำให้เบียร์มีกลิ่นหอม, รสชาติขม และ สามารถรักษาคุณภาพของเบียร์ให้เก็บได้นานขึ้น แต่เบียร์เหล่านี้แตกต่างจากเบียร์ในปัจจุบัน และเนื่องจากเครื่องปรุงและกรรมวิธีในการผลิตเบียร์แตกต่างกันไปตามสถานที่ ลักษณะของเบียร์ (ชนิดของเบียร์, รสชาติ, และสี) จึงมีความแตกต่างกันได้มาก ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป "เบียร์" ยังคงเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทหนึ่งที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคมากที่สุดในหมวดของเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เพราะ "เบียร์" นอกจากจะสร้างความผ่อนคลายให้กับสมองและร่างกาย เบียร์ยังให้ประโยชน์อื่นๆ เมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม เพราะส่วนประกอบหลักของเบียร์มาจากน้ำและพืช ซึ่งปัจจุบันได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการดื่มเบียร์ในปริมาณที่เหมาะสมส่งผลต่อสุขภาพของผู้ดื่มในทิศทางที่ดี หรืออาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าการดื่มเบียร์วันละ 1 กระป๋องสามารถเสริมสร้างสุขภาพได้ (ศิริพร สุภโตษะ,2560)

โดยการศึกษาของมหาวิทยาลัย Montreal ค้นพบว่า คนทำงานที่ได้ดื่มเบียร์บ้างเป็นครั้งคราวจะมีความเครียดน้อยกว่าผู้ที่ไม่ดื่มเบียร์ อีกทั้งเบียร์ยังป้องกันนิ่วในถุงน้ำดีและในไต สอดคล้องกับนักวิชาการจากเมืองเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ที่ค้นพบว่า การดื่มเบียร์วันละหนึ่งขวดก็จะได้รับแมกนีเซียม ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงโรคนิ่วในตได้ถึง 40% ป้องกันโรคนอนไม่หลับ สารจากดอก Hops ใน เบียร์เปรียบเสมือนยานอนหลับจากธรรมชาติ ช่วยให้ประสาทผ่อนคลาย ดังนั้น การดื่มเบียร์หนึ่งแก้วในตอนเย็นจึงเหมือนกับการกินยานอนหลับ เพราะเบียร์มีสารต่างๆ มากกว่า 1,000ชนิด มีวิตามินและเกลือแร่ เช่น สังกะสี แมกนีเซียม เหล็ก และแร่ธาตุจำเป็น ช่วยให้เส้นประสาทและกล้ามเนื้อแข็งแรง โรคหัวใจ และ เบียร์ยังช่วยเสริมสร้างสมองอีกด้วย (ศิริพร สุภโตษะ ,2560)

จากการศึกษาผลการสำรวจของ Euromonitor International (ปี2016) ในตลาดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทเบียร์ พบว่า อัตราการเติบโตของเบียร์ยังคงอยู่ในระดับที่คงที่ ซึ่งยี่ห้อเบียร์ที่มีมูลค่าในตลาดและเป็นที่นิยมมากที่สุด คือ 'ลีโอ' ซึ่งสามารถสร้างส่วนแบ่งในตลาดกว่า 40% ของตลาดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทเบียร์ ทำให้ยอดขายของ 'ลีโอ' ในปี พ.ศ. 2559 มีมูลค่า 96,446.72 ล้านบาท เบียร์ช้างตามมาเป็นอันดับ 2 ด้วยส่วนแบ่งทางการตลาดที่ 38% และอันดับ 3 คือ เบียร์สิงห์ ที่ส่วนแบ่งทางการตลาด 11% (ศิริพร สุภโตษะ ,2560)

ในด้านการตลาดของธุรกิจร้านค้าที่จำหน่ายเครื่องดื่มประเภทเบียร์ ได้มีการพัฒนาปรับตัวเพื่อรองรับกับความนิยมบริโภคของผู้บริโภคอยู่เสมอ โดยที่ผ่านมาก่อให้เกิดกระแสเงินหมุนเวียนในธุรกิจเป็นจำนวนมหาศาล โดยเฉพาะในช่วง

เทศกาลสำคัญต่าง ๆ สังเกตได้ว่า บริษัทผู้จัดจำหน่ายเบียร์ได้ทุ่มเทงบประมาณในการ โฆษณาประชาสัมพันธ์ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้บริโภคได้รู้จัก และเป็นการกระตุ้นย้ำเตือนสินค้าเบียร์ของตนให้อยู่ในความทรงจำของผู้บริโภค และหันมานิยมบริโภคสินค้าของตนมากยิ่งขึ้น ฉะนั้นหากผู้ประกอบการสามารถทราบถึงพฤติกรรมการเลือกบริโภคเบียร์ของผู้บริโภคแล้ว ก็จะทำให้มองเห็นถึงโอกาสและช่องทางในการพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อตอบสนองความต้องการ ของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และการเติบโตอย่างต่อเนื่องของตลาดเบียร์จากอดีตถึงปัจจุบันด้วยการใช้กลยุทธ์ทางด้านราคา คุณภาพ และการสร้างภาพลักษณ์ของความเป็นสากลและความเป็นไทยได้อย่างกลมกลืน ส่งผลให้อัตราการบริโภคเบียร์ของคนไทยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น เหตุผลหนึ่งอาจเป็นเพราะในบรรดาเครื่องมือแอลกอฮอล์ต่างๆ เบียร์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ดื่มง่าย มีความหวาน ความหอมของธัญพืชที่ใช้ และเบียร์ยังเป็นเครื่องดื่มที่พร้อมดื่ม ไม่ต้องมีส่วนประกอบอื่นมาผสม เช่น โซดา และน้ำแข็งที่ใช้ผสมกับสุรา ในความรู้สึกของผู้บริโภคจึงมีความรู้สึกว่าเบียร์นั้นมีราคาไม่แพง มีคุณภาพและรสชาติที่เป็นมาตรฐาน ทำให้เบียร์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่เป็นที่นิยมดื่มในประเทศไทยมาเป็นเวลากว่า 70 ปี เป็นธุรกิจมียอดรายได้ติดอันดับ 1 ใน 3 ของประเทศ ทั้งในด้านขนาดของตลาดที่มีมูลค่าสูงกว่า 7.8 หมื่นล้านบาทต่อปี และยังมีการแข่งขันการตลาดที่เข้มข้น ทั้งนี้ก็เพื่อแย่งกันทำส่วนแบ่งทางการตลาดที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง (อธิพงษ์ คิดดี,2562)

เนื่องจากความต้องการสินค้าเบียร์มีความเป็นฤดูกาลกล่าวคือ เบียร์จะขายมียอดขายสูงมากในช่วงที่เป็นเทศกาลหรือวันหยุดยาวของไทย และฝ่ายขนส่งในบริษัทกรณีศึกษาไม่สามารถวางแผนจัดส่งสินค้าประเภทเครื่องดื่มให้กับลูกค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้า เพราะไม่มีการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าล่วงหน้า และยิ่งในช่วงเทศกาลจะมีปริมาณคำสั่งซื้อมากขึ้นเป็นเท่าตัวฝ่ายขนส่งยิ่งไม่สามารถจัดส่งสินค้าได้ทันตามเวลาที่ตกลงไว้กับลูกค้า

ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าเพื่อวางแผนการขนส่งสินค้า เพื่อให้ฝ่ายขนส่งสามารถจัดกำลังรถเพื่อจัดส่งสินค้าได้ทันตามกำหนดเวลาและตอบสนองความต้องการสินค้าของลูกค้าได้

2 . วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง และเบียร์ขวด ซึ่งข้อมูลมีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาโดยวิจัยเล่มนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) การพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบดับเบิ้ลเอกซ์โพเนนเชียล (Double Exponential Smoothing Method) และการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล ของ โฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winter's Linear and Seasonal Exponential Smoothing Method) โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุด จะเลือกตัวแบบนั้นเป็นตัวแบบในการพยากรณ์ จะดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

2.1.1 นำข้อมูลที่ได้มาใส่ลงในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อแยกรายละเอียดต่าง ๆ

2.1.2 ทำการ Import ข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Minitab Statstical Software เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง โดยทำการเก็บรวมรวบข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2564 รวม 60 เดือน (5 ปี)

2.3 ตรวจสอบข้อมูลและจัดเก็บข้อมูล

ข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องในปี พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2564 ที่ได้จากการรวบรวมจำนวน 60 เดือน คือข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง จำนวน 60 เดือน ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 – เดือน

ธันวาคม พ.ศ. 2564 เพื่อใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์และนำมาหาความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากสมการพยากรณ์ หลังจากนั้นนำตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือน

2.4 การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์

เป็นการประเมินค่าความคลาดเคลื่อน (Forecast error) ข้อมูลส่วนที่ 1 โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation; MAD) ต่ำที่สุด และค่าเบี่ยงเบนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Deviation; MSD)

การพยากรณ์โดยวิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)

เป็นวิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในระยะปานกลาง โดยการแยกส่วนประกอบข้อมูล อนุกรมเวลา อดีต เป็น 4 ส่วน สี่แยกเป็นแนวโน้ม (T) ความผันแปรตามวัฏจักร (C) ความผันแปรตามฤดูกาล (S) ความผันแปรที่ไม่แน่นอน (I) เพื่อพิจารณาว่าส่วนประกอบใด มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลบ้าง แล้วคำนวณหาอิทธิพลของแต่ละส่วนประกอบ แล้วนำค่าความผันแปร ของแต่ละส่วนไปพยากรณ์ค่าของข้อมูลในอนาคต โดยถือว่าปัจจัยหรือสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอนุกรมเวลา

ในอนาคตเหมือนกับในอดีต ที่นี้จะให้ตัวแปรหรือข้อมูล อนุกรมเวลาเป็นรูปแบบการคูณดังนี้

อนุกรมเวลาเป็นรูปแบบการคูณ ดังนี้

$$Y_t = T_t S_t I_t ; t = 1,2,\ldots \quad (2.1)$$

อนุกรมเวลาเป็นรูปแบบการบวก ดังนี้

$$\hat{Y}_t = \hat{B}_o + \hat{B}_1 t + \hat{s}_t + \hat{C}_t \quad (2.2)$$

การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบดับเบิ้ลเอกซ์โพแนนเชียล (Double Exponential Smoothing Method)

เป็นเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะรูปแบบเป็นแนวโน้มอย่างมีทิศทางแต่ไม่เป็นฤดูกาล การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพแนนเชียลซ้ำสองครั้งจะช่วยปรับค่าพยากรณ์ให้ขึ้นหรือลง เป็นไปตามแนวทิศทาง โดยวิธีการนี้จะมีการเพิ่มค่าคงที่สำหรับแนวโน้มเข้าไปในสมการ ซึ่งค่าคงที่สำหรับแนวโน้ม เรียกว่าค่า β โดยที่ค่าของ β จะอยู่ในช่วงระหว่างศูนย์ถึงหนึ่ง $(0<\beta<1)$

จาก สมการของการประมาณระดับ $S_t = \alpha x_t + (1-\alpha)(S_{t-1}+b_t)$

สมการของการประมาณแนวโน้ม $b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$

เมื่อ F_{t+1} = ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาถัดไป

F_t = ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาปัจจุบัน

A_t = ความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในหน่วยเวลา t

α = ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบ

โดยสมการของการพยากรณ์แบบวิธีปรบเรียบแบบเอกซ์โปแนนเชียลซ้ำสองครั้ง คือ $F_{t+m} = L_t + b_t m$

เมื่อ b_t = ความชัน *(Slop)* ข้อมูล

m = จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

L_t = ค่าการประมาณระดับ

การพยากรณ์ โดยเทคนิควิธีวินเทอร์ (Winters' Method)

โดยมีสมการดังนี้ คือ

1. สมการของการประมาณระดับ

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + PT_t)S_{t-s+p}$$

2. สมการของการประมาณแนวโน้ม

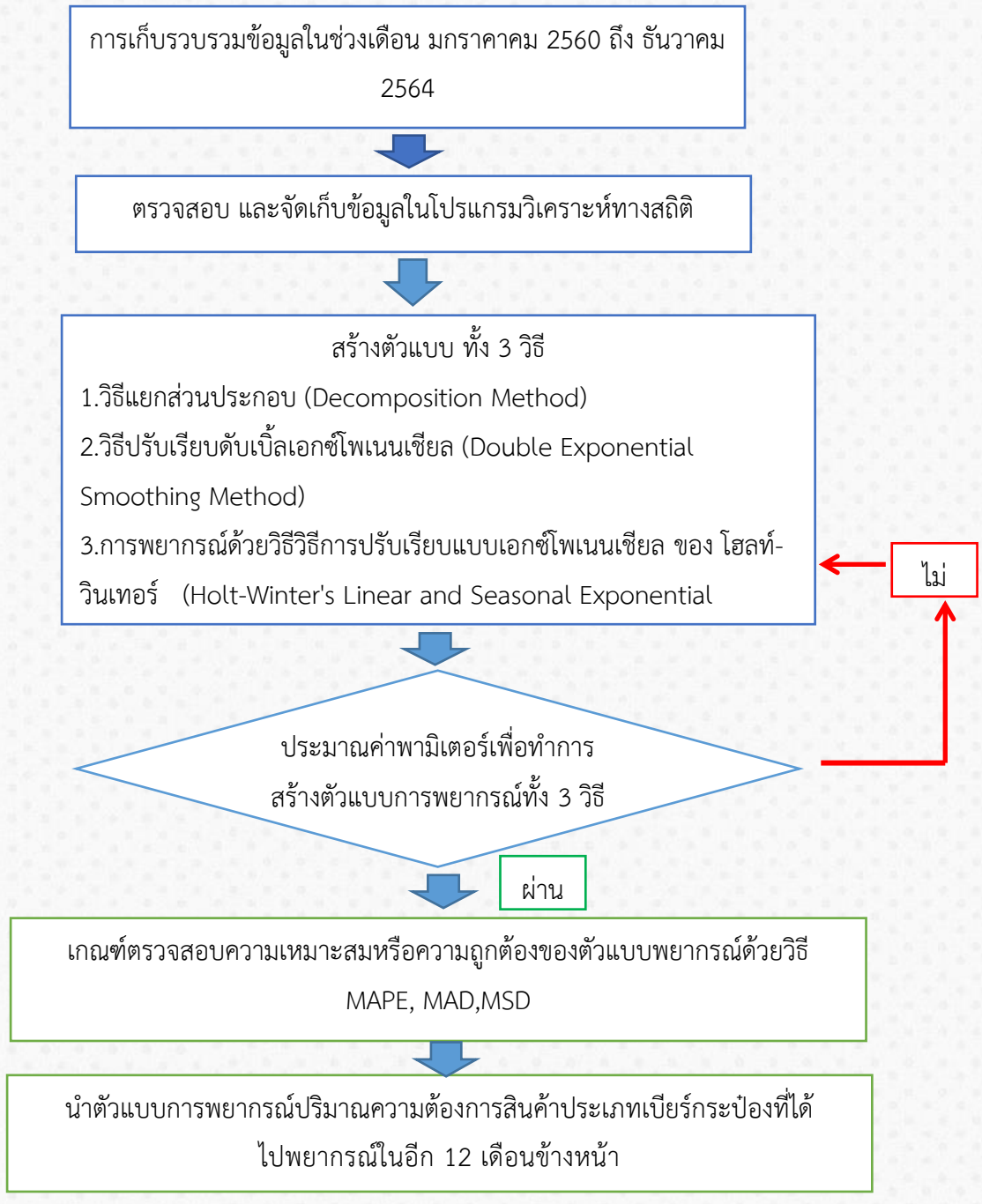
$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{s_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

3. สมการของการประมาณฤดูกาล

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_t - 1$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+p}$ = ค่าพยากรณ์ที่เวลาถัดไป

2.5 การทวนสอบความถูกต้องในการพยากรณ์



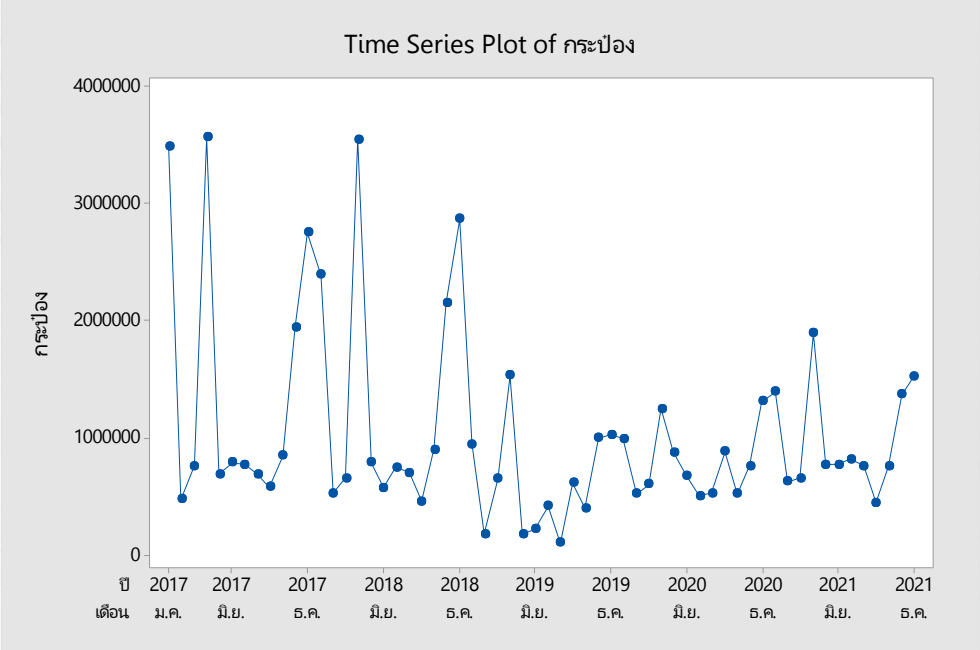
ทวนสอบความถูกต้องในการพยากรณ์ โดยการนำการพยากรณ์ที่คัดเลือกได้มาประเมินความสามารถในการนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง โดยใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง ในส่วนที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2564 - เดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 จำนวน 12 เดือน แล้วหาค่า Forecast error จากข้อมูลส่วนที่ 2 และประเมินค่า MAPE, MAD, MSD

จากขั้นตอนการดำเนินการวิจัยการสร้างแบบการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องนำมาแสดงเป็นผังขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบการพยากรณ์สินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง

จากการเก็บข้อมูลในอดีตตั้งแต่ปี 2560 ถึง 2564 รวมระยะเวลา 5 ปี เพื่อเป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการปริมาณสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ทั้ง 3 แบบ เพื่อเลือกการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา ผลที่ได้จากการวิจัย มีดังนี้

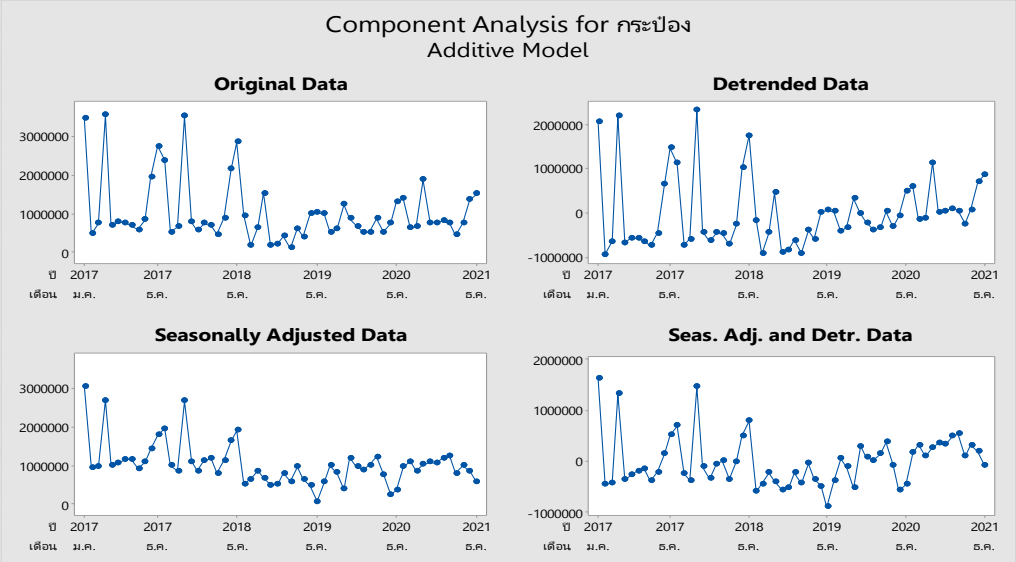


ภาพที่ 3.1 กราฟแสดงอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง

จากภาพที่ 3.1 แสดงให้เห็นกราฟแสดงอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋องซึ่งมีแนวโน้มเป็นฤดูกาลคือสินค้าประเภทเบียร์จะมียอดขายสูงในเดือนที่เป็นช่วงเทศกาลหยุดยาวของไทย เช่นเดือน มกราคม เมษายน และธันวาคม เป็นต้น

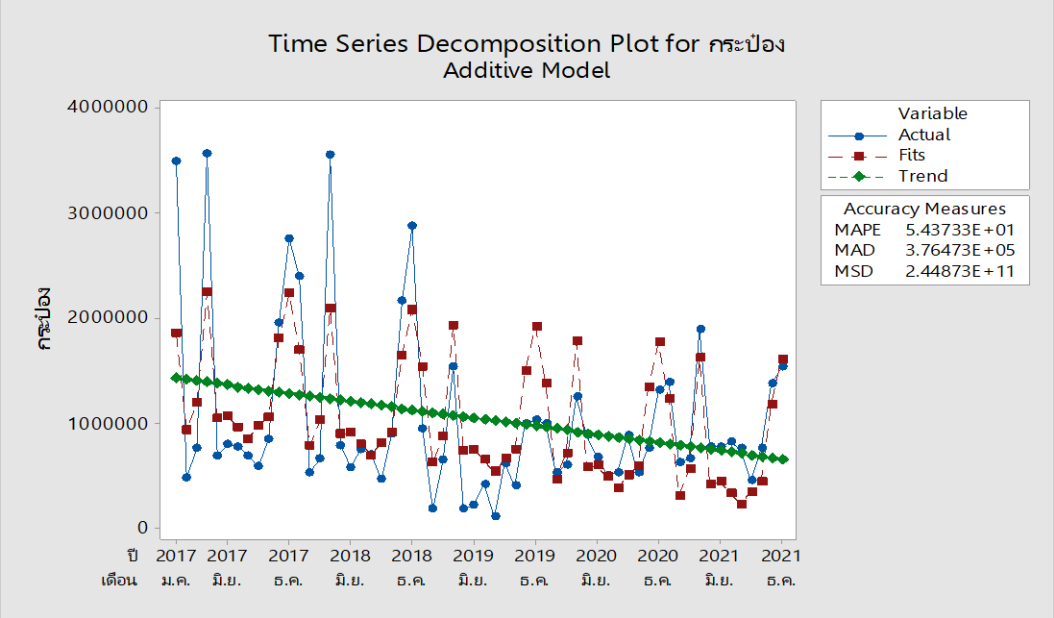
3.1 วิธีแยกส่วนประกอบ Decomposition Method สำหรับปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง

3.1.1 การพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition แบบ Additive Model



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงการวิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง โดยการพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition แบบ Additive Model

จากภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบ วิธี Decomposition แบบ Additive Model ตัวแบบสมการการพยากรณ์ที่ได้คือ $Y_t = 1432366 - 13057t$



ภาพที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของตัวแบบ Decomposition แบบ Additive Model สำหรับปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง

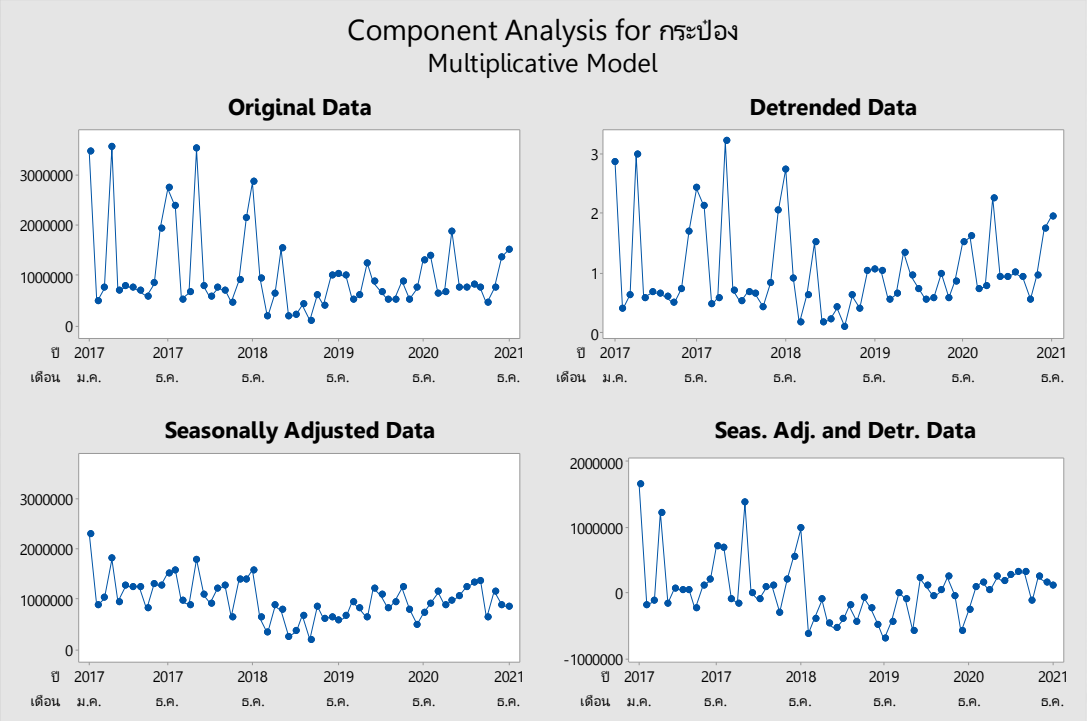
จากภาพที่ 3.3 ค่าความเหมาะสมของตัวแบบ สามารถสรุปได้ ดังนี้

MAPE มีค่าเท่ากับ 5.43733E+01

MAD มีค่าเท่ากับ 3.76473E+05

MSD มีค่าเท่ากับ 2.44873E+11

3.1.2 การพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition แบบ Multiplicative Model สำหรับปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง



ภาพที่ 3.4 กราฟแสดงการวิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง โดยการพยากรณ์ด้วยวิธี Decomposition แบบ Multiplicative Model

จากภาพที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบ วิธี Decomposition แบบ Multiplicative Model ตัวแบบสมการการพยากรณ์ที่ได้คือ $Y_t = 1221263 - 7354t$

จากภาพที่ 3.5 ค่าความเหมาะสมของตัวแบบ สามารถสรุปได้ ดังนี้

MAPE มีค่าเท่ากับ 4.40021E+01

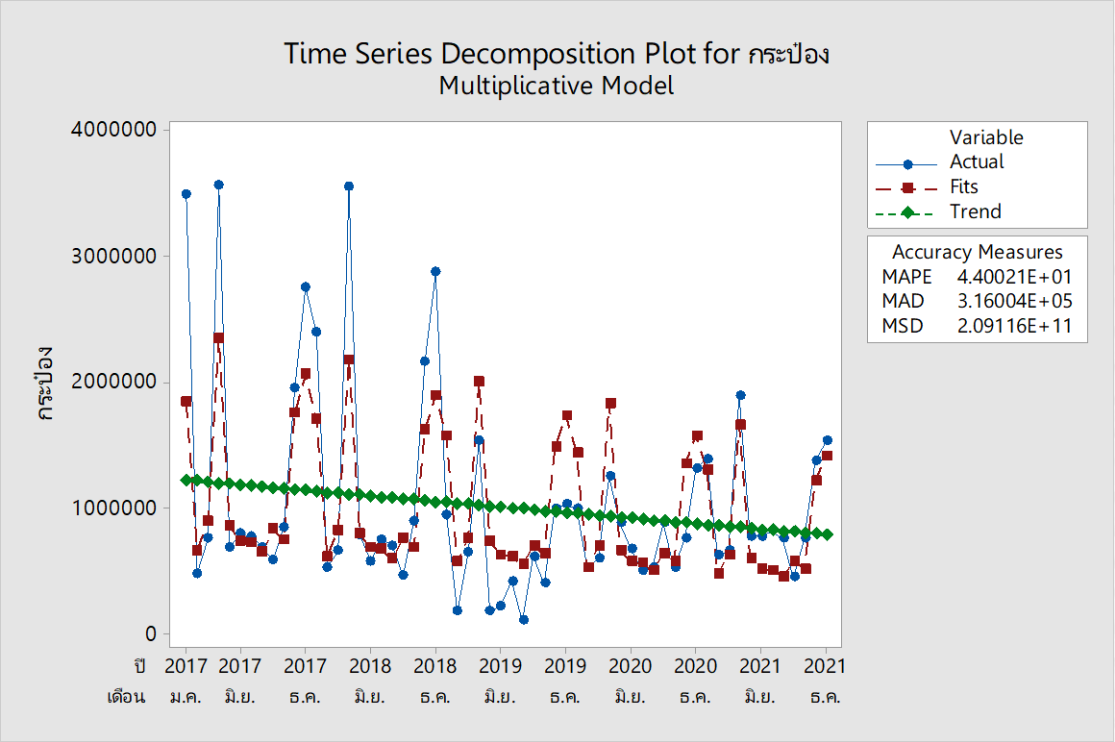
MAD มีค่าเท่ากับ 3.16004E+05

MSD มีค่าเท่ากับ 2.09116E+11

จากค่าความเหมาะสมของตัวแบบ สามารถเขียนสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

สรุปผล ค่าความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์วิธี Decomposition พบว่า ตัวแบบการพยากรณ์แบบ Multiplicative Model ให้ค่าความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ต่ำกว่าตัวแบบการพยากรณ์แบบ Additive Model

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุด คือ ตัวแบบการพยากรณ์วิธี Decomposition แบบ Multiplicative Model



ภาพที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของตัวแบบ Decomposition แบบ Multiplicative Model สำหรับปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์วิธี Decomposition แบบการพยากรณ์แบบ Multiplicative Model กับแบบ additive Model

ตัวแบบการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
แบบ Additive Model (แบบบวก)	5.43733E+01	3.76473E+05	2.44873E+11
แบบ Multiplicative Model (แบบคูณ)	4.40021E+01	3.16004E+05	2.09116E+11

3.2 การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบดับเบิ้ลเอกซ์โพเนนเชียล Double Exponential Smoothing สำหรับปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง

จากภาพที่ 3.7 ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

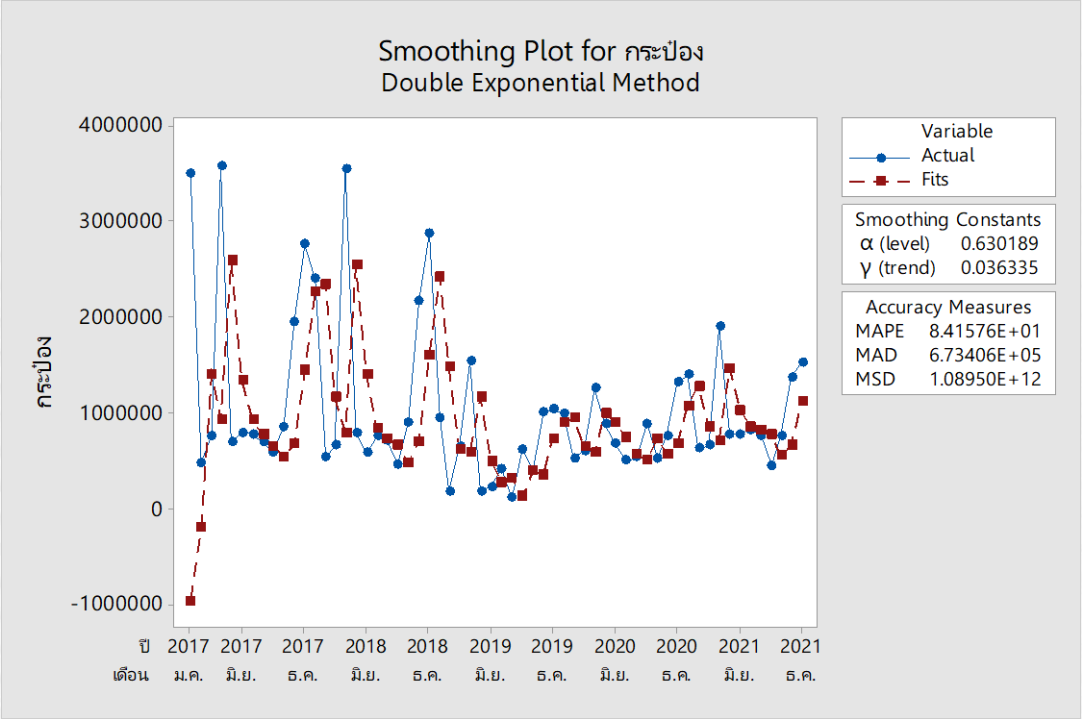
MAPE มีค่าเท่ากับ 8.41576E+01%

MAD มีค่าเท่ากับ 6.73406E+05

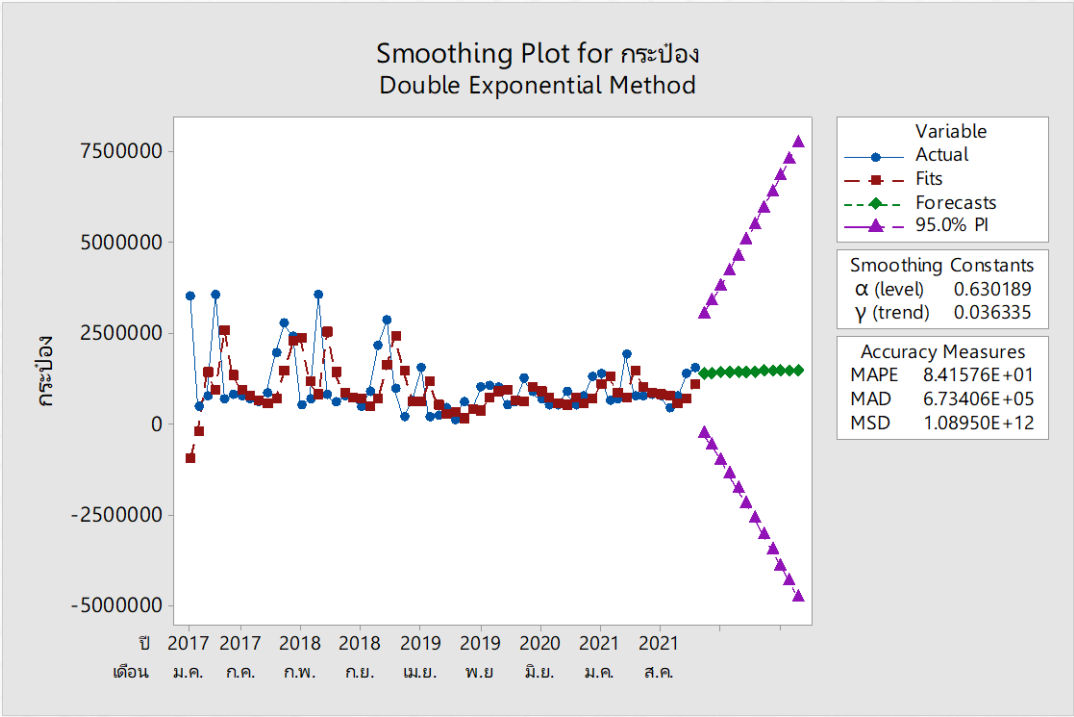
MSD มีค่าเท่ากับ 1.08950E+12

สรุปผล ค่าความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับเรียบดับเบิ้ลเอกซ์โพเนนเชียล Double Exponential Smoothing พบว่า ค่า α = 0.63 และ $\gamma = 0.03$ ให้ค่าความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ MAPE = 8.41576E+01%

ต่อไปเป็นตารางแสดงความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องด้วยวิธีการพยากรณ์ ทั้ง 2 วิธี



ภาพที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลตัวแบบปรับเรียบดับเบิ้ลเอกซ์โพเนนเชียล Double Exponential Smoothing เมื่อกำหนดค่า α = 0.2



ภาพที่ 3.7 ผลการคำนวณค่าพยากรณ์ ได้ค่า α = 0.63 และ $\gamma = 0.03$

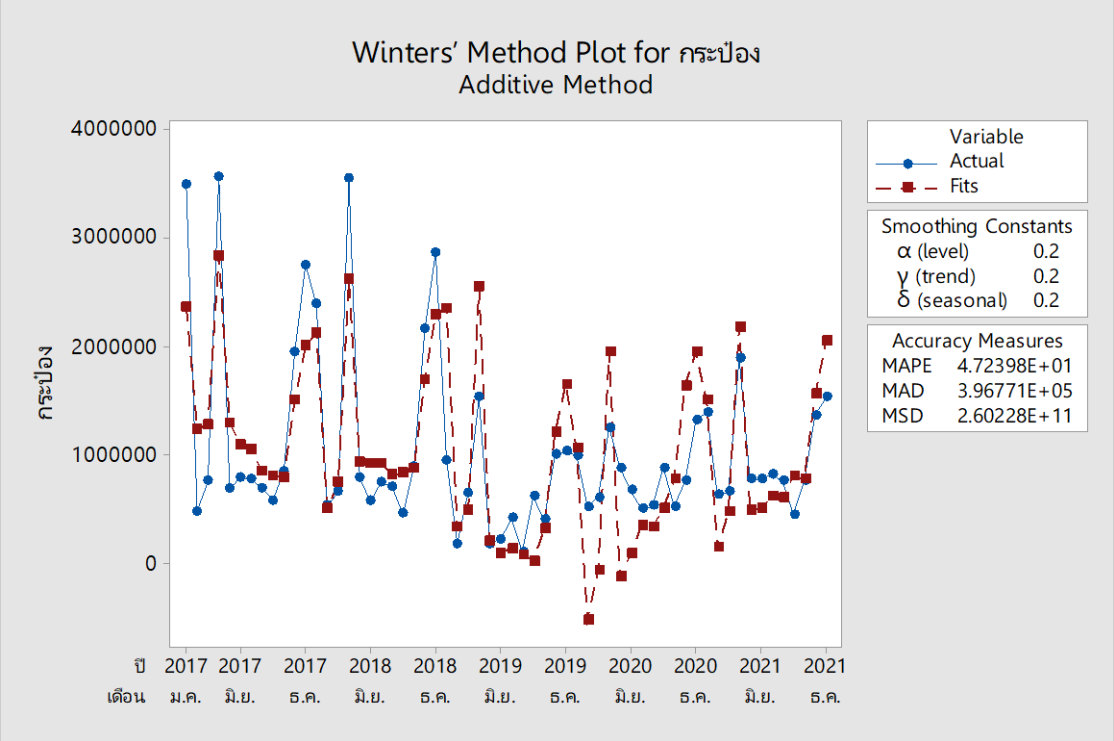
ตารางที่ 3.2 ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
Decomposition Method แบบ Multiplicative Model	4.40021E+01	3.16004E+05	2.09116E+11
Double Exponential Smoothing Method (α = 0. 63)	8.41576E+01%	6.73406E+05	1.08950E+12

ค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธี ตัวแบบการพยากรณ์วิธี Decomposition แบบ Multiplicative Model เป็นการพยากรณ์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ต่ำกว่า จึงเลือกวิธีการนี้

3.3 การพยากรณ์โดยวิธีวินเทอร์ (Winters Method)

3.3.1 วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Additive Method ของ โฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters Method) สำหรับปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง



ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Additive ของโฮลท์-วินเทอร์

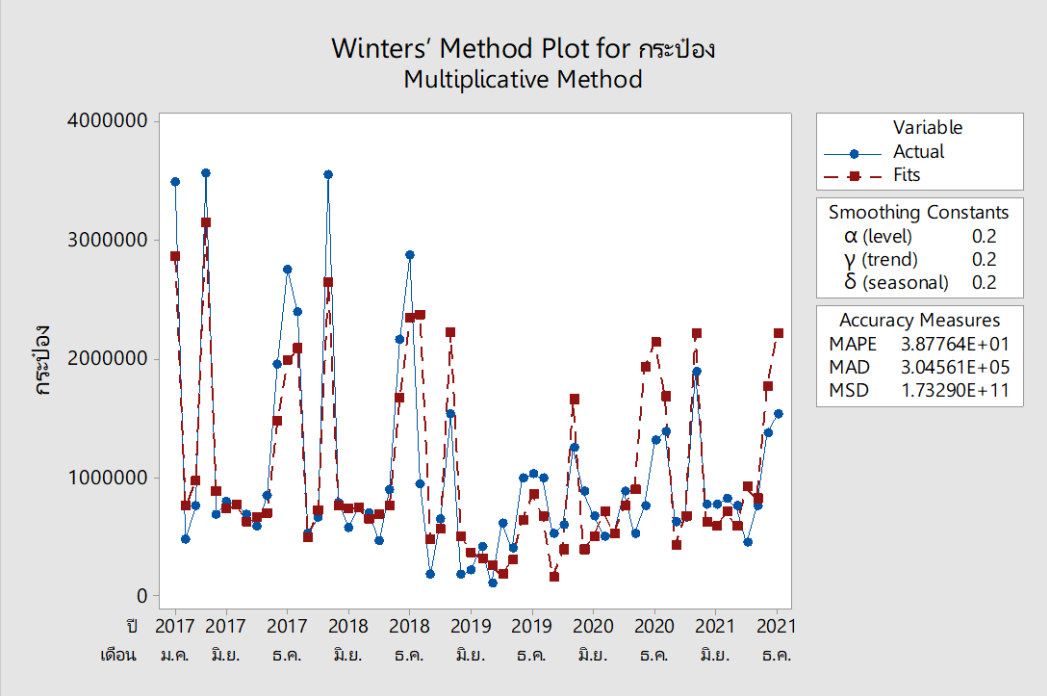
จากกราฟข้างต้นเส้นสีน้ำเงินแทนค่าจริงที่เก็บรวบรวม เส้นสีแดงแทนค่าของการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง จากภาพที่ 3.8 ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

MAPE มีค่าเท่ากับ 4.723985E+01%

MAD มีค่าเท่ากับ 3.96771E+05

MSD มีค่าเท่ากับ 2.60228E+11

3.3.2 วิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Multiplicative Model ของ โฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters Method) สำหรับปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง



ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงวิธีการปรับเรียบเอ็กซโพเนนเชียลแบบ Multiplicative ของโฮลท์-วินเทอร์

จากกราฟข้างต้นเส้นสีน้ำเงินแทนค่าจริงที่เก็บรวบรวม เส้นสีแดงแทนค่าของ การพยากรณ์ปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง จากภาพที่ 3.9 ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

MAPE มีค่าเท่ากับ 3.87764E+01%

MAD มีค่าเท่ากับ 3.04561E+05

MSD มีค่าเท่ากับ 1.73290E+11

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าวัดความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล(Multiplicative Model และ Additive Method) ของ โฮลท์-วินเทอร์

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
Winters แบบ Additive Method Alpha (α=0.2), Gamma (γ=0.2),Delta(δ=0.2)	4.723985E+01%	3.96771E+05	2.60228E+11
Winters แบบ Multiplicative Model Alpha (α=0.2), Gamma (γ=0.2),Delta(δ=0.2)	3.87764E+01%	3.04561E+05	1.73290E+11

ค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียล Winters แบบ Multiplicative Model เป็นค่าที่ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ต่ำกว่าจึงเลือกวิธีการนี้

3.3.3 แสดงค่าความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋องด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ได้ผลสรุป ดังตารางที่ 3.4

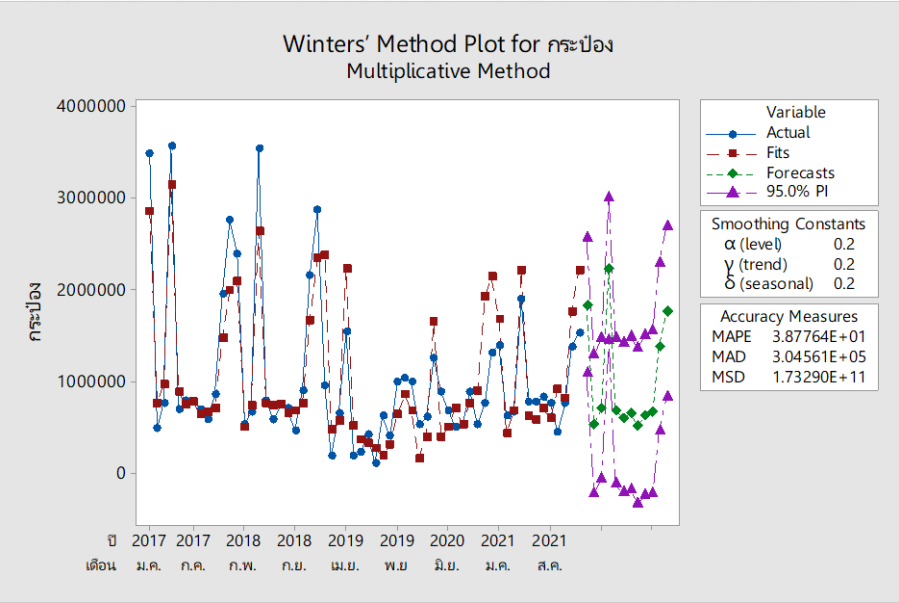
ตารางที่ 3.4 ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์วิธี Decomposition Method กับแบบ Double Exponential Smoothing และวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล ของโฮลท์-วินเทอร์

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
Decomposition Method แบบ Additive Model	5.43733E+01%	3.76473E+05	2.44873E+11
Decomposition Method แบบ Multiplicative Model	4.40021E+01%	3.16004E+05	2.09116E+11
Double Exponential Smoothing Method (α = 0.2)	8.41576E+01%	6.73406E+05	1.08950E+12
Winters แบบ Additive Model Alpha (α=0.2), Gamma (γ=0.2),Delta(δ=0.2)	4.723985E+01%	3.96771E+05	2.60228E+11
Winters แบบ Multiplicative Model Alpha (α=0.2), Gamma (γ=0.2),Delta(δ=0.2)	3.87764E+01%	3.04561E+05	1.73290E+11

จากตารางที่ 3.4 พบว่า วิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดได้แก่ วิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Multiplicative Model ของโฮลท์-วินเทอร์ โดยมี α=0.2, γ=0.2 และ δ=0.2 ให้ค่า MAPE เท่ากับ 3.87764E+01%ค่า MAD เท่ากับ 3.04561E+05 และค่า MSD เท่ากับ 1.73290E+11 ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าต่ำความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ต่ำที่สุด จึงเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

3.4 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน

3.4.1 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องในปี 2565 ด้วยวิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Multiplicative Model ของโฮลท์-วินเทอร์ แสดงได้ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่3.10 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน

จากภาพที่ 3.10 พบว่าผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆเดือนตั้งแต่ต้นปีในเดือนมกราคม จนถึงปลายปีเดือนธันวาคม 2565

3.3.4 ตารางแสดงค่าสมการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน

ตารางที่ 3.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงกับค่าสมการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน ในปี 2565

เดือน	ค่าจริงปี2564	ค่าสมการพยากรณ์	ผลต่าง (เพิ่ม/ลด)	เปอร์เซ็นต์
มกราคม	1389749	1681744	-291995	-21.01
กุมภาพันธ์	624799	426662	198137	31.71
มีนาคม	654100	670630	-16530	-2.53
เมษายน	1893772	2213151	-319379	-16.86
พฤษภาคม	770423	619380	151043	19.61
มิถุนายน	772245	578885	193360	25.04
กรกฎาคม	817210	706330	110880	13.57
สิงหาคม	756349	590173	166176	21.97
กันยายน	445217	911788	-466571	-104.80
ตุลาคม	754111	813819	-59708	-7.92
พฤศจิกายน	1367589	1760562	-392973	-28.73
ธันวาคม	1526836	2213729	-686893	-44.99

จากตารางที่ 3.5 พบว่า ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงกับค่าสมการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน ในปี 2565 ส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องลดลง

3.3.5 ตารางแสดงค่าการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน

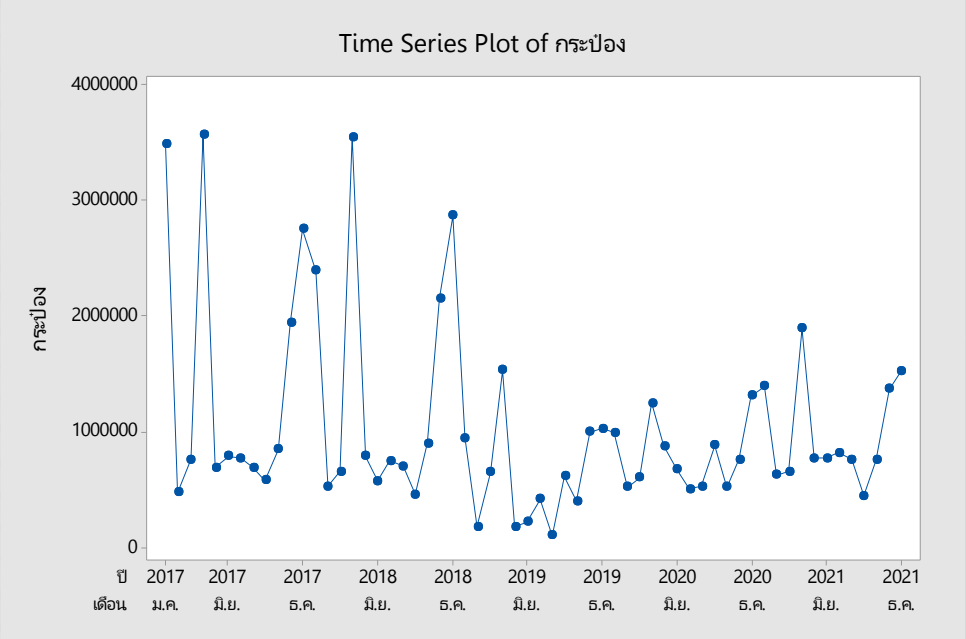
ตารางที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงกับค่าการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทกระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน ในปี 2565

เดือน	ค่าจริงปี2564	ค่าพยากรณ์ปี2565	ผลต่าง (เพิ่ม/ลด)	เปอร์เซ็นต์
มกราคม	1389749	1827831	-438082.2453	-31.52
กุมภาพันธ์	624799	528380	96418.69635	15.43

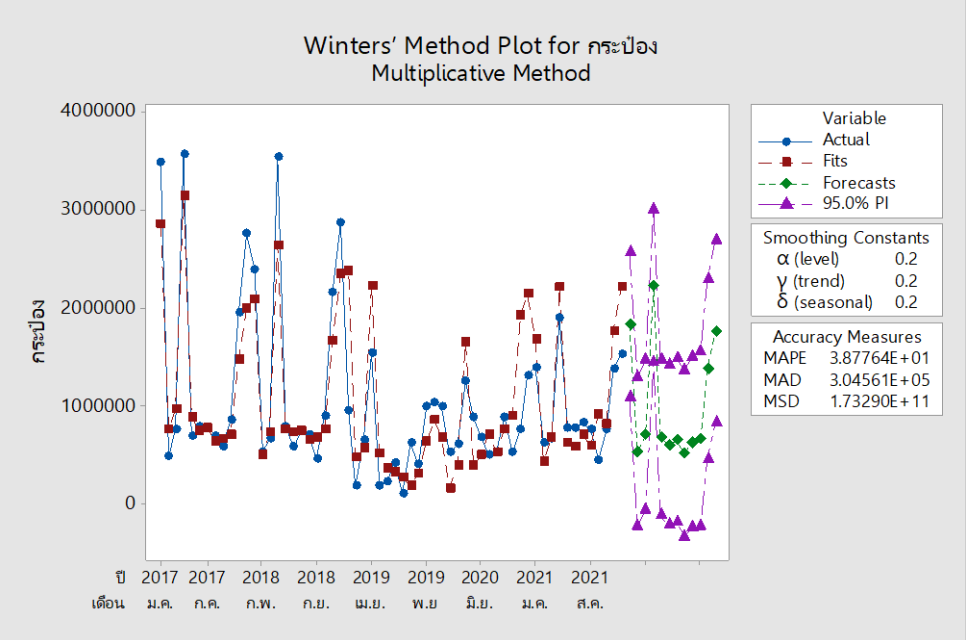
มีนาคม	654100	696378	-42277.59158	-6.46
เมษายน	1893772	2226168	-332395.5981	-17.55
พฤษภาคม	770423	674160	96262.83804	12.49
มิถุนายน	772245	596060	176184.6643	22.81
กรกฎาคม	817210	644167	173042.5284	21.17
สิงหาคม	756349	512001	244348.3569	32.31
กันยายน	445217	623934	-178716.6675	-40.14
ตุลาคม	754111	657469	96642.19573	12.82
พฤศจิกายน	1367589	1374678	-7088.803804	-0.52
ธันวาคม	1526836	1755315	-228479.4231	-14.96

จากตารางที่ 3.6 พบว่า ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน ในปี 2565 มีแนวโน้มความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องลดลง 6 เดือน และมีแนวโน้มความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องเพิ่มขึ้น 6 เดือน โดยเดือนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคือ เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม และตุลาคม โดยคิดเป็น 15.43 % 12.49% 22.81% 21.17% และ 12.82% ของค่าจริง ตามลำดับ

3.3.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง กับค่าการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน



ภาพที่ 3.11 กราฟแสดงอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการเบียร์กระป๋อง



ภาพที่ 3.12 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องล่วงหน้า 12 เดือน

จากภาพที่ 3.11 และ 3.12 พบว่าผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องมีแนวโน้มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆเดือนตั้งแต่ต้นปีในเดือนมกราคม จนถึงปลายปีเดือนธันวาคม 2565 โดยเพาะตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2565 ผลการพยากรณ์จะเพิ่มขึ้นสูงมากเมื่อเทียบกับช่วงต้นปี เพราะใกล้ช่วงวันหยุดยาว และเทศกาลสำคัญต่างๆของไทย

4. บทสรุป

4.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2564 รวม 60 เดือน (รวม 5 ปี) จากนั้นนำข้อมูลมาสร้าง Time Series Plot ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของข้อมูลพบว่า มีแนวโน้มที่มีลักษณะเชิงเส้นตรงและมีฤดูกาลผลแสดงค่าความเหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method), วิธีปรับเรียบดับเบิ้ลเอกซ์โพเนนเชียล (Double Exponential Smoothing Method) และวิธีการปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล ของ โฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winter's Linear and Seasonal Exponential Smoothing Method)โดยการตรวจสอบความเหมาะสมหรือความถูกต้องของตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation; MAD) ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error; MAPE) และค่าเบี่ยงเบนกำลังสองเฉลี่ย(Mean Square Deviation; MSD) ค่าเฉลี่ยที่สุดต่ำที่สุด พบว่า วิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องได้แก่ วิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Additive Model ของโฮลท์-วินเทอร์ โดยมี α=0.2, γ=0.2 และ δ=0.2 ให้ค่า MAPE เท่ากับ 1.03% ค่า MAD เท่ากับ 7.18 และค่า MSD เท่ากับ 8.58 ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องของบริษัทกรณีศึกษาล่วงหน้า 12 เดือน

4.2 การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยการพยากรณ์พบว่า วิธีการปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ Additive Model ของโฮลท์-วินเทอร์ ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง ตรงกับงานวิจัยของอิสริยพร หลวงหาญซึ่งใช้วิธีการพยากรณ์วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ และวิธีการ Decomposition Method แบบ Multiplicative Model ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์ขวด ตรงกับงานวิจัยของศุภนันทา ร่มประเสริฐ ซึ่งใช้วิธีการพยากรณ์วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ จากผลการวิจัยการเปรียบเทียบค่าแนวโน้มการพยากรณ์ล่วงหน้าปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง 12 เดือนล่วงหน้า พบว่า แนวโน้มปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋องมีแนวโน้มสูงขึ้นซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในการเพิ่มกำลังรถขนส่ง อีกทั้งควรจะเพิ่มกำลังการผลิตสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการสินค้าของลูกค้า

4.3 ข้อเสนอแนะ

4.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้

จากการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าประเภทเบียร์กระป๋อง และเบียร์ขวดของบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะบางประการต่อผู้ประกอบการที่จะนำผลการศึกษาไปปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนี้

1. ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญกับการจัดกำลังรถขนส่งให้เพียงพอต่อความต้องการเพื่อให้บริการกับลูกค้าได้ทันต่อความต้องการและทำให้ได้เปรียบคู่แข่งทางการตลาด

2. งานวิจัยฉบับนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์สถานการณ์ปกติ เนื่องจากนโยบายห้ามจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของรัฐบาล ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 จึงอาจทำให้ยอดการสั่งซื้อไม่ปกติ ส่งผลให้การพยากรณ์เกิดความคลาดเคลื่อนจากเดิมได้

4.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการศึกษาการวิจัยครั้งต่อไปอาจนำตัวแบบการพยากรณ์ที่ใช้ในครั้งนี้นำไปใช้ใหม่ หรืออาจมีการเพิ่มเทคนิคการพยากรณ์ใหม่ในการวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อผลการศึกษาที่ได้ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับ เป้าหมายของธุรกิจอื่นๆต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.อัศวิน เสนีชัย อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าถ่ายทอดวิชาความรู้ ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และคำปรึกษาด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความทุ่มเทและความตั้งใจของอาจารย์จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยช่วยเหลือให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาค้นคว้าอิสระมาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อนร่วมเรียนหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การส่งเสริม สนับสนุน ให้คำแนะนำ และแบ่งปันประสบการณ์ในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอน้อมรำลึกถึงอำนาจคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายในสากลโลก อันเป็นที่พึ่งให้ผู้วิจัยมีสติปัญญาในการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คุณประโยชน์อื่นใดที่พึงเกิดจากการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับ

นี้ ขอมอบเป็นกตเวทิตาแด่ บิดา มารดา ครอบครัว ครู อาจารย์ สถาบันที่ให้การศึกษา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อบกพร่องประการใดผู้ศึกษาขอน้อมรับไว้ด้วยความยินดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ โตอินทร์. “การพยากรณ์ความต้องการและการวางแผนสินค้าคงคลัง สำหรับสินค้าเครื่องดื่ม กรณีศึกษา : แผนกควบคุมเครื่องดื่มในโรงแรม.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 2556.

[2] วรางคณา เรียนสุทธิ์. “การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟสำเร็จรูป.” วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 11(มิถุนายน 2563): 238-251

[3] ศุภนันทา ร่มประเสริฐ. “การพยากรณ์แนวโน้มมูลค่าการส่งออกนน้ำสับปะรดของไทย.” รายงานวิจัย วารสารวิชาการบริหารธุรกิจสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.). 2(มกราคม-มิถุนายน 2553): 16-24

[4] วรางคณา กีรติวิบูลย์. “ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายเบียร์ในประเทศไทย.” วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23(ตุลาคม 2558): 731-742

[5] วรางคณา กีรติวิบูลย์. “การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประเทศไทย.” วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 9(กันยายน 2558): 129-141

[6] อิสริยพร หลวงหาญ. “ตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีที่เหมาะสมด้วยวิธีปรับเรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล.” รายงานวิจัย, น. 583-587. ในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2562 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2562

[7] Lei Jiang, Kristen M. Rollins, Meredith Ludlow, Bivin Sadler. “Demand Forecasting for Alcoholic Beverage Distribution.” SMU Data Science Review. 3(March 2020): 1-24

[8] Tanvi Arora, Rajat Chandna, Stacy Conant, Bivin Sadler, Robert Slater. “Demand Forecasting in Wholesale Alcohol Distribution: An Ensemble Approach.” SMU Data Science Review. 3(June 2020): 71-90

[9] Danijel Bratina, Armand Faganel. “Forecasting the Primary Demand for a Beer Brand Using Time Series Analysis”. Organizacija, 41(May-June 2008): 116-123

[10] Hironobu KAWAMURA, Keisuke NOMOTO, Enchih KUO. “Inventory Management Based on Demand Forecasting Using Ryokan’s Beer Sales Data.” Innovation and Supply Chain Management. 9(December 2015): 127–135

[11] Jenna Ford, Christian Nava, Jonathan Tan, Bivin Sadler. “Automated Machine Learning Framework for Demand Forecasting in Wholesale Beverage Alcohol Distribution.” SMU Data Science Review. 3(September 2020): 1-25

[12] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. “ประวัติเบียร์” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://th.wikipedia.org/wiki/เบียร์/1, 3 พฤษภาคม 2565.

[13] Mushroom travel. “เทศกาลเบียร์ เยอรมัน Oktoberfest 2022 งานใหญ่แห่งมิวนิค” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.mushroomtravel.com/page/oktoberfest-2016-2/, 3 พฤษภาคม 2565

[14] ชญานิน ศาลายา. “ประวัติของเบียร์ในประเทศไทย” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.thebangkokinsight.com/news/ceo-insight/158710/, 3 พฤษภาคม 2565

[15] ไวน์กูรู. “ประเภทของเบียร์” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://th.liq9.asia/blog/type-of-beer.html, 4 พฤษภาคม 2565

[16] Happy fresh. “ประโยชน์ของการดื่มเบียร์” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.happyfresh.co.th/blog/health-psychology/the-health-benefits-of-beer/, 4 พฤษภาคม 2565

การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วของประเทศไทย

Forecasting the export value of cocao beans, whole or broken, raw or roasted in Thailand

จารุพัฒน์ พลมั่น[1*] อัศวิน เสนีชัย[1] และ พิศุทธิ์ ตั้งเด่นชัย[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ
Email: jarupat.polman@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแนวโน้มมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว 2) เพื่อเปรียบเทียบหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว และ 3) เพื่อหาค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนของมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว ของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2565 จากตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยวิธีทดสอบวิเคราะห์อนุกรมเวลา ได้แก่ แบบจำลองการแยกองค์ประกอบแบบการบวก (Additive Decomposition) แบบจำลองการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ (Multiplicative Decomposition) และ การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing)

ผลการวิจัย พบว่า วิธีทดสอบวิเคราะห์อนุกรมเวลา ด้วยแบบจำลองวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing) เป็นตัวแบบพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์ โดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE) ให้ค่าที่ต่ำที่สุด คือ 3.18267E+04 ดังนั้นแบบจำลองดังกล่าวจึงเหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว ของประเทศไทยล่วงหน้า

คำสำคัญ: เมล็ดโกโก้, การพยากรณ์, มูลค่าการส่งออก, อนุกรมเวลา, แบบจำลองวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง, ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

Abstract

The purpose of this research was 1) To study the trend of export value of Cocoa beans, whole or broken, raw or roasted. 2) To compare the most appropriate forecasts to forecast the export value of Cocoa beans, whole or broken, raw or roasted. 3) Find the 12-month forecast of the value of exports Cocoa beans, whole or broken, raw or roasted from Thailand in 2022 from the most appropriate forecasting model by the time series analysis methods of additive decomposition models, Multiplicative decomposition model and Forecasting by means of double exponential smoothing.

The results have been shown that the time series analysis methods of Forecasting by means of double exponential smoothing models was the most accurated method when comparing the accuracy of the forecasting model by considering the mean absolute percentage error (MAPE) given the lowest value, 3.18267E+04 os. Therefore, the model is most appropriate for forecasting the export value of Cocoa beans, whole or broken, raw or roasted from Thailand in advance.

Keywords: Cocoa beans, Forecast, Export value, Time series, Multiplicative decomposition model, Absolute error percentage

บทนำ

โกโก้ ในประเทศไทย กำลังถูกพูดถึงในฐานะพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ ทั้งการผลิตเพื่อส่งออก ในการทำช็อกโกแลต หรือการวางแผนการผลิตโกโก้ ทดแทนการทำสวนยางพารา ที่อายุเกิน 25 ปี หรือให้น้ำยางน้อย นอกจากยางพาราแล้ว เมื่อย้อนไปเมื่อ 30 ปีก่อน ภาครัฐส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกโกโก้แซมสวนมะพร้าว เพื่อแก้ปัญหาราคามะพร้าวตกต่ำโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออก อย่างไรก็ตาม เกษตรกรไม่มีองค์ความรู้ในการเพาะปลูกมากนัก ผลผลิตที่ได้จึงไม่มีคุณภาพประกอบกับมีการหลอกขาย กล้าพันธุ์และไม่มารับซื้อตามสัญญา ทำให้ผลผลิตล้นตลาดและราคาตกต่ำ เกษตรกรจึงโค่นต้นโกโก้ทิ้ง และเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นแทน อย่างไรก็ดี ปัจจุบันโกโก้ได้รับความสนใจอีกครั้ง เนื่องจากมีราคาดีและเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ เพื่อเสริมรายได้ซึ่งการปลูกโกโก้ในไทยส่วนใหญ่เป็นภาคเอกชนนำการผลิตในรูปแบบเกษตรพันธสัญญา ขณะที่ตลาดภายในประเทศและตลาดโลก มีความต้องการผลิตโกโก้มากขึ้น ซึ่งในประเทศไทยมีเกษตรกรเริ่มให้ความสนใจปลูกโกโก้มากขึ้น เพราะให้ราคาดี โดยพื้นที่เพาะปลูกมีอยู่ทั่วประเทศ โกโก้ถูกจับตาเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจใหม่ในปัจจุบันจากจุดเด่นที่สามารถปลูกได้ทั้งแบบเชิงเดี่ยว และแบบปลูกแซมพืชเดิม เพื่อเป็นรายได้เสริมให้เกษตรกรตลอดทั้งปี อีกทั้งความต้องการโกโก้ยังมีต่อเนื่องทั้งจากในและต่างประเทศ ส่งผลให้โกโก้ไทยมีโอกาสเติบโตได้ในอนาคต (รัชณภัค 2564)

ปัจจุบันราคาโกโก้ไทยสูงกว่าต่างประเทศส่วนหนึ่งเนื่องจากโกโก้ที่มีคุณภาพยังมีปริมาณน้อย อย่างไรก็ดี ผู้ประกอบการบางส่วนยังคงเลือกใช้วัตถุดิบในประเทศ เนื่องจากหากนำราคานำเข้าบวกค่าภาษี ค่าขนส่ง ทำให้ราคาสุทธิไม่แตกต่างกัน มากนัก และการขนส่งในประเทศทำได้รวดเร็วกว่า อีกทั้งยังสามารถกำหนดคุณภาพรับซื้อได้มากขึ้นตั้งแต่การปลูกสายพันธุ์ และความเป็นเอกลักษณ์ การส่งออกเมล็ดโกโก้ของไทย ในช่วง 6 ปีที่ผ่านมามีมูลค่าส่งออกเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพิ่มจาก 365,273 บาท ในปี 2559 เป็น 24,571,798 บาท ในปี 2561 และลดลงเหลือ 1,910,169 บาท ในปี 2564 โดยศึกษาข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลและการค้าเกษตรต่างประเทศของประเทศไทย จากเว็บไซต์สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยในปี 2561 ประเทศปลายทางที่ไทยส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่ง ได้แก่ อินเดีย มีสัดส่วนการส่งออกถึงร้อยละ 99 ของปริมาณทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ ลาว และญี่ปุ่น สอดคล้องกับรายงานของอินเดีย ซึ่งขาดแคลนวัตถุดิบในการแปรรูปมากขึ้น (นำเข้าเมล็ดโกโก้ 53,031 ตัน ในปี 2555-56 และ เพิ่มเป็น 51,627 ตัน (เพิ่มขึ้นร้อยละ 4) ในปี พ.ศ. 2556-2557 และส่งออกเมล็ดโกโก้ได้มากขึ้น รัฐบาลอินเดียจึงได้ส่งเสริมการปลูกโกโก้เป็นพืชแซมในสวนมะพร้าว และสวนหมากโดยหวังว่าจะทดแทนการนำเข้าได้บางส่วนเช่นเดียวกับประเทศไทย ที่กำลังผลักดันให้เกษตรกรรายเก่าและใหม่ปลูกโกโก้แซมกับพืชชินอื่นๆหรือเป็นปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยว เพื่อหวังให้ผลผลิตโกโก้สามารถนำมาหมุนเวียนใช้และแปรรูปในประเทศรวมถึงส่งออกสู่ประเทศคู่ค้าสำคัญ เช่น อินเดีย มาเลเซีย สิงคโปร และอื่นๆ ดังนั้น การพยากรณ์จึงมีความสำคัญที่จะบอกแนวโน้มความเป็นไปของพืชชนิดนี้ได้ โดยใช้เทคนิคพยากรณ์ต่างๆมาวิเคราะข้อมูลการนำเข้าและเปรียบเทียบเพื่อให้ได้

เทคนิคพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด สามารถนำมาเป็นตัวกำหนดนโยบายของทางรัฐบาลเพื่อสนับสนุนเกษตรกรในการปลูกโกโก้ต่อไปได้ และยังอาจส่งผลให้สามารถเพิ่มมูลค่าการส่งออกและลดการนำเข้าได้ในอนาคตได้อีกด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาการสร้างตัวแบบการพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วตามข้อมูลการส่งออกพิกัดศุลกากร HS18010000000 ซึ่งข้อมูลมีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา เก็บรวบรวมปริมาณและข้อมูลมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วรายเดือนรวมระยะเวลา 6ปี ตั้งแต่ เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2559 จนถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2564 เป็นจำนวน 72 ข้อมูล โดยศึกษาข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลและการค้าเกษตรต่างประเทศของประเทศไทย จากเว็บไซต์สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยทั่วไปแล้วเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์นั้น วัตถุประสงค์หลัก ก็เพื่อให้เราสามารถเลือกตัวแบบ ที่สามารถให้ค่าพยากรณ์ที่อกมาได้แม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริงดังนั้นการวัดความแม่นยำสามารถวัดได้จาก ความคลาดเคลื่อนจากค่าพยากรณ์เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ทำการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์

การประเมินค่าความคลาดเคลื่อน Forecast error ข้อมูลส่วนที่ 1 โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation; MAD) ต่ำที่สุด และค่าเบี่ยงเบนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Deviation; MSD) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลและคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE) ที่ต่ำที่สุดเป็นหลัก เพื่อใช้เป็นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรร์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2565 ต่อไป

การพยากรณ์โดยวิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)

เทคนิคการพยากรณ์นี้เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น โดยวิธีการนี้แสดงถึงความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องระหว่างส่วนประกอบของอนุกรมเวลา 4 ส่วน คือ แนว โน้ม, ความผันแปรตามฤดูกาล, ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ทีผิดปกติเทคนิคการแยกส่วน (Classical Decomposition) ทคนิคการพยากรณ์นี้เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้นโดยวิธีการนี้แสดงถึงความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องระหว่างส่วนประกอบของอนุกรมเวลา 4 ส่วน คือ แนวโน้ม, ความผันแปรตามฤดูกาล , ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติเทคนิคการแยกส่วน(Classical Decomposition)เทคนิคการพยากรณ์นี้เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้นโดยวิธีการนี้แสดงถึงความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องระหว่างส่วนประกอบของอนุกรมเวลา 4 ส่วน คือ แนวโน้ม, ความผันแปรตามฤดูกาล, ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติตัวแบบการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบแยกส่วนมีตัวแบบการพยากรณ์ 2 ตัวแบบ คือ

ตัวแบบการบวก (The additive components model! ส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบการบวกมาจากแนวคิดพื้นฐานว่าส่วนประกอบทั้ง 4 เป็นอิสระต่อกันเมื่อส่วน ใดส่วนหนึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบอื่นๆ ที่เหลือ โดยมีตัวแบบดังนี้
อนุกรมเวลาเป็นรูปแบบการบวก ดังนี้

$$\hat{Y}_t = \hat{B}_o + \hat{B}_1 t + \hat{s}_t + \hat{C}_t$$

ตัวแบบการคูณ (The muliplicative components model ส่วนประกอบทั้งสีของอนุกรมเวลาที่มีตัวแบบการคูณมีความสัมพันธ์กัน เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบอื่นๆที่เหลือ ตัวแบบการคูณเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดโดยมีตัวแบบดังนี้
อนุกรมเวลาเป็นรูปแบบการคูณ ดังนี้

$$Y_{t=} T_t S_t I_t; t = 1,2, \ldots$$

การวิเคราะห์แนวโน้ม (*Trend)* เป็นส่วนประกอบหนึ่งของอนุกรมเวลาที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในระยะยาวว่าข้อมูลควรจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไรสำหรับวิธีการหาเส้นแนวโน้มมีหลายวิธีซึ่งเส้นแนวโน้มมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือเส้น โค้งสมการของการประมาณ

แนวโน้มแบบเส้นตรง คือ

$$T_t = b_0 + b_1 t$$

เมื่อ T_t คือ ค่าพยากรณ์สำหรับแนวโน้ม ณ เวลา t

b_1 คือ ค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าแนวโน้ม

b_0 คือ ค่าแนวโน้ม ณ จุดเริ่มต้นของอนุกรมเวลา

สมการของการประมาณฤดูกาล (*Seasonal*) คือ

$$\frac{Y_t}{S_t} = T_t + I_t$$

สมการของการประมาณวัฏจักร (*Cyclical*) คือ

$$\frac{Y_t}{S_t \times T_t} = C_t + I_t$$

สมการของการประมาณฤดูกาล (*Seasonal*) คือ

$$I_t = \frac{Y_t \times I_t}{C_t}$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

T_t คือ ค่าประมาณแนวโน้ม

C_t คือ ค่าประมาณการแปรผันตามวัฏจักร

S_t คือ ค่าประมาณการแปรผันตามฤดูกาล

I_t คือ ค่าประมาณการแปรผันเหตุการณ์ผิดปกติ

การพยากรณ์โดยวิธีปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง Double Exponential Smoothing

การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing) เป็นการใช้หลักการของ Exponential Smoothing มาทำซ้ำกันสองครั้งเหมาะกับข้อมูลที่มีเฉพาะความไม่แน่นอน (Random) เพียงอย่างเดียว (ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล) มีสมการตัวแบบคือ

$$F_t = \alpha Y_{t-1} + (1-\alpha)F_{t-1}$$

$$F'_t = \alpha F_t + (1-\alpha)F'_{t-1}$$

กำหนดให้

F_t คือ ค่าพยากรณ์ความต้องการจากการปรับเรียบชิงเกิลเอกซ์โพเนนเชียล

Y_t คือ เป็นค่าจริงที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

F’ คือ เป็นค่าการพยากรณ์จากการปรับเรียบแบบดบเบิลเอกซ์โพเนนเชียล สำหรับเวลา t

วิธีประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีค่าสถิติที่ใช้สำหรับประเมินค่าความผิดพลาดของตัวแบบจำลองที่ใช้ในงานพยากรณ์ข้อมูลอยู่หลายแบบในสวนนี้จะนำเสนอเฉพาะส่วนสถิติ ส่วนใหญ่ที่นำมาใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองโดยเฉพาะในงายพยากรณ์ข้อมูลประเภทอนุกรมเวลา ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error--MAPE) เป็นวิธีวัดความแม่นยำโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการพยากรณ์ โดยไม่คำนึงถึงเครื่องหมาย ค่าที่ได้ต่ำมีความ แม่นยำสูง มีรูปแบบสมการดังนี้

$$MAPE = \frac{\left[\frac{\sum|A_t - F_t|}{A_t}\right]}{N} \times 100$$

กำหนดให้

F_t คือ ค่าพยากรณ์ในงวดที่1

A_t คือ ยอดที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา t

N คือ จำนวนข้อมูล

- วิธีการวัดความถูกต้องประกอบด้วยค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation--MAD) เป็นการวัดค่าความผิดพลาดสมบูรณ์เฉลี่ยของการพยากรณ์เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ที่ต้องการวัดความผิดพลาดในหน่วยเดียวกันกับข้อมูลอนุกรมเวลา มีรูปแบบสมการดังนี้

$$MAD = \sum \frac{|A_t - F_t|}{N}$$

กำหนดให้ F_t คือ ค่าพยากรณ์ในงวดที่1

A_t คือ ยอดที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา t

N คือ จำนวนข้อมูล

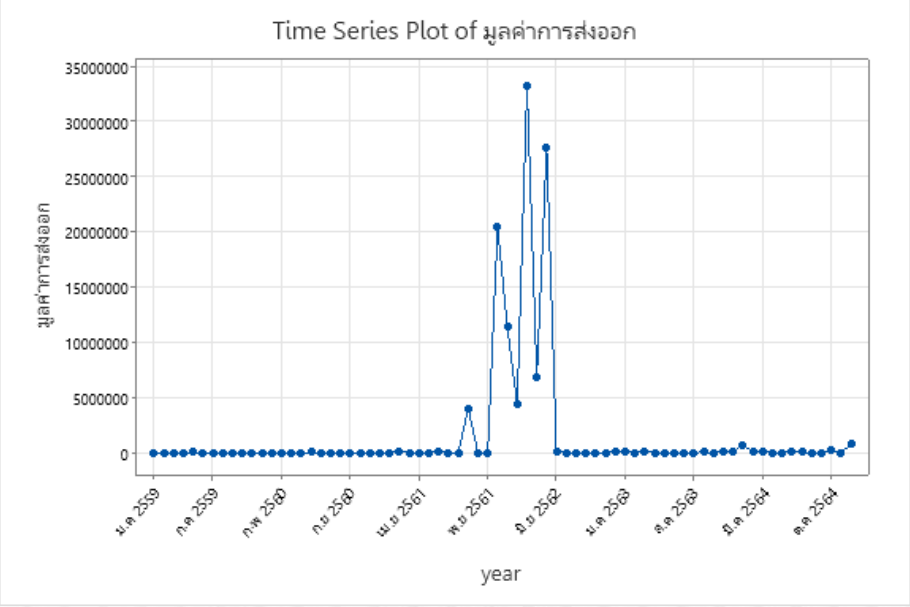
- ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Square Error, MSE) เป็นวิธีวัดความแม่นยำโดยแก้ปัญหาวิธีค่าเฉลี่ยความผิดพลาด โดยพิจารณาระหว่างความแตกต่างยอดจริงกับยอดพยากรณ์โดยวิธียกกำลังสอง

$$MSE = \sum \frac{|A_t - F_t|^2}{N}$$

กำหนดให้ F_t คือ ค่าพยากรณ์ในงวดที่1
A_t คือ ยอดที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา t
N คือ จำนวนข้อมูล

ผลการวิจัย

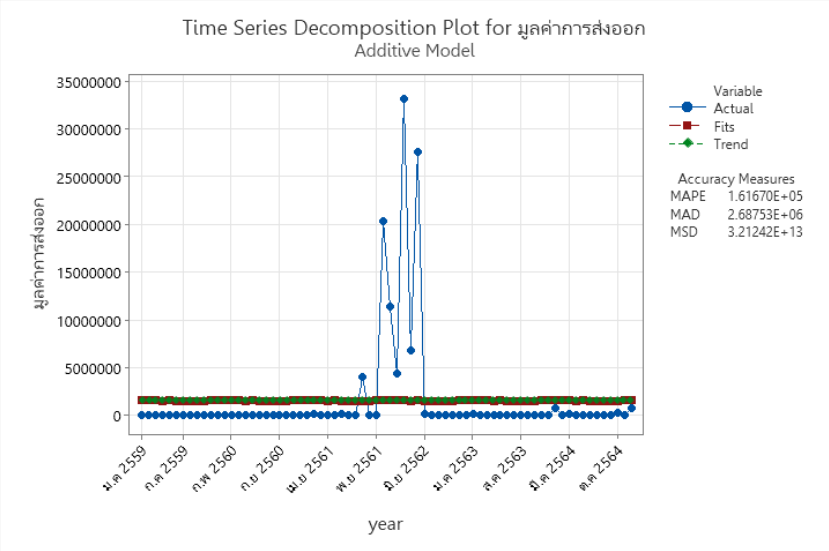
จากข้อมูลพบว่ามูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วเป็นรายเดือนตั้งแต่ เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2559 - เดือนธันวาคมปี พ.ศ. 2564 มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบไม่มีฤดูกาล กล่าวคือไม่แปรผันตามเวลาเป็นรอบไปใน 1ปี เนื่องจากการปลูกโกโก้นั้น สามารถปลูกได้ทุกช่วงของปีและผลโกโก้ไม่มีฤดูเก็บเกี่ยวที่แน่นอน เพราะสามารถออกผลผลิตได้ตลอดปีนั่นเอง โดยใช้ระยะเวลาจากการเริ่มปลูกถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวอยู่ที่ประมาณ 3 ปี จึงจะเห็นได้จากข้อมูลแล้วว่ากราฟจะขึ้นและลงเป็นรอบๆ รอบละ3ปี แต่ในปีเดียวกันนั้นไม่มีกระเก็บเกี่ยวและส่งออกผลผลิตที่แน่นอน จึงสรุปได้ว่าไม่แปรผันตามฤดูกาลนั่นเอง



ภาพที่ 1 การเคลื่อนไหวของข้อมูลมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วเป็นรายเดือนตั้งแต่ เดือนมกราคม ปีพ.ศ. 2559 - เดือนธันวาคม ปีพ.ศ. 2564

การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วด้วยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี

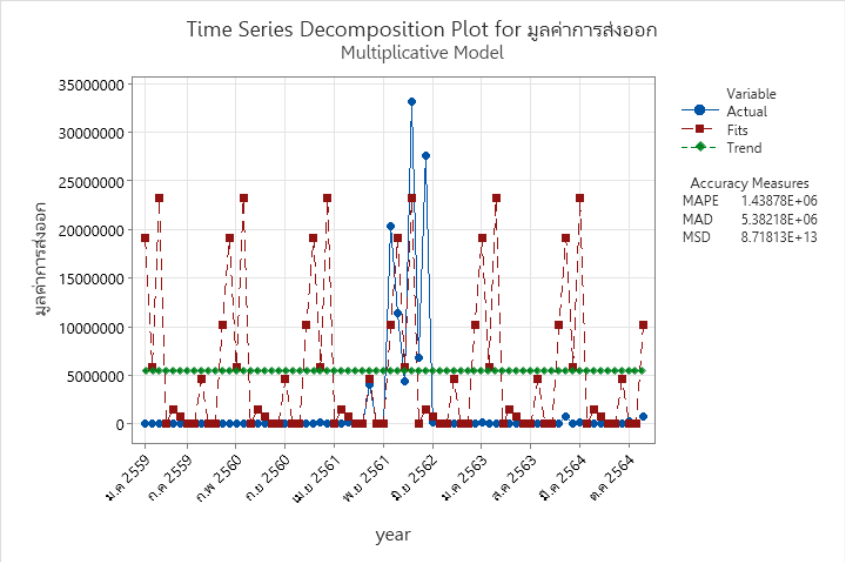
1. วิธีการวิเคราะห์นุกรมเวลาด้วยแบบจำลองการแยกองค์ประกอบแบบการบวก (Time series Decomposition : Additive Model)



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการแยกองค์ประกอบแบบการบวก (Time series Decomposition : Additive Model) สำหรับมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีแยกองค์ประกอบแบบการบวก	1.61670E+05	2.68753E+06	3.21242E+13

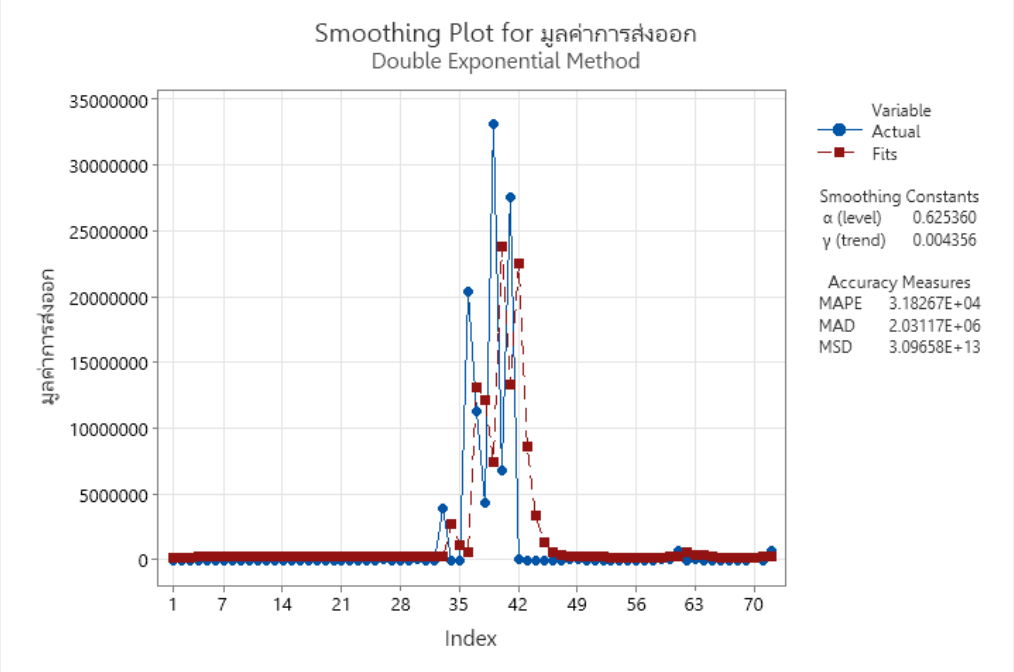
2. วิธีการวิเคราะห์นุกรมเวลาด้วยแบบจำลองการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ (Time series Decomposition : Multiplicative Model)



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแบบจำลองการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ (Time series Decomposition : Multiplicative Model)สำหรับมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณ	1.43878E+06	5.38218E+06	8.71813E+13

3. การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing)



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing)

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีแยกองค์ประกอบแบบการบวก	3.18267E+04	2.03117E+06	3.09658E+13

4. เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากวิธีพยากรณ์ต่าง ๆ

ตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีต่างๆ ทั้ง3 วิธีคือ วิธีการวิเคราะห์นุกรมเวลาด้วยแบบจำลองการแยกองค์ประกอบ คือ แบบการบวก และ แบบการคูณ และ การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE)เป็นหลัก แล้วจึงพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนสมบูรณ์ (MAD) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSD) ในช่วงเวลาเดียวกัน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ จากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีของมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วปี2565

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีแยกองค์ประกอบแบบการบวก	1.61670E+05	2.68753E+06	3.21242E+13
วิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณ	1.43878E+06	5.38218E+06	8.71813E+13
วิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง	3.18267E+04	2.03117E+06	3.09658E+13

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่า MAPE , MSD และ MSD ของตัวแบบพยากรณ์จากวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี พบว่า ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้งให้ค่า MAPE , MSD และ MSD ต่ำสุดคือเท่ากับ 3.18267E+04 , 2.03117E+06 และ 3.09658E+13 แสดงว่าข้อมูลปริมาณการสั่งซื้อชุดนี้พยากรณ์ด้วยวิธี ปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง เหมาะสมที่สุด เพราะให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิธีปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ ดังจะเป็นในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลมูลค่าการส่งออก และค่าจากสมการพยากรณ์ของวิธีปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง ของมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว ปี พ.ศ. 2564 (หน่วย:บาท)

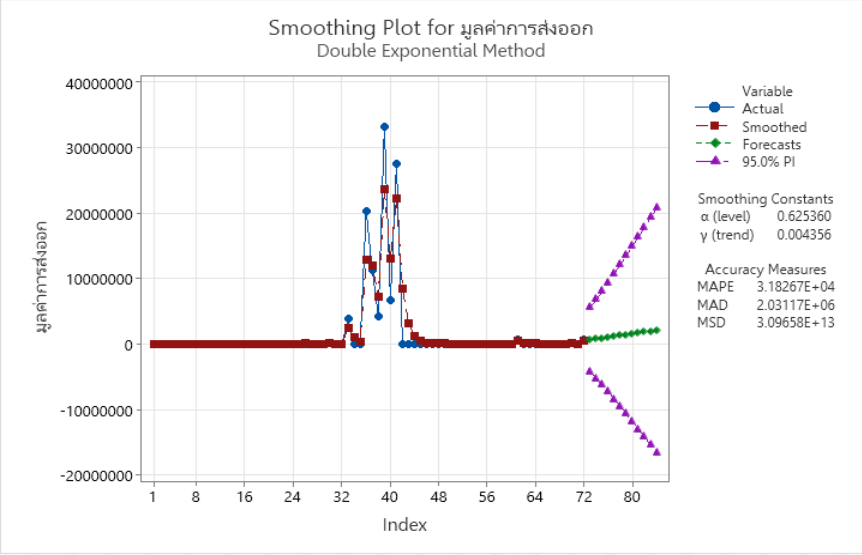
เดือน/ปี	ค่าจริง	ค่าจากการวิเคราะห์	
		วิธีแยกองค์ประกอบแบบการคูณ	ผลต่าง (เพิ่ม/ลด)
มกราคม/2564	703,962	260,609	-443,353
กุมภาพันธ์/2564	27,902	676,008	648,106
มีนาคม/2564	132,988	407,086	274,098
เมษายน/2564	-	371,307	371,307
พฤษภาคม/2564	10,015	273,726	263,711
มิถุนายน/2564	30,419	242,713	212,294
กรกฎาคม/2564	25,000	243,276	218,276
สิหาคม/2564	-	239,503	239,503
กันยายน/2564	-	221,804	221,804
ตุลาคม/2564	237,434	214,568	-22,866
พฤศจิกายน/2564	-	360,402	360,402
ธันวาคม/2564	742,449	265,573	-476,876

จากตาราง 4.2 พบว่าผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าจริง คือมูลค่าการส่งออก ในปี พ.ศ.2564 และค่าจากการพยากรณ์ ด้วยวิธีปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง ของมูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่ว ปี 2564 มีค่าที่ใกล้เคียงกันโดยผลต่างของทั้งสองค่านั้นไม่แตกต่างกันมาก ทำให้วิธีดังกล่าวเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลมูลค่าการส่งออกชุดนี้ที่สุด

4.4. พยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วล่วงหน้า ปี พ.ศ. 2565

ตารางที่ 4.3 ค่าพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วล่วงหน้า ปี พ.ศ. 2565 ด้วยวิธีวิธีการวิเคราะห์นุกรมเวลาด้วยแบบจำลองการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (หน่วย:บาท)

เดือน	ค่าพยากรณ์ปี 2565
มกราคม	695,644
กุมภาพันธ์	827,495
มีนาคม	959,346
เมษายน	1,091,198
พฤษภาคม	1,223,049
มิถุนายน	1,354,900
กรกฎาคม	1,486,752
สิหาคม	1,618,603
กันยายน	1,750,455
ตุลาคม	1,882,306
พฤศจิกายน	2,014,157
ธันวาคม	2,146,009



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วล่วงหน้า ปี 2565 ด้วยวิธีวิธีการวิเคราะห์นุกรมเวลาด้วยแบบจำลองการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ มีความประสงค์ที่จะเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ และหาตัวแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุด เพื่อพยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วล่วงหน้า ในปี พ.ศ.2565 โดยเก็บข้อมูลการส่งออก ด้วยพิกัดศุลกากร HS18010000000 รวมทั้งสิ้น 6 ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2559 ถึง ปี พ.ศ.2564 อ้างอิงข้อมูลจาก ระบบฐานข้อมูลและการค้าเกษตรต่างประเทศของประเทศไทย เว็บไซต์สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมทั้งหมด มีการเคลื่อนไหวแบบไม่มีฤดูกาล ดังนั้นผู้จัดทำวิจัยจึงเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้ โดยได้ตัวเลือกวิธีการวิเคราะห์นุกรมเวลา 3 วิธีคือ การแยกองค์ประกอบแบบการบวก (Additive Decomposition) แบบจำลองการแยกองค์ประกอบแบบการคูณ (Multiplicative Decomposition) และ การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing) และได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

จากการศึกษาได้ใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลามาใช้ในการพยากรณ์มูลค่าการส่งออก เมื่อพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) , ค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนสมบูรณ์ (MAD) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE) ของตัวแบบพยากรณ์ จากวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี พบว่า การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing) ให้ค่า MAPE , MSD และ MSD ต่ำสุดคือเท่ากับ 3.18267E+04 , 2.03117E+06 และ 3.09658E+13 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมูลค่าการส่งออกชุดนี้ใช้วิธีปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง เหมาะสมที่สุด เพราะให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด และในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกพิจารณาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) เป็นหลัก เนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ใช้บ่อยที่สุดในการพิจารณาในภาคอุตสาหกรรมและการศึกษาทางวิชาการ(Fildes and Goodwin, 2007) ดังนั้นเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีปรับเทียบเอกซ์โปเนนเชียลซ้ำ 2 ครั้ง (Double Exponential Smoothing) จึงเหมาะสมที่จะใช้วิธีการพยากรณ์ดังกล่าวมาใช้พยากรณ์มูลค่าการส่งออกเมล็ดโกโก้ทั้งเมล็ดหรือที่แตกทั้งดิบและคั่วล่วงหน้า ในปี พ.ศ.2565

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.อัศวิน เสนีชัย อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าถ่ายทอดวิชาความรู้ ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และคำปรึกษาด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณเพื่อนร่วมเรียนหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีโลจิสติกส์ รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การส่งเสริม สนับสนุน ให้คำแนะนำ และแบ่งปันประสบการณ์ในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากมีข้อบกพร่องประการใดผู้ศึกษาขอน้อมรับไว้ด้วยความยินดี

เอกสารอ้างอิง ทั้งหมด

[1] ธนาภรณ์ โมลิพันธ์, สมศรี บัณฑิตวิไล. “การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสินค้าจากประเทศไทยไปยังประเทศจีน โดยวิธีแยกส่วนประกอบ, วิธีปรับเรียบและวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2565.

[2] วรางคณา กีรติวิบูลย์. “ตัวแบบพยากรณ์มูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ. 2557.

[3] วรางคณา เรียนสุทธิ์. “ตัวแบบพยากรณ์ราคาเมล็ดกาแฟ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2561.

[4] วรางคณา เรียนสุทธิ์. “การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกกาแฟสำเร็จรูป.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2563.

[5] นิตยา วงศ์ระวัง. “การจดการคลังสินค้าที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2556.

[6] สุรชาติ บัวชุม. “ระบบการพยากรณ์ร่วมอนุกรมเวลาและการเรียนรู้ของเครื่องกรณีศึกษา:มูลค่าการส่งออกเสื้อผ้าสำเร็จรูปไทย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2559.

[7] กมลวรรณ สารพานิช. “การพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบล่วงหน้าในตลาดฟิวเจอรส์ไนเม็กซ์โดยวิธีอารีมาและอารีแมกซ์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2555.

[8] จิรฐา คำรูณ, เฉลิมพบ จตุพร, วสุ สุวรรณวิหค, นารีรัตน์ สีระสาร. “การพยากรณ์ปริมาณและราคาส่งออกน้ำมันปาล์มดิบของประเทศไทย: กรณีศึกษาการวิเคราะห์ทางอนุกรมเวลา.” รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2564.

[9] บุญฤทธิ์ ชูประดิษฐ์, เสาวภา ชัยพิทักษ์. “ตัวแบบพยากรณ์ปริมาณการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย.” รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560.

[10] โรม ตระกูลโกศล. “การพยากรณ์ดัชนีราคาปูนซีเมนต์ของประเทศไทยโดยแบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง ARIMA X.” วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2561.

[11] จิระ วัยวุฒิเกียรติ. “การวิเคราะห์ปัจจัยของการส่งออกยางรถยนต์ในประเทศไทย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2553.

[12] Francis Kwabena Oduro-Gyimah. “FORECASTING COCOA PRODUCTION AND THE EFFECTS ON THE ECONOMY OF LOWER MIDDLE INCOME COUNTRY: A CASE STUDY OF GHANA, Ghana.” research report, Communication Technology University, 2012.

[13] กลุ่มงานวิจัยพืชอุตสาหกรรม กลุ่มวิชาการ สถาบันวิจัยพืชสวน. “สถานการณ์การผลิตโกโก้.” รายงานวิจัย, สถาบันวิจัยพืชสวน, 2563.

[14] กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก กองนโยบายการสร้างความเข้มแข็งทางการค้า. “วิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจการค้าไทยรายภูมิภาค.” รายงานวิจัย. กองนโยบายการสร้างความเข้มแข็งทางการค้า สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2564.

[15] ทิพยา ไกรทอง, หยกทิพย์ สุดารีย์, ไพรัตน์ ช่วยเต็ม, อรทัย ธนัญชัย, ดารากร เผ่าชู, พันธ์ทิพย์ มีสถิตย์, “คู่มือการผลิตพันธุ์โกโก้ชุมพรลูกผสม 1.” พิมพ์ครั้งที่1, การันตี GUARANTEE, นนทบุรี, 2565.

[16] ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. “การปลูกโกโก้.” พิมพ์ครั้งที่1, หจก.ชุมพรการพิมพ์, ชุมพร, 2561.

[17] ธนาคารกรุงเทพ. “โกโก้ พืชเศรษฐกิจที่เป็นโอกาสและความท้าทาย.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.bangkokbanksme.com/en/cocoa-agriculture-economy,23 พฤษภาคม 2565.

[18] รองศาสตราจารย์ดร.สัณห์ละอองศรี. “พฤกษศาสตร์ และพันธุ์โกโก้.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://kb.mju.ac.th/assets/img/articleFile/256501253c7c0f413011432ab65b83c8e2330fc8.pdf, 30 พฤษภาคม 2565.

[19] รัชณภัค อินนุกูล, ภัทรียา นวลใย, นราพร สังสะนา. “สถาณการณ์โกโก้ไทย.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/RegionalEconomy/DocLib14/RL%20cocoa.pdf, 23 พฤษภาคม 2565.

[20] Superadmin. “โกโก้บัตเตอร์ ผลิตภัณฑ์จากเมล็ดโกโก้.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https:// sciplanet.org/ content/9790,30 พฤษภาคม.

[21] กลุ่มงานวิจัยพืชอุตสาหกรรม. “สถานการณ์การส่งออกและนำเข้าโกโก้ของประเทศไทย.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/12/9963 .pdf,3 มิถุนายน 2565.

[22] เมดไทย. “ลักษณะของโกโก้.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://medthai.com/%E0%B9%82% E0%B8% 81%E0%B9%82%E0%B8%81%E0%B9%89/,3 มิถุนายน 2565.

[23] ศูนย์สารสนเทศการเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. “การส่งออกสินค้าเกษตร ไตรมาสแรกของ ปี 2564 (มกราคม – มีนาคม).” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://api.dtn.go.th/files /v3/60b707f7ef41408df1294252/download,3 มิถุนายน 2565.

ผลของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยม ต่อจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนด ด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์

Effects of *Diospyros mollis* Griff, *Shorea roxburghii* G. Don and *Cotylelobium lanceolatum* Craib on microbes in palm nectar using metagenomics technique

ณัฐณิชา วงษา[1] และ เจริญ เจริญชัย[2*]

[1]สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[*]Email: c_charoen@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาองค์ประกอบของไม้พะยอม มะเกลือ และเคี่ยม ที่มีผลต่อการหมักน้ำตาลโตนด ผลการศึกษาพบว่าไม้ทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณสารฟีนอลิกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพะยอมมีปริมาณมากที่สุดคือ 288.73 mg GAE/g รองลงมาได้แก่ เคี่ยม มะเกลือย่าง และมะเกลือสด มีปริมาณ 282.60, 130.50 และ 50.47 mg GAE/g ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนของเคี่ยมมีปริมาณมากที่สุดคือ 3.096 TN% รองลงมาคือมะเกลือสด พะยอม และ มะเกลือย่าง ที่ปริมาณ 1.566, 1.270 และ 0.866 TN% ตามลำดับ ลำดับปริมาณฟลาโวนอยด์จากมากที่สุด คือ เคี่ยม พะยอม มะเกลือสด และมะเกลือย่าง ที่ 45.847, 40.941, 35.529 และ 32.391 mg QE/g ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนของไม้ต่างๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าที่สูงสุดคือ 0.828% และจากการศึกษาผลของไม้พะยอม มะเกลือ และเคี่ยม ต่อการเปลี่ยนแปลงของ จุลินทรีย์ในระหว่างการหมักน้ำตาลโตนดด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ พบว่าจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดหลังการหมัก 3 วัน ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* ร้อยละ (88.5) *Lachancea fermentati* ร้อยละ (15.7) *Candida tropicalis* ร้อยละ (12.1) และยังพบจุลินทรีย์ *Hanseniaspora opuntiae* ร้อยละ (3.2) และ *Hanseniaspora vineae* ร้อยละ (0.7) สารฟีนอลิกในไม้เหล่านี้อาจช่วยยับยั้งการปนเปื้อนของแบคทีเรีย และสารประกอบไนโตรเจนช่วยในการเจริญของยีสต์ ทำให้เกิดการหมักแอลกอฮอล์ที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : น้ำตาลเมา เมตาจีโนมิกส์ พะยอม มะเกลือ เคี่ยม

Abstract

The purpose of this research was to study the compositions of Ebony (Diospyros mollis Griff), White meranti (Shorea roxburghii G. Don) and Resak tembaga (Cotylelobium lanceolatum Craib) affecting the fermentation of palm nectar. The results showed that the three types of wood had statistically different amounts of phenolic compounds. White meranti had the highest content at 288.73 mg GAE/g, followed by Resak tembaga, Roasted ebony, and Fresh ebony with 282.60, 130.50, and 50.47 mg GAE/g,

respectively. The nitrogen content of Resak tembaga was the highest at 3.096 TN%, followed by Fresh ebony, White meranti, and Roasted ebony at 1.566,1.270 and 0.866 TN% respectively. The highest levels of flavonoid content were Resak tembaga, White meranti, Fresh ebony, and Roasted ebony at 45.847, 40.941, 35.529, and 32.391 mg QE/g. respectively, were There was no White meranti, Ebony and Resak tembaga ($p<0.05$) in protein content of the woods with the highest value being 0.828%. Microorganisms during the fermentation of palm nectar were analyzed by the metagenomics technique. It was found that the most common microorganisms in the palm nectar after 3 day of fermentation were Saccharomyces cerevisiae (88.5%), Lachancea fermentati (15.7%), Candida tropicalis (12.1%), Hanseniaspora opuntiae (3.2%) and Hanseniaspora vineae (0.7%). Phenolic compounds in the woods could help reduce bacterial contamination and provide nitrogen compounds necessary for yeast growth, resulting in more efficient alcoholic fermentations.

Keywords: Palm wine, Metagenomics, *Diospyros mollis, Shorea roxburghii, Cotylelobium lanceolatum*

บทนำ

น้ำตาลเมาหรือกะแช่เป็นเครื่องดื่มท้องถิ่นที่หมักจากน้ำตาลสดที่ได้จากช่อดอกของต้นมะพร้าว หรือต้นตาล โดยภูมิปัญญาชาวบ้านจะนำน้ำตาลสดเก็บไว้ในกระบอกไม้ไผ่และใส่ไม้พะยอมเพื่อช่วยถนอมรักษาน้ำตาลสด ในระหว่างการเก็บเกี่ยวน้ำตาลและการหมักจะใช้ไม้มะเกลือส่วนทางภาคใต้นิยมใช้ไม้เคี่ยมทั้งการถนอมและการหมัก แต่บทบาทของไม้เหล่านี้ต่อการหมักน้ำตาลเมายังไม่มีข้อมูลว่าไม้เหล่านี้มีบทบาทอย่างไรต่อการหมักน้ำตาลเมา โดยถ้าจะมีการศึกษาบทบาทของไม้เหล่านี้จะต้องมีการศึกษาว่ามีผลต่อจำนวนชนิดของประชากรจุลินทรีย์ที่เกี่ยวกับในการหมักอย่างไร การศึกษาประชากรผสมของจุลินทรีย์ในน้ำตาลสด และน้ำตาลเมาในอดีต ต้องอาศัยเทคนิคการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (Cultural Techniques) เช่น MY agar และ PDA เพื่อแยกเชื้อจุลินทรีย์ และสังเกตลักษณะรูปร่างของโคโลนี และคัดเลือกจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งวิธีดังกล่าวต้องเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อและสังเกตลักษณะสัณฐานวิทยา และรูปร่างของโคโลนี ซึ่งบางครั้งก็ไม่สามารถแบ่งแยกลักษณะของโคโลนีได้ชัดเจน การใช้เทคนิคเมตาจีโนมิกส์สามารถบ่งบอกได้ว่ามีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดบ้าง และมีเป็นสัดส่วนเท่าใดของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยเฉพาะในกลุ่มของยีสต์ซึ่งมีผลต่อการหมัก โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์จีโนมของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในหนึ่งชุมชีพ (Community) หรือในตัวอย่างธรรมชาติ โดยวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างที่ต้องการศึกษาโดยตรง ไม่ต้องทำการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนั้นเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ยังครอบคลุมไปถึงการศึกษาจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ โดยการใช้ยีน 16S rRNA ในการวิเคราะห์โดยการออกแบบไพรเมอร์ (Primer) ที่จำเพาะต่อการเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้จำแนกสปีชีส์ (Species) ของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการและความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความคล้ายคลึงกันของลำดับเบสของยีนที่สร้าง 16S rRNA

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาผลของไม้พะยอม มะเกลือ และเคี่ยม ต่อการแปลงเปลี่ยนของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักน้ำตาลโตนด และอิทธิพลต่อการหมักแอลกอฮอล์ หรือ น้ำตาลเมา ด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ ซึ่งอาจทำให้สามารถหาสิ่งทดแทนในการหมักน้ำตาลเมาได้ เพื่อลดการทำลายต้นไม้เหล่านี้ ซึ่งเป็นไม้ใหญ่ได้เพื่อเป็นการอนุรักษ์รักษาต้นไม้ใหญ่ และให้ทรัพยากรไม้มะเกลือ พะยอม และเคี่ยม ไม่ถูกทำลาย ลดการตัดไม้ทำลายป่า และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำตาลเมาหรือกะแช่เป็นเครื่องดื่มท้องถิ่นที่มีน้ำตาลสดที่ได้จากช่อดอกของต้นมะพร้าว หรือต้นตาล โดยภูมิปัญญาชาวบ้านจะนำน้ำตาลสดเก็บไว้ในกระบอกไม้ไผ่และใส่ไม้พะยอมช่วยถนอมรักษาน้ำตาลสด พะยอมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Shorea roxburghii* G.Don อยู่ในวงศ์ Dipterocapaceae ชื่อสามัญเรียกว่า White Meranti และมีชื่อเรียกอื่น ๆที่ต่างแตกไปตามภูมิภาคเช่น พะยอม (กลาง) กะยอม (เชียงใหม่) ขะยอม (ลาว) ขะยอมดงหรือพะยอมดง (เหนือ) แคน (เลย) เชียงหรือเซี่ยว (กะเหรี่ยง เชียงใหม่) พะยอมทอง (สุราษฎร์ธานี ปราจีนบุรี) ยางหยวก (น่าน) [1] สารสำคัญที่พบในพะยอม ได้แก่ Catechol Pyrogallol และ Tannin [2] ซึ่งโดยทั่วไปจะใส่ไม้พะยอมในน้ำตาลสดเพื่อการถนอมน้ำตาลสดในระหว่างการเก็บเกี่ยวน้ำตาลและในการหมักจะใช้ไม้มะเกลือส่วนทางภาคใต้นิยมใช้ไม้เคี่ยมทั้งการถนอมและการหมัก มะเกลือมีชื่อพื้นเมืองต่างกันแล้วแต่ท้องถิ่น เช่น มักเกลือ (เขมรและตราด) มะเกลือ (ภาคกลาง) เกลือ (ภาคใต้) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Ebony ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Diospyros mollos* Griff วงศ์ Ebenacae [3] มะเกลือเป็นต้นไม้ขนาดใหญ่เขียวชอุ่มตลอดทั้งปี พบในป่าเบญจพรรณ และป่าดิบ ในประเทศไทยพบมากใน จังหวัดนครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี ลพบุรี สระบุรี กาญจนบุรี และนครราชสีมา มีสารสำคัญที่พบในผลของมะเกลือ คือ Tannin, Diospyrol, Diospyroquinone, Sterols, Organic acids, Aphrogenic principle, Invertine, Emulsine และ Hydroquinone principle [4] มะเกลือมีประโยชน์มากมาย เช่น ลูกสดเป็นยาถ่ายพยาธิ และใช้เป็นสีย้อมผ้าซึ่งจะได้สีดำ รากใช้ดื่มแก้อาเจียน แก้ลม และเปลือกนำมาย่างใส่ในน้ำตาลสดทำให้เกิดการหมักขึ้น เรียกว่า น้ำตาลเมา [3] ส่วนต้นเคี่ยมเป็นต้นไม้ประจำจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cotylelobium lanceolatum* Craib อยู่ในวงศ์ Dipterocapaceae จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ลำต้นตรง มีความสูงโดยประมาณ 20 - 40 เมตร เปลือกสีน้ำตาล เปลือกด้านในเป็นสีน้ำตาลอ่อน ขึ้นได้ทั่วไปตามป่าดงดิบทางภาคใต้ของประเทศไทย พม่า มาเลเซีย และอินโดนีเซีย ต้นเคี่ยมมีสารที่สำคัญคือ Ampelopsin F, Isoampelopsin F, Viniferin, Vaticanol A, Vaticanol E, Vaticanol G และ Lyoniresinol ต้นเคี่ยมเป็นดรรชนีเพื่อชี้วัดได้ว่าพื้นนั้นเหมาะสมต่อการทำการเกษตรหรือไม่ อีกทั้งยังใช้ใส่ในน้ำตาลเมาเพื่อให้มีรสกลมกล่อม [5] โดยยังไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์อธิบายถึงบทบาทของการใช้ไม้ทั้งสามชนิดในการหมักน้ำตาลโตนดโดยสันนิษฐานว่า อาจเป็นเพราะมีสารโพลีฟีนอลช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ปนเปื้อนอย่างไรก็ตามผลของไม้พะยอมและไม้เกลือต่อจุลินทรีย์ในน้ำตาลเมาและน้ำตาลสด ไม่พบว่าไม้พะยอมและมะเกลือสามารถยับยั้งการเจริญของอะซิติกแบคทีเรียได้แต่พบว่าไม้มะเกลือมีส่วนช่วยให้ ยีสต์ *Candida colliculosa* เจริญได้ดี และไม้พะยอมสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกบางชนิด ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* [1]

วิธีการเมตาจีโนมิกส์เป็นวิธีการที่ใชในการศึกษาวิเคราะหจีโนมของจุลินทรียทั้งหมดที่มีในหนึ่งชุมชีพ (Community) หรือในตัวอย่างธรรมชาติโดยวิธีการสกัดดีเอ็นเอออกมาจากตัวอย่างที่ตองการศึกษาโดยตรง ไม่ตองทำการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรียดังนั้นวิธีการเมตาจีโนมิกสจึงครอบคลุมไปถึงการศึกษาจุลินทรียที่ไม่สามารถ เพาะเลี้ยงได (Unculturable microbes) ซึ่งพบวามีมากถึงร้อยละ 99 ของจุลินทรียทั้งหมดในตัวอย่างธรรมชาติ วิธีการทางเมตาจีโนมิกสเริ่มตั้งแต่การสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างในสิ่งแวดลอม จากนั้นจึงวิเคราะห์ดีเอ็นเอเหลานั้น ด้วยวิธีการต่าง ๆ กันไป ซึ่งสวนใหญ่จะมุงเน้นไปที่การคนหายีนที่ถอดรหัสสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และยาชนิดใหม่ ๆ โดยวิธีที่นำมาใชคนหาสารชีวภาพใหม่ ๆ จากฐานขอมูลเมตาจีโนม (Metagenomic library) สามารถแบง ออกได้เป็น 2 วิธีหลัก ๆ คือการอางอิงจากคุณสมบัติจำเพาะที่ตองการศึกษา (Function-based screening) หรือ อางอิงจากลำดับเบสของยีนที่ตองการ (Sequence-based screening) ที่ผ่านมามีสารชีวโมเลกุลมากมายที่ถูกคนพบด้วยวิธีเมตาจีโนมิกส เชนดีเอ็นเอพอลิเมอเรส ไลเปส เซลลูโลส โปรตีเอส หรือยีนที่สร้างสารปฏิชีวนะ โดยสรุปวิธีเมตาจีโนมิกสนับเป็นเครื่องมือที่สำคัญ และจำเป็นที่ใชในการคนหาสารชีวโมเลกุลใหม่ ๆ และใชวิเคราะห์ความ หลากหลายทางพันธุกรรมของจุลินทรียในชุมชีพ การคนพบยีนชนิดใหม่ ๆ ทำใหทราบถึงโครงสร้าง และหนาที่ของจุลินทรียภายในชุมชีพ ซึ่งอาจจะนำไปสู่การใชแกปญหาทั้งด้านการแพทย์ การเกษตร และ อุตสาหกรรมได้

วิธีการวิจัย

1.การเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์องค์ประกอบของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยม

1.1 การเตรียมตัวอย่างพืช

นำตัวอย่างมะเกลือสด มะเกลือย่าง พะยอม และเคี่ยม ชนิดละ 10 กรัม บดละเอียด ผสมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร สกัดด้วยวิธีการแช่ (Soaking extraction) [6] ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน และกรองผ่านกระดาษกรอง 1 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดสีชา เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

1.2 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Phenolic compounds)

นำตัวอย่างสารสกัดจากไม้ทั้งสามชนิดมาปริมาตร 1 มิลลิลิตร ถ้าสารละลายขุ่นนำไปปั่นเหวี่ยงและนำส่วนใสมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดสี เติมสารละลาย 10% Folin – ciocalteu Reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 7. 5 เปอร์เซ็นต์โซเดียมคาร์บอเนตปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ สารละลายผสมกัน และตั้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที (ถ้าสารละลายขุ่นนำไปปั่นเหวี่ยงและนำเอาสารละลายใสมาวิเคราะห์) เมื่อเกิดปฏิกิริยาสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร(A_{765}) ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์โดยทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากกราฟมาตรฐานปริมาณกรดแกลลิก ในช่วง 20 – 100 ไมโครกรัม [7]

1.3 วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

สร้างกราฟมาตรฐาน เควอซิทิน โดยวิธี Aluminium nitrate colorimetric method โดยเควอซิทิน โดยปิเปตช่วงตัวอย่าง 20 -100 ปิเปต 5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไนไตรท์ 0.15 มิลลิลิตร ลงในสารละลาย เควอซิทิน ในเมทานอล 2 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที เติม 10 เปอร์เซ็นต์ อลูมิเนียมไนเตรต 0.15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติม 1 โมล โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 12 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์โดยทดลอง 3 ซ้ำ หาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างทำตามวิธีข้างต้นโดยการเปลี่ยนสารเควิซิทินเป็นสารตัวอย่าง และเทียบกับกราฟมาตรฐาน ในช่วง 20 -100 [8]

1.4 วิเคราะห์ Nitrogen (Kjeldahl)

ทำการชั่งตัวอย่างจำนวน 0.3 - 0.5 มิลลิลิตร ใส่ Kjeldahl flask ขนาด 800 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริก (93 – 98 เปอร์เซ็นต์กรดซัลฟูริก) ปริมาณ 40 มิลลิลิตร เขย่า ให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที และเติมโซเดียมไธโอซัลเฟต จำนวน 5 กรัม นำไปตั้งบนเตาสำหรับย่อยตัวอย่าง ทำการย่อยตัวอย่างโดยใช้ไฟปานกลาง จนกระทั่งได้สารละลาย สีน้ำตาล ปิดไฟ และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมตัวเร่งปฏิกิริยา จำนวน 10 กรัม และทำการย่อยอีกครั้งจนได้สารละลายสีเขียวใส ปิดไฟทิ้ง ไว้ให้เย็น เติมสารละลายกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และสารละลายตัวชี้วัด ปริมาณ 4 – 5 หยด ทำการกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายในขวดรูปชมพู่ ปริมาณ 350 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.2 นอร์มอล บันทึกผล ทำแบลงค์ (Blank) โดยไม่ใส่ตัวอย่าง [7] คำนวณหาปริมาณดังแสดงตัวอย่างในสมการที่ (1)

$$\text{คำนวณเปอร์เซ็นต์ Total N} = \frac{N(HCl)\times\{ml(HCl)-ml(blank)\}\times 14.0067\times 100}{Wt.of\ sample\ (g)\times 1000} \qquad (1)$$

14.0067 = น้ำหนักอะตอมของไนโตรเจน

1.5 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Kjeldahl Method)

นำตัวอย่างมาชั่งจำนวน 2-5 กรัม ใส่ลงใน Kjeldalh flask เติม ตัวเร่งปฏิกิริยา คอปเปอร์ซัลเฟต 0.1

กรัม, โซเดียมซัลเฟต 2 กรัม และ กรดซัลฟิวริก 25 กรัม (สารผสมระหว่าง คอปเปอร์ซัลเฟต: โซเดียมซัลเฟต อัตราส่วน 1:10) ย่อยบน เตาหลุมให้ความร้อนไฟฟ้าโดยให้ความร้อนอ่อนๆจนไม่มีฟอง แล้วค่อยเพิ่มความร้อนอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส จนสารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อย 10 -15 มิลลิลิตร นำหลอดย่อยมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เติม 40 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 - 50 มิลลิลิตร (เข้มข้นร้อยละ 40 โดยใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร) นำ Receiving flask ที่มี 4 เปอร์เซ็นต์ กรดบอริก (เตรียมโดยต้มน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ให้ร้อนแล้วใส่ผงกรดบอริกลงไป 4.0 กรัม ต้มจนละลายหมดทิ้งไว้จนสารละลายเย็นลงแล้วจึงเติมน้ำ) อยู่ 20 - 25 มิลลิลิตร และเติมสารชี้วัด (ผสมสารชี้วัด: เมทิลออเรนจ์ 0.1 กรัม: สีย้อม 0.1 กรัม ใน เอทานอล 100 มิลลิลิตร) เรียบร้อยแล้วมารองรับสารละลายที่กลั่นได้ กลั่นจนได้สารละลายประมาณ 25 มิลลิลิตร ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วย 0.1 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพู ทำ Blank ตามข้อ 1-7 โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง คำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตรการวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีนี้ ควรทำตัวอย่างไว้ตรวจสอบ เรียกว่า Blank (โดยใส่สารเคมีและขั้นตอนการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่าง) [7] ดังแสดงตัวอย่างในสมการที่ (2)

$$\text{การคำนวณปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B)\times N\times 1.4\times F}{Wt.} \quad (2)$$

2. วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และแบคทีเรียระหว่างกระบวนการหมักน้ำตาลโตนด

2.1 การหมักน้ำตาลโตนดแบบธรรมชาติ

นำน้ำตาลสดที่เก็บจากต้นตาลจากแหล่งเก็บเกี่ยวที่ อำเภอห้วยกรด จังหวัดชัยนาท ใส่ภาชนะในกระบอก นำน้ำตาลสด 500 มิลลิลิตร บรรจุในขวดฝาเกลียว (blue cap bottle) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แบ่งเป็น 5 สิ่งทดลอง 100 กรัม คือ สิ่งทดลองที่ 1 น้ำตาลโตนดสด (สิ่งทดลองควบคุม) สิ่งทดลองที่ 2 น้ำตาลโตนดสดหมักด้วยพะยอม สิ่งทดลองที่ 3 น้ำตาลโตนดสดหมักด้วยมะเกลือย่าง (ย่างมะไม้เกลือด้วยไฟอ่อน มะเกลือมีผิวสีน้ำตาลอ่อนหรือเข้ม) สิ่งทดลองที่ 4 น้ำตาลโตนดสดหมักด้วยมะเกลือสด สิ่งทดลองที่ 5 น้ำตาลโตนดสดหมักด้วยเคี่ยม หมักที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เก็บตัวอย่างทุกวัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2.2 วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และแบคทีเรียระหว่างกระบวนการหมักด้วยวิธีเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ

วิเคราะห์การเจริญของยีสต์และแบคทีเรียในระหว่างการหมักด้วยวิธี Spread Plate นำตัวอย่างที่อยู่ระหว่างการหมัก ทำการเจือจางด้วย 0.1 เปอร์เซ็นต์ Peptone ให้มีปริมาณความเข้มข้น (10^1- 10^7 cfu/ml) ปริมาตร 100 ไมโครลิตรหยดลงบนอาหาร Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) ที่มีสาร Chloramphenicol สามารถ ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย และจำกัดขนาดสปอร์ราได้ ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมเกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Spread Plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปิเปตตัวอย่างที่ระดับเจือจางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่เติมสารละลาย Cycloheximide 0.01 เปอร์เซ็นต์ เพื่อยับยั้งการเจริญของยีสต์ ใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมเกลี่ย ให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ด้วยวิธี Spread Plate บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนับเฉพาะจานที่มีจำวนโคโลนีระหว่าง 30 – 300 โคโลนีรายงานผลมีหน่วยเป็น Log CFU/ml บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไประบุสปีชีส์ของจุลินทรีย์ต่อไป [1]

2.3 วิเคราะห์ทางเคมีน้ำตาลเมา ตามวิธีการของ [12] ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด โดยใช้ Refractometer ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) โดยใช้เครื่อง Digital pH Meter ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ

3.ระบุชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในระหว่างการหมัก

3.1 ระบุเชื้อจุลินทรีย์โดยการนำเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกจนบริสุทธิ์ (Pure Culture) ในข้อที่ 2.2 ที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน ได้แก่ สี ขนาด ความมันวาว และลักษณะของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นำโคโลนีที่คัดเลือกได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทาง ชีวโมเลกุล ที่สามารถระบุชนิดของจุลินทรีย์ได้ถึงระดับสปีชีส์ ได้แก่ หาลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 26S rRNA gene เพื่อระบุชนิด ของยีสต์ หาลำดับนิวคลีโอไทด์ของ ITS rRNA region เพื่อระบุชนิดของรา และหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 16S rRNA gene เพื่อระบุชนิดแบคทีเรีย ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์จุลินทรีย์ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) จากนั้นนำลำดับ นิวคลีโอไทด์มาเปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูลของ Genbank ด้วยโปรแกรม Basic Local Alignment Search Tool (BLAST; https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi) ศึกษาความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่มของสายดีเอ็นเอตั้งแต่สองสายขึ้นไป (Multiple Sequence Alignment) และสร้างแผนภูมิต้นไม้ (Phylogenetic Tree) ด้วยวิธีNeighbor-joining Method [16] ด้วยโปรแกรม MEGA 11 โดยมีค่า Bootstrap จำนวน 1,000 ซ้ำ

3.2 เทคนิคเมตาจีโนมิกส์เป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์จีโนมของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในหนึ่งชุมชีพ (Community) หรือในตัวอย่างธรรมชาติ โดยวิธีการสกัดดีเอ็นเอออกมาจากตัวอย่างที่ต้องการศึกษาโดยตรง ไม่ต้องทำการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ยีนในช่วงวิเคราะห์ กลุ่ม แบคทีเรีย จากลำดับยีน 16S rDNA และ ยีสต์ ราจากลำดับยีน ITS ซึ่งเก็บตัวอย่างน้ำตาลเมาหลังการหมัก วันที่ 3 นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงสาร (Centifuge) 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อเก็บส่วนตะกอนตัวอย่างละ 5 กรัม ส่งวิเคราะห์ที่ Technical Application Specialist for Next Generation Sequencing and Gene Art Gibthai Co., Ltd. เพื่อใช้การเตรียมสกัด DNA และ Bioinformatics analysis การอ่านลำดับเบส จัดทำโปรไฟล์อนุกรมวิธานที่หลากหลาย

ผลการวิจัย

1.การวิเคราะห์สารในตัวอย่างของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยม

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอกลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ ของมะเกลือ พะยอม และ เคี่ยมได้แสดงผลดังตารางที่ 1 พบว่า พะยอมมีปริมาณ 288.735 mg GAE/g เคี่ยม 282.607 mgGAE/g มะเกลือย่าง 130.507

ตารางที่ 1 ตารางปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ของมะเกลือ พะยอม เคี่ยม

ตัวอย่าง	ปริมาณสาร	
	ปริมาณสารฟีนอลิก (mg GAE/g)	ปริมาณฟลาโวนอยด์ (mg QE/g)
พะยอม	288.735±1.025 [a]	40.941±0.660 [ab]
มะเกลือสด	50.479±2.957 [c]	35.529±1.971 [bc]
มะเกลือย่าง	130.507±2.071 [b]	32.391±3.104 [d]
เคี่ยม	282.607±1.935 [a]	45.847±0.705 [ab]

หมายเหตุ ตัวอักษร a-d ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

mg GAE/g และมะเกลือสด 50.479 mg GAE/g ตามลำดับ จากผลดังกล่าวจะเห็นว่าพะยอม และเคี่ยมมีสารฟีนอลิกสูงที่สุด ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และรองลงมาคือ มะเกลือย่าง และมะเกลือสดมีปริมาณน้อยที่สุดจะเห็นได้ว่ามะเกลือสดน้อยกว่ามะเกลือย่างเนื่องจากความชื้นที่ลดลงทำให้ปริมารต่าง ๆ เพิ่มขึ้นปริมาณฟลาโวนอยด์ ดังตารางที่ 1 พบว่า เคี่ยม 45.847 mg QE/g พะยอม 40.941 mg QE/g มะเกลือสด 35.529 mg QE/g และมะเกลือย่าง 32.391 mg QE/g ตามลำดับ ปริมาณฟลาโวนอยด์ของ เคี่ยมและพะยอมมีปริมาณใกล้เคียงกันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมะเกลือมีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโปรตีน ของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยมได้แสดงผลดังตารางที่ 2 พบว่า เคี่ยมมีปริมาณไนโตรเจน 3.096 TN% มะเกลือสด 1.566 TN% พยอม 1.270 TN% และมะเกลือย่าง 0.866 TN% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนของเคี่ยมสูงที่สุด รองลงมา คือ มะเกลือสด และพะยอม ดังนั้นอาจจะเป็นได้ว่าไม้เคี่ยม กับมะเกลือเป็นสารเพิ่มไนโตรเจนให้กับการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการหมักในน้ำตาลเมาได้ดีขึ้นปริมาณโปรตีนของทั้ง 4 ตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อยู่ในช่วง 0.5 – 0.8%

ตารางที่ 2 ตารางปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนใน พะยอม มะเกลือและเคี่ยม

ตัวอย่าง	ปริมาณสาร	
	ปริมาณไนโตรเจน (TN%)	ปริมาณโปรตีน$^{(ns)}$ (%)
พะยอม	1.270±0.034 ^{c}	0.828±0.994
มะเกลือสด	1.566±0.057 ^{b}	0.731±0.254
มะเกลือย่าง	0.866±0.057 ^{d}	0.564±0.425
เคี่ยม	3.096±0.005^{a}	0.824±0.417

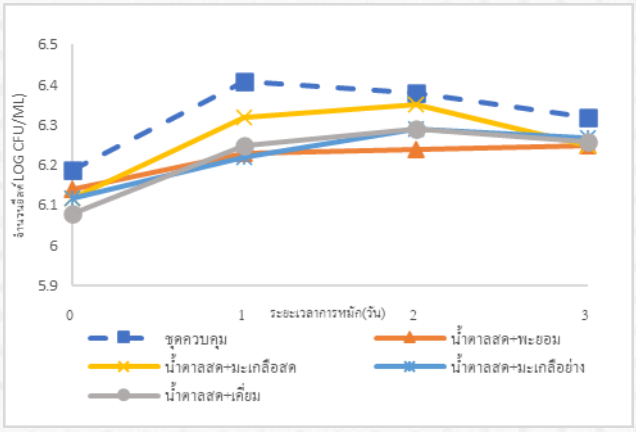
หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$)

2. การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์ และแบคทีเรียระหว่างกระบวนการหมักน้ำตาลโตนด

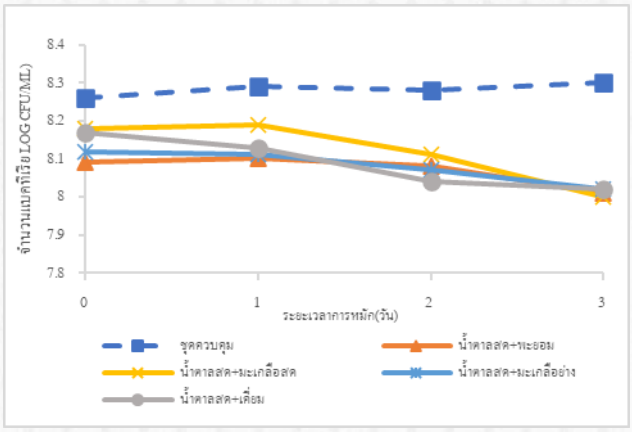
ผลการหมักน้ำตาลเมาวันแรกจะเห็นว่าน้ำหมักมีสีที่ใสตามธรรมชาติของน้ำตาลสดเกิดฟองเล็กน้อย จนวันที่ 1-2 เริ่มตะกอนขุ่นจำนวนมากเริ่มกองอยู่ด้านใต้ขวดเกิดการเดือดของฟองที่เกิดการหมักมีก๊าซเกิดขึ้น ชุดควบคุมเริ่มมีกลิ่นกรดน้ำส้มเช่นด้วยกับมะเกลือสด ส่วนมะเกลือย่าง เคี่ยม มีกลิ่นของแอลกอฮอล์มีความหอมมากกว่าพะยอมมีกลิ่นของยีสต์มีกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย และวันที่ 3 ไม่เกิดฟองก๊าซมีตะกอนของยีสต์จำนวนมากอยู่ด้านใต้ของขวด ในระหว่างการหมักได้ทำการศึกษาจำนวนโคโลนีในกระบวนการหมักน้ำตาลเมาด้วยวิธี Spread Plate นำตัวอย่างมาเลี้ยงบนอาหาร Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) เพื่อตรวจนับจำนวนยีสต์ น้ำตาลเมาที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ DRBC พบปริมาณเชื้อยีสต์เริ่มต้น 6.41±0.07 Log CFU/ml, 6.18±0.12 Log CFU/ml, 6.29±0.16 Log CFU/ml, 6.35±0.09 Log CFU/ml และ 6.19±0.01 Log CFU/ml ตามลำดับ วันที่ 1 ถึง 2 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และวันที่ 3 ปริมาณยีสต์ 6.31±0.12 Log CFU/ml, 6.25±0.01 Log CFU/ml, 6.46±0.05 Log CFU/ml, 6.27±0.03 Log CFU/ml และ 6.26±0.08 Log CFU/ml ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 1 (ก)

และตรวจนับแบคทีเรียทั้งหมดน้ำตาลเมาที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA + 0.01 เปอร์เซ็นต์ Cycloheximide พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียเริ่มต้นดังนี้ 8.26±0.10 Log CFU/ml, 8.10±0.04 Log CFU/ml, 8.18±0.01 Log CFU/ml, 8.12±0.02 Log CFU/ml และ 8.17±0.04 Log CFU/ml ตามลำดับ ปริมาณเชื้อในชุดควบคุมวันที่ 1 ถึงวันที่ 2 มีปริมาณ

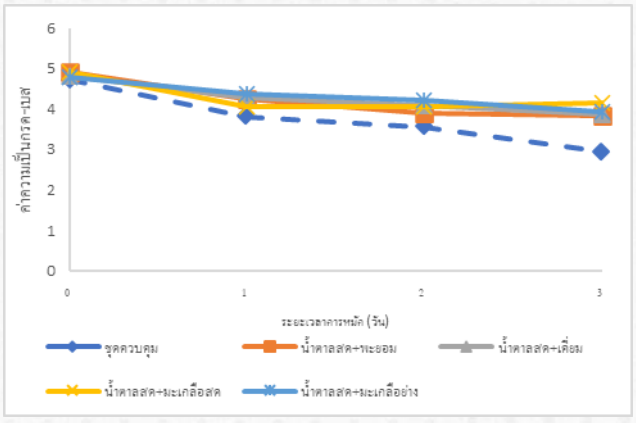
แบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้นกว่าทั้ง 4 สิ่งทดลอง ถึงวันที่ 3 ปริมาณแบคทีเรีย 8.30±0.01Log CFU/ml, 8.02±0.04 Log CFU/ml, 8.01±0.02 Log CFU/ml, 8±0.01 Log CFU/ml และ 8.02±0.07 Log CFU/ml ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 1 (ข) ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด- เบส (pH) มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ อย่างรวดเร็ว และในช่วงวันที่ 2 – 3 ของการหมักค่าความเป็นกรด- เบส (pH) จะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งในวันที่ 3 ค่า pH ของการหมักด้วย น้ำตาลสด+พะยอม มีค่า 3.95 น้ำตาลสด+มะเกลือสด มีค่า 4.17 น้ำตาลสด+มะเกลือย่าง มีค่า 3.95 น้ำตาลสด+เคี่ยม มีค่า 3.88 และชุดควบคุม มีค่า 2.95 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 1 (ค) และพบว่าค่าวัดปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) เริ่มต้น 16.2 องศาบริกซ์ มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ อย่างรวดเร็ว และในช่วงวันที่ 1– 2 ของค่าวัดปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix) จะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งในวันที่ 3 ค่าบริกซ์ของการหมักด้วย น้ำตาลสด+พะยอม มีค่า 6 องศาบริกซ์เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลสด+มะเกลือสด มีค่า 6 องศาบริกซ์ น้ำตาลสด+มะเกลือย่าง มีค่า 4 องศาบริกซ์เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลสด+เคี่ยม มีค่า 5 องศาบริกซ์เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม มีค่า 8 องศาบริกซ์เ ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 1 (ง)



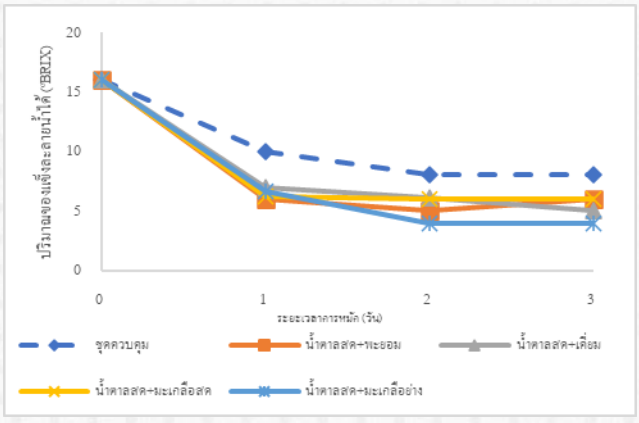
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์และทางเคมีระหว่างการหมักในกระบวนการหมักน้ำตาลเมา วันที่ 0 ถึง วันที่ 3

(ก) จำนวนโคโลนี log cfu/mlของยีสต์บนอาหาร DRBC

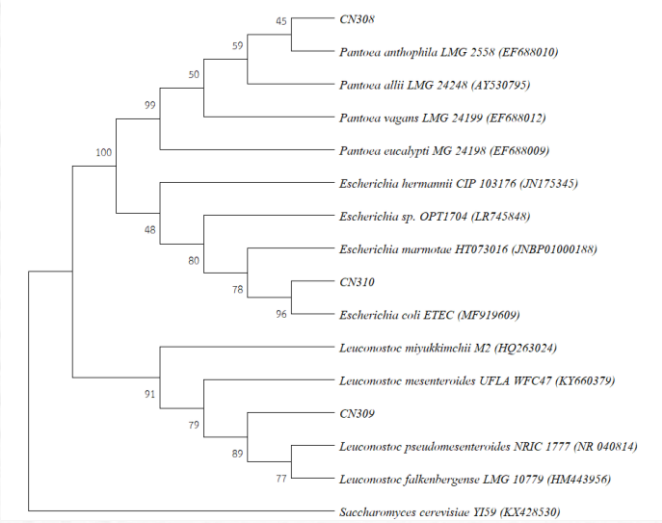
(ข) จำนวนโคโลนี log cfu/mlของยีสต์บนอาหาร PCA+ Cycloheximide

(ค) ค่าความเป็น กรด – เบส

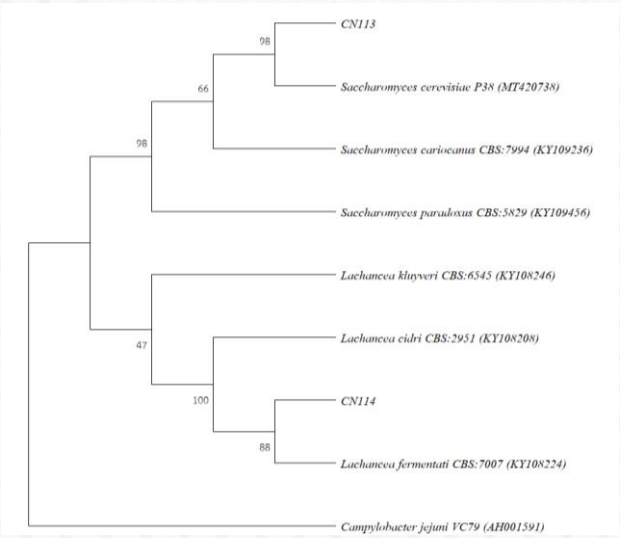
(ง) ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (องศาบริกซ์)

3.ระบุชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในระหว่างการหมัก

การวินิจฉัยทางสัณฐานวิทยาของสายพันธุ์แบคทีเรีย ยีสต์ รา เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาการจำแนกสายพันธุ์แบคทีเรีย และยีสต์ ด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลด้วย เปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยการสกัดดีเอ็นเอ พบว่าดีเอ็นเอแบคทีเรียบนยีน16S rDNA บางส่วนของยีนประมาณ 1400 – 1503 bp (ภาพที่ 4) ต้นไม้สายวิวัฒนาการที่สร้างขึ้นจากลำดับยีน 16S rDNA มีความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการแสดงกลุ่มที่อาศัยอยู่สามารถจัดจำแนกแบคทีเรียได้เป็น 3 สกุล ได้แก่ *Pantoea anthophila*, *leuconostoc pseudomesenteroides* และ *Escherichia coli* และพบดีเอ็นเอยีสต์ ได้ขยาย D1/D2 บนยีน 26S rDNA บางส่วนของยีนประมาณ 578 – 580 bp (ภาพที่ 5) ต้นไม้สายวิวัฒนาการที่สร้างขึ้นจากลำดับยีน D1/D2 บนยีน 26S rDNA มีความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการกลุ่มที่อาศัยอยู่สามารถจัดจำแนกยีสต์เป็น 2 สกุล ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Lachancea fermentati*

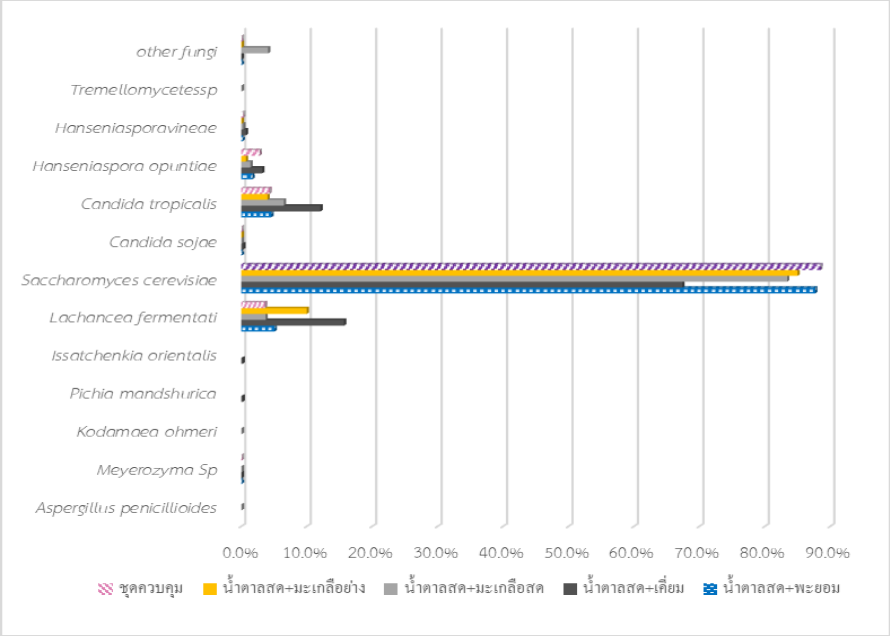


ภาพที่ 4 แผนภูมิวิวัฒนาการแบบ Neighbor-joining ของเชื้อ CN308 CN309 และ CN310 เทียบกับเชื้อในสกุล *Pantoea anthophila*, *leuconostoc pseudomesenteroides* และ *Escherichia coli*



ภาพที่ 5 แผนภูมิวิวัฒนาการแบบ Neighbor-joining ของเชื้อ CN113 และ CN114 เทียบกับเชื้อในสกุล *Saccharomyces cerevisiae*และ *Lachancea fermentati*

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ระหว่างการหมักด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ เชื้อที่พบมากที่สุดในน้ำตาลเมา คือ *Saccharomyces cerevisiae* สูงสุดถึงร้อยละ (88.5), *Lachancea fermentati* สูงสุดร้อยละ (15.7), *Candida tropicalis* สูงสุดร้อยละ (12.1) และยังพบเชื้อประจำถิ่น คือ *Hanseniaspora opuntiae* สูงสุดร้อยละ (3.2), *Hanseniaspora vineae* สูงสุดร้อยละ (0.7) และ ซึ่งในชุดการทดลองทั้ง 5 ชุดการทดลองพบเชื้อประจำถิ่นทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 3 และ ยังพบเชื้อต่าง ๆ ร้อยละ 0.1 คือ *Aspergillus penicillioides, Meyerozyma* sp, *Kodamaea ohmeri, Candida sojae, Tremellomycetes* sp, พบเชื้อต่าง ๆ อีกอยู่ในจำนวน ร้อยละ 0.2 คือ *Pichia mandshurica* และ *Issatchenkia orientalis* และยังพบ กลุ่มราชนิดอื่น ๆ ร้อยละ 4.1 (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบจำนวนของยีสต์แต่ละชนิดที่พบเป็นร้อยละแต่ละชุดการทดลอง

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

ผลการศึกษาองค์ประกอบของไม้พะยอม มะเกลือ และเคี่ยม ที่มีผลต่อการหมักน้ำตาลเมา พบว่าปริมาณสารฟีนอลิกของ พะยอม 288.735 mg GAE/g และ เคี่ยม 282.607 mg GAE/g มีปริมาณมากที่สุด และรองลงมาคือมะเกลืออ่าง 130.507 mg GAE/g และมะเกลือสด 50.479 mg GAE/g ตามลำดับ ซึ่งจากงานวิจัยของ [14] ได้ทำการศึกษาน้ำตาลสดจากจังหวัดสงขลาทำการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำตาลโตนด พบค่าอยู่ในช่วง 1.35 mg GAE/g ถึง 2.21 mg GAE/g มีค่าน้อยกว่าปริมาณสารฟีนอลิกในไม้ทั้ง 3 ชนิด ในกระบวนการหมักน้ำตาลเมาในการใส่ไม้ทั้ง 3 ชนิด ทำให้เพิ่มสารฟีนอลิกส่งผลต่อการกระบวนการหมักน้ำตาลเมาให้ดีขึ้น และจากผลฟลาโวนอยด์ เคี่ยม 45.847 mg QE/g พะยอม 40.941 mg QE/g มะเกลือสด 35.529 mg QE/g และมะเกลืออ่าง 32.391 mg QE/g ปริมาณใกล้เคียงกันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่งให้กระบวนการหมักน้ำตาลเมาดียิ่งขึ้นเนื่องจากฟลาโวนอยดซึ่งจัดอยู่ในกลุมของสารประกอบฟนอลิกอีกด้วย [15]

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยม ซึ่งปริมาณไนโตรเจนของเคี่ยมสูงที่สุด รองลงมา คือ มะเกลือสด และพะยอม ดังนั้นอาจจะเป็นได้ว่าไม้เคี่ยม กับมะเกลือเป็นสารเพิ่มไนโตรเจนให้กับการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการหมักในน้ำตาลเมาได้ดีขึ้น

ผลการทดลองปริมาณโปรตีน ของมะเกลือ พะยอม และเคี่ยม ปริมาณโปรตีนของทั้ง 4 ตัวอย่าง อยู่ในช่วงประมาณ 0.5 – 0.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าน้ำตาลโตนดสดที่ไม่มีการใส่ไม้ทั้ง 3 ชนิด และจากการศึกษาของ [13] รายงานว่าน้ำตาลโตนดสดประกอบไปด้วยปริมาณโปรตีน 0.002 - 0.03 เปอร์เซ็นต์ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการใส่ไม้ทั้ง 3 ชนิด อาจมีส่วนช่วยน้ำตาลเมามีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น

ผลการทดลองตรวจนับแบคทีเรียทั้งหมดด้วย Plate Count Agar (PCA) เติม 0.01 % Cycloheximide พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียดังนี้ ชุดควบคุม 8.30±0.01Log CFU/ml น้ำตาลสด+พะยอม 8.02±0.04 Log CFU/ml น้ำตาลสด+มะเกลือสด 8.01±0.02 Log CFU/ml น้ำตาลสด+มะเกลือย่าง 8±0.01 Log CFU/ml และ น้ำตาลสด+8.02±0.07 Log CFU/ml ตามลำดับ จำนวนแบคทีเรียในชุดควบคุม มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียสูงขึ้นต่างจาก น้ำตาลสด+พะยอม น้ำตาลสด+มะเกลือสด น้ำตาลสด+มะเกลือย่าง และ น้ำตาลสด+เคี่ยม ผลนับเชื้อยีสต์บนอาหาร Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC Agar) พบปริมาณเชื้อยีสต์ 6.31±0.12 Log CFU/ml, 6.25±0.01 Log CFU/ml, 6.46±0.05 Log CFU/ml, 6.27±0.03 Log CFU/ml และ 6.26±0.08 Log CFU/ml ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [1] ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ของไม้พะยอมและไม้มะเกลือในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดบนอาหารวุ้นโดยคัดเลือกเป็นแบคทีเรียแกรมลบและแบคทีเรียแกรมบวกที่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษในอาหาร ได้แก่ *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcu aureus*, *Bacillus cereus* และ *Bacillus subtilis* จากการทดลองพบว่าไม้มะเกลือไม่มีการยับยั้งจุลินทรีย์แต่อย่างไร แต่พบว่าในไม้มะเกลืออาจมีสารบางชนิดซึ่งช่วยเร่งอัตราการเจริญของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และยังช่วยควบคุมการสร้างกรดแลคติกของยีสต์ *Candida colliculosa* เมื่อเพิ่มปริมาณไม้มะเกลืออัตราการเจริญของยีสต์เพิ่มขึ้น และการศึกษาของ [10] ได้ทำการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด จากใบเคี่ยมมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดคือ 158.14 mg จากปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งจากรายงานปริมาณฟีนอลิกที่สูงสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้แก่ *Escherichia coli, Staphylococcu aureus, Listeria monocytogenes, Bacillus cereus, Salmonella typhymurium* และ *Vibrio cholerar* ซึ่งอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่เชื้อแบคทีเรียมีการเจริญเติมโตได้น้อยเพราะปริมาณฟีนอลิกที่สูงของไม้พะยอม มะเกลือและเคี่ยม สามารถชะลอการเกิดแบคทีเรียในอาหารได้

จากการศึกษาผลของไม้พยอม มะเกลือ และเคี่ยม ต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักน้ำตาลเมาด้วยเทคนิคมาตรฐานและเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ จากผลการทดลองซึ่งเปรียบเทียบจากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเทคนิคมาตรฐานด้วยเอาหาร และเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ITS จากผลการทดลองจำนวนยีสต์ของ พะยอม มะเกลือสด มะเกลือย่าง และเคี่ยม มีปริมาณยีตส์ที่ใกล้เคียงกัน จากเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารจำแนกโคโลนีที่ต่างกันทำการสกัดดีเอ็นเอ ลำดับยีน 16S rRNA ของแบคทีเรีย และ D1/D2 บนยีน 26s rDNA ของยีสต์ ยีสต์ที่พบคือ Saccharomyces cerevisiae และ Lachancea fermentati ซึ่งตรงกับการตรวจด้วยเทคนิคเมตาจีโนมิกส์ พบยีตส์ Saccharomyces cerevisiae สูงสุดถึง 88.5 เปอร์เซ็นต์ Lachancea fermentati สูงสุด 15.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นมากที่สุด และยังพบยีสต์อีกหลายชนิด ได้แก่ Candida tropicalis สูงสุด 12.1 เปอร์เซ็นต์ และยังพบเชื้อประจำถิ่น คือ Hanseniaspora opuntiae สูงสุดอยู่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ Hanseniaspora vineae สูงสุด 0.7 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [11] การสำรวจยีสต์ในมะพร้าว ตาลโตนด และน้ำตาลต้นจาก และสามารถในการหมักเอทานอลของยีสต์ที่แยกได้ ทำการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์โดเมน D1/D2 บนยีน 26s rDNA และ ITS พบว่าน้ำตาลสดซึ่งสายพันธุ์ยีสต์ที่พบมากที่สุดคือ Saccharomyces cerevisiae (86.70 เปอร์เซ็นต์) Lachancea fermentati, และ Candida tropicalisg เป็นต้น

ดังนั้นการหมักน้ำตาลเมาซึ่งเป็นวิถีโบราณในการรักษาแปรรูปวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นอย่างน้ำตาลโตนดจึงควรมีวิธีการเก็บเกี่ยวที่คำนึงถึงความสะอาดปลอดภัยต่อการบริโภคเพื่อลดเชื้อปนเปื้อนจากการเก็บเกี่ยว ไม้ที่ใช้ในการหมักควรทำความสะอาดก่อนนำไปใช้หมักน้ำตาลเมา ควรมีการต่อยอดงานวิจัยในการใช้ยีสต์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์ทำ

เป็นการค้าหรือสารช่วยในการถนอมน้ำตาลสดลดการเน่าเสียเพื่อทดแทนการใช้ไม้ที่ไม่จำเป็นเพราะไม้ถือเป็นทรัพยากรที่หายากทุกวัน

สรุป

กระบวนการผลิตน้ำตาลแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยใช้ เครื่องมือและวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่น ซึ่งกระบวนการหมักที่ใช้การแปรรูปจากการใช้ ไม้มะเกลือ พะยอม และเคี่ยมแตกต่าง กันไปตามภูมิภาค จากการใช้เมาตาจีโมนิกส์ทำให้ทราบถึงปริมาณสัดส่วนของยีสต์ และยีสต์บางชนิดที่เพาะเลี้ยงได้ยาก ซึ่งยีสต์เป็นสิ่งสำคัญในกระบวนหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ แต่จากการศึกษาจำนวนโคโลนี บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA โดยการใช้ไม้พะยอม ไม้มะเกลือ และไม้เคี่ยม โดยพืชทั้งสามชนิดนั้นมีบทบาทช่วยลดปริมาณแบคทีเรียในน้ำตาลสดให้ค่อยๆ ลดลง ช่วยชะลอการเน่าเสียที่เกิดจากแบคทีเรีย ซึ่งเนื่องมาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในไม้ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณสูง ดังนั้นการหมักน้ำตาลเมาซึ่งเป็นวิถีโบราณในการรักษาแปรรูปวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นอย่างน้ำตาลโตนดจึงควรมีวิธีการเก็บเกี่ยวที่คำนึงถึงความสะอาดปลอดภัยต่อการบริโภคเพื่อลดเชื้อปนเปื้อนจากการเก็บเกี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการอำนวยความสะดวกในการวิจัยจากสาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต ได้รับความอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงอนุรักษ์ตาลโตนด ตำบลห้วยกรด อำเภอห้วยกรด จังหวัดชัยนาท ที่อำนวยความสะดวกในการให้ความรู้ และเก็บเกี่ยววัตถุดิบ

เอกสารอ้างอิง

[1] อารี แก้วกนกวิจิตร. **ผลของไม้พะยอมและไม้มะเกลือที่มีต่อจุลินทรีย์ในน้ำตาลสด และน้ำตาลเมา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ISBN 974-359-449-3, 2546.

[2] วรรณิภา เฉลิมหมู่. **ประสิทธิภาพของครีมย้อมผมจากสารสกัดหยาบเปลือกต้นพะยอมและเปลือกต้นคูน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์, 2557.

[3] พัชรินทร์ เมทินีวงศ์. (2528). **การสกัดและการวิเคราะห์หาปริมาณไดออสพิรอลจากมะเกลือ (Diospyros mollis Gridd)**. วิทยานิพนธ์ (วท.ม.) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

[4] ลีนา ผู้พัฒนพงศ์. **สมุนไพรไทย ตอนที่ 5**. ห้างจำกัดชุติมาการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2530.

[5] เมธาวี ค้ำชู. **การออกแบบชุดลำลองสตรีในสไตล์มินิมอลโดยใช้ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกไม้เคี่ยม.** คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2561.

[6] จรัณธร บุญญานุภาพ และคณะ. **การกระจายของชนิดพันธุ์พืชสมุนไพรที่มีสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในพื้นที่วน อุทยานเขาหลวง.** คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหิดล, 2558.

[7] Official Methods of Analysis. **16th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg,** MD, sec. 33.2.11, 1995, Method 991.20.

[8] นิธิดา พลโคตร และคณะ. **การตรวจหาปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณแคโรทีนในเกสรบัวหลวง.** วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตร-มหาบัณฑิต สาขาเภสัชภัณฑ์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2556.

[9] อัชฌา บุญมี. **เมตาจีโนมิกส์: ปิดโลกแห่งจีโนมจุลินทรีย์ในธรรมาชาติ.**วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม, 2556.

[10] ปุณณานี สัมภวะผล. **การสกัดองค์ประกอบ คุณสมบัติบางประการ และการประยุกต์ใช้ของสารสกัดแทนนินจากวัสดุเศษเหลือของพืช.** โครงการวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2554.

[11] Savitree Limtong., *et al*. **Exploration of yeast communities in fresh coconut, palmyra, and nipa palm saps and ethanol-fermenting ability of isolated yeasts**. Antonie van Leeuwenhoek, 2020, 113:2077–2095.

[12] AOAC. **Official Method of Analysis of AOAC International (17th ed.).** The Association of Official Analytical Chemists, 2000. Virginia.

[13] กรมส่งเสริมการเกษตร. **ตาลโตนดผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปและรูปแบบโรงผลิต.** กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพมหานคร, 2544.

[14] Naknean Phisut., *et al*. **Characteristics and antioxidant activity of palm sugar syrup produced in Songkhla Province, Southern Thailand.** *Asian J. Food Agro-Ind,* 2011. 4:204–212.

[15] กระทรวงวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี. **แอนโทไซยานิน**. สำนักหอสมุด และศูนยสารสนเทศ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553.

[16] Saitou and Nei. **The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees**. Molecular Biology and Evolution, 1987. 4,406-425.

การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งในชุมชนตามรูปแบบชีวิตวิถีใหม่ : ขยะโฟม

Research and development of value added by product from a new normal community: foam waste

สังเวย เสวกวิหารี[1*] อุดมเดชา พลเยี่ยม[1] และ ธนาพร บุญชู[1]

[1]หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: sangwoei.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การนำของเหลือทิ้งในชุมชนตามรูปแบบชีวิตวิถีใหม่ ช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส โควิด -19 เช่นขยะโฟมมาใช้ประโยชน์ ทำเป็นผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้แบบต่างๆได้ โดยผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 1 : 1 ได้ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว 8 นิ้ว 6 นิ้ว และ 4.5 นิ้ว ปลูกต้นไม้ชนิดต่างๆ ทั้งแบบไม้ในร่ม และไม้กลางแจ้ง ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้ทุกขนาด มีความคงทน ไม่แตกหัก ไม่มีน้ำรั่วซึม ต้นไม้เจริญเติบโตดี ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้จากขยะโฟม จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำของเหลือทิ้งจากชุมชน มาเพิ่มมูลค่า ช่วยลดปัญหาขยะ ช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และยังช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: ขยะโฟม , กระถางต้นไม้ , ของเหลือทิ้ง

Abstract

During the epidemic of the coronavirus covid-19, single-use plastic containing products were in high demand across the community and may not be cost effective to recycle. However, repurposing such materials can reduce their environmental impact, for instance, plastic foam waste can be made into pots for planting different types of plants and trees. By mixing the foam with a suitable cement in a ratio of 1:1, a large range of pot diameters from 4.5-10 inches can be produced suitable for both indoor and outdoor planting requirements. These pot products suitable for growing plants of all sizes are durable, unbreakable, water tight. Therefore, it is a product that repurposes the leftovers from the community, and may even add value. This strategy helps reduce the problem of waste, and in particular encourages replenishment of green space to nature and the environment which also helps to combat global warming.

Keywords: foam waste , Pots for planting trees , Leftovers

1. บทนำ

จากสถานการณ์ปัจจุบัน ประเทศไทย และประเทศต่างๆทั่วโลก ประสบปัญหาการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ ไวรัสโคโรนา 2019 (COVID – 19) ซึ่งมีผู้ติดเชื้อทั่วโลกจำนวน 534,617,066 คน (ห้าร้อยสามสิบสี่ล้าน หกแสนหนึ่งหมื่น เจ็ดพันหกสิบหก คน) และมีผู้เสียชีวิตแล้ว 6.3 ล้านคน ในส่วนของประเทศไทย มีผู้ติดเชื้อจำนวน 4,463,557 คน (สี่ล้าน สีแสนหกหมื่น สามพัน ห้าร้อย ห้าสิบเจ็ด คน) มีผู้เสียชีวิตแล้ว จำนวน 30,143 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 4 มิถุนายน 2565 จาก ศบค, (ศูนย์บริหารสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019) เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรค จึงออกมาตราการต่างๆเพื่อควบคุมโรค เช่น การทำงานที่บ้าน การห้ามนั่งรับประทานอาหารในร้าน ทำให้มีการซื้ออาหารกลับมารับประทานที่บ้าน และการสั่งซื้ออาหาร ของกิน และของใช้ต่างๆทางออนไลน์ เป็นชีวิตวิถีใหม่ที่ทุกคนต้องปรับตัว ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการใช้กล่องโฟมในการบรรจุอาหาร และสิ่งของต่างๆ ทำให้เกิดปัญหาขยะจากกล่องโฟมถูกทิ้งในชุมชนเป็นจำนวนมาก กล่องโฟมบรรจุอาหารตามท้องตลาดทั่วไป ทำมาจากวัสดุพอลิเมอร์ ชนิด พอลิสไตรีน (Polystyrene) เมื่อใช้แล้วทิ้ง จะเป็นขยะที่ไม่ย่อยสลายตามธรรมชาติ ต้องใช้ระยะ เวลาที่ยาวนานมาก การเผาขยะจากโฟมก็ทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

การนำขยะโฟมมาใช้ประโยชน์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาขยะจากชุมชน และลดปริมาณขยะที่เข้าสู่กระบวนการกำจัดตามแผนงานขยะเป็นศูนย์Zero-waste

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระถางปลูกต้นไม้

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือ โฟมประเภทต่างๆ ที่เหลือทิ้งจากชุมชน เช่นกล่องโฟมบรรจุอาหาร โฟมรองก้นภาชนะ และโฟมแผ่น นำมาทำความสะอาด ตากแดดให้แห้ง หั่น ตัด ขูดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม สามารถหล่อขึ้นรูปกระถางปลูกต้นไม้ได้ ไม่แตกหัก คืออัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีน้ำเป็นตัวประสานให้โฟมและปูนซีเมนต์รวมตัวกัน



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 ของเหลือทิ้งในชุมชนขยะโฟม (ก) กล่องบรรจุอาหาร (ข) กันกระแทก (ค) ลองภาชนะ

2.2 เตรียมแม่พิมพ์กระถางต้นไม้ หรือแบบทำกระถางต้นไม้ ทาน้ำมันพืชให้ทั่วแม่พิมพ์หรือแม่แบบทั้งส่วนที่เป็นกระถาง และส่วนที่เป็นแกนกลางกระถาง ดังภาพที่ 1 ตักส่วนผสมในข้อ 2.1 ใส่แม่พิมพ์กระถาง หรือใส่แบบทำกระถางต้นไม้ เคาะให้ส่วนผสมในแม่พิมพ์หรือในแม่แบบกระถางต้นไม้แน่น ไม่มีฟองอากาศ นำแม่พิมพ์ไปตากแดด ส่วนแม่แบบกระถางต้นไม้ ใส่แกนกลางที่ทาน้ำมันส่วนด้านนอก วางตรงกลางของแม่แบบ กดให้ส่วนผสมที่เทไว้เต็มถึงขอบแม่แบบ ถ้าไม่เต็มถึงขอบให้ตักส่วนผสมจากข้อ 2.1 ใส่จนเต็ม แม่แบบ เคาะไล่ฟองอากาศ นำออกตากแดด

2.3 นำแกนกลางออกจากแม่แบบกระถาง ตากแดดต่อไปจนแม่แบบกระถางแห้ง ประมาณ 2 ชั่วโมง แกะกระถางต้นไม้ออกจากแม่แบบ หรือแม่พิมพ์ เจาะรูที่ก้นกระถางตากแดดให้แห้ง 3 – 5 วัน ทาสี วาดลวดลายให้สวยงาม ตากแดดให้แห้ง 3-5 วัน ได้ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้จากขยะโฟมแบบปลูกในร่ม และแบบปลูกกลางแจ้ง โดยขั้นตอนในการทำผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้จากขยะโฟม แสดงดังรูปที่ 1 - 6



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 ขยะโฟมประเภทต่างๆ (ก) ล้างทำความสะอาด (ข) ทำเป็นชิ้นเล็กๆ (ค) ผสมกับปูนซีเมนต์ อัตราส่วน 1:1



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3 ผสมให้เข้ากัน (ก) ใช้น้ำเป็นตัวประสาน (ข) ทาน้ำมันให้ทั่วแม่แบบกระถาง (ค) เทส่วนผสมลงในแม่แบบกระถาง



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4 ทำกระถางต้นไม้ (ก) ใส่แกนกลางกระถางตากแดด (ข) นำแกนกลางออก (ค) ตากแดดให้แห้ง



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5 กระถางต้นไม้จากขยะโฟม (ก) ตากแดดให้แห้ง (ข) ทาสีขาวลองพื้นกระถาง (ค) ทาสีแล้วตากแดดให้แห้ง



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้จากขยะโฟม (ก) ทาสีกระถางให้สวยงาม (ข) กระถางต้นไม้ที่สวยงาม (ค) ตากแดดให้แห้ง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

สำหรับผลการศึกษา ขยะโฟม ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งในชุมชนทำผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้แบบต่างๆ พบว่า อัตราส่วนผสมโฟมต่อปูนซีเมนต์ อัตราส่วน 1: 0.5 โดยปริมาตร ผลิตภัณฑ์กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว สามารถขึ้นรูปได้ ไม่ทนทาน มีรอยแตกร้าวด้านนอก และด้านบนขอบกระถาง ผิวขรุขระ ส่วนผลิตภัณฑ์กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว 6 นิ้ว และ 4.5 นิ้ว สามารถขึ้นรูปได้ ไม่ทนทาน มีรอยแตกร้าว ผิวด้านในและด้านบนขรุขระ ด้านนอกเรียบเนียน อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตรผลิตภัณฑ์กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว 8 นิ้ว 6 นิ้ว และ 4.5 นิ้ว สามารถขึ้นรูปได้ดี มีความทนทาน ไม่มีรอยแตกร้าว ผิวเรียบเนียน อัตราส่วน 1 : 1.5 โดยปริมาตรผลิตภัณฑ์กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว 8 นิ้ว 6 นิ้ว และ 4.5 นิ้ว สามารถขึ้นรูปได้ดีมาก ไม่มีรอยแตกร้าว มีความทนทาน ผิวเรียบเนียน มีน้ำหนักมาก จากผลการทดลองที่ได้ จึงใช้อัตราส่วนผสม โฟมต่อปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร เป็นอัตราส่วนที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้แบบต่างๆในงานวิจัยครั้งนี้ ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้จากขยะโฟมแบบต่างๆ ช่วงเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน เป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้จากขยะโฟมแบบปลูกในร่ม และแบบปลูกกลางแจ้งทุกขนาด มีลักษณะคงรูป ไม่แตกหัก ไม่มีน้ำรั่วซึม ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดีทุกต้น ดังภาพที่ 7- 8



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 ทดสอบผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้จากขยะโฟม (ก) ปลูกไม้กลางแจ้ง (ข) ปลูกไม้ในร่ม (ค) ปลูกไม้ในร่ม



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 8 ทดสอบผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้จากขยะโฟม (ก) ปลูกไม้กลางแจ้ง (ข) ปลูกไม้ในร่ม (ค) ปลูกไม้ประเภทต่างๆ

4. บทสรุป

ขยะโฟม ของเหลือทิ้งในชุมชน ทำผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้แบบปลูกกลางแจ้ง และแบบปลูกในร่ม สรุปได้ว่า โฟมสามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้แบบต่างๆได้ดี โดยผสมกับปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 1 : 1 ได้ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว 8 นิ้ว 6 นิ้ว และ 4.5 นิ้ว ปลูกต้นไม้ชนิดต่างๆ ทั้งแบบไม้ในร่ม และไม้กลางแจ้ง ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้ทุกขนาด มีความคงทน ไม่แตกหัก ไม่มีน้ำรั่วซึม ต้นไม้เจริญเติบโตดี

ผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้จากโฟม จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำของเหลือทิ้งในชุมชนมาใช้ประโยชน์ และเพิ่มมูลค่า ช่วยลดปัญหาขยะที่ทำลายยาก และยังช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวในการปลูกต้นไม้ให้ธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม เพื่อช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก งบประมาณรายได้ประจำปี 2565 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอขอบคุณทุกกำลังใจ ทุกคำแนะนำ และทุกความช่วยเหลือที่ให้กับผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เตือนใจ ปิยัง , กันตินาฎ สกุลสวัสดิพันธ์และวรรณวิภา ไชยชาญ,2562 การผลิตกระถางต้นไม้จากกากตะกอนน้ำมันปาล์มร่วมกับก้อนเชื้อเห็ดเก่า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

[2] นงลักษณ์ บรรยงวิจัย,2547. การผลิตกระถางจากผักตบชวา รายงานวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ

[3] นฤมล หวลระลึก, 2551. การประดิษฐกระถางต้นไม้แก้มลิง ห้องสมุด สสวท . แหล่งที่มา : https//library.ipst.ac.th

[4] ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, 2550. การผลิตกระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร คลินิกเทคโนโลยีที่พึ่งของประชาชน แหล่งที่มา : www.clinictech.rmutk.ac.th

[5] พงศธร หนูเล็ก ,จิราณุวัฒน์ แสงมุกด์ และนายชินพันธุ์ แซ่ซิ้ม, 2541. การทำ กระถางต้นไม้จากขุยมะพร้าว.วันที่สืบค้น 30พฤษภาคม 2562 , จาก http://www.decorreport.com/a29385.

[6] พรฤดี สงวนสุข,2552. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กระถางจากกากตะกอนน้ำมันปาล์มและกากตะกอนเยื้อกระดาษ จากบ่อบำบัดน้ำเสีย สำหรับกล้าไม้ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศสาสตร์ มหาบัณฑิต หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[7] พรเทพ แก้วเชื้อและวรินทร์ เกียรติกูล,2554. โครงการพัฒนากระถางต้นไม้จากขี้เลื่อย การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติประจำปี 2554. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ก.ท.ม. พิชชาพร สังข์ทอง, 2561. การทำกระถางต้นไม้จากธรรมชาติ. วันที่สืบค้น 25 พฤษภาคม2562, จาก http://48125jiab.blogspot.com/

[8] ภคินี ติปัญโญ และ สรชัช มีโค, 2558. การอัดกระถางต้นไม้จากผักตบชวา. วันที่สืบค้น17 กรกฎาคม 2562, จาก http://www.eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project.

ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเหลือทิ้ง: แกลบ

Energy potential of fuel briquettes from leftovers: rice husk

สังเวย เสวกวิหารี[1*] ธนัฏฐา อำนวยวัฒนะกุล [1] และ นิภาพร ปัญญา[2]

[1]หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: sangwoei.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การนำของเหลือทิ้ง แกลบ ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในครัวเรือน แทนการใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สหุงต้มที่มีราคาแพง และทดแทนการใช้ฟืน และถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ โดยมีกาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ผ่านกระบวนการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแท่งเชื้อเพลิงสีดำ คงรูป ไม่แตกหัก ทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบ มีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 10.32 กรัมต่อนาที สามารถใช้งานหุงต้มได้ดี ไม่แตกปะทุ ติดไฟได้ดี มีควันเล็กน้อย ไม่มีเขม่าและไม่มีกลิ่นรบกวนขณะใช้งาน

คำสำคัญ: พลังงาน, เชื้อเพลิงอัดแท่ง, แกลบ

Abstract

Recycling of leftover rice husks into a fuel could help reduce fossil fuel consumption. Transforming the husks to fuel briquettes requires starch glue as a binder and compaction, such as with a hand press. This simple fuel source could be useful in the household to replace expensive cooking gas fuel and the use of firewood and charcoal from natural forests. The product is a stable and durable black fuel rod. Testing the combustion efficiency of fuel briquettes from rice husks revealed an average burning rate of 10.32 g/min. Suitability for cooking is good, providing a slightly smoky and soot free heat source with a neutral odor.

Keywords: Energy, Fuel Briquettes, Rice husk

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาวะการณ์ด้านพลังงาน เป็นปัญหาที่วิกฤตต่อภาวะเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเป็นอย่างมาก ทุกหน่วยงานจึงพยายามหามาตราการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน จึงมีการสนับสนุนให้ใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ และการหาแหล่งพลังงานทดแทน เนื่องจากประเทศไทยของเราเป็นประเทศเกษตรกรรม มีศักยภาพในการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ แต่หลักใหญ่ของผลผลิตทางการเกษตร เพื่อใช้เป็นแหล่ง

อาหารของโลก ถ้านำผลผลิตเหล่านี้มาใช้ผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงก็จะทำให้แหล่งอาหารของโลกเกิดภาวะขาดแคลน และจะส่งผลกระทบต่อการดำรงอยู่ของมวลมนุษย์ชาติได้

การนำแกลบที่เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการสีข้าว หลังการเก็บเกี่ยวข้าวของชาวนา มาทำให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่ง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาขยะ ลดปัญหามลภาวะ ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงาน ลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน ลดปัญหาการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ ลดการนำผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งมาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม และเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

1.1 เก็บวัตถุดิบแกลบ นำมาตากแดดให้แห้ง เผาให้แกลบเป็นสีดำ โดยวิธีหมกแกลบล้อมลอบถังปี๊บ แล้วปล่อยให้แกลบสุก (ภูมิปัญญาชาวบ้าน) ใช้เวลาเผาแกลบ ประมาณ 6 - 8 ชั่วโมง ดังภาพที่ 1

1.2 นำแกลบสุกสีดำที่ได้จากการเผา บดให้ละเอียดจนเป็นผง ผสมผงถ่านกับ กาวแป้งเปียก (แป้งมัน 200 กรัมผสมน้ำ 1 ลิตร) ใช้ผงถ่านแกลบ 1 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นวดจนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน อัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดมือ ได้แท่งเชื้อเพลิงเปียกจำนวน 41 แท่ง น้ำหนักเฉลี่ยแท่งละ 40.25 กรัม ความยาวเฉลี่ยแท่งละ 4 เซนติเมตร ตากแดดให้แห้งสนิท 3 – 5 วัน จนน้ำหนักคงที่ เฉลี่ยแท่งละ 20.30 กรัม ดังภาพที่ 2 - 3

1.3 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบ นำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบที่ตากแดดจนแห้งสนิท มาศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้ม โดยทดสอบการต้มน้ำ ทำการทดลองในห้องที่ไม่มีลมพัด สังเกตการแตกปะทุของแท่งเชื้อเพลิง ปริมาณควันขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งน้ำเดือด แล้วบันทึกเวลาที่ใช้ไปพร้อมทั้งเปิดฝาหม้อ จากนั้นปล่อยให้น้ำเดือดต่อไปอีก 30 นาที คำนวณ 1 ค่างานที่ได้ 2. อัตราการเผาไหม้ และ ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบ (จิระพงษ์ คูหากาญน์)

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากของเหลือทิ้ง : แกลบ (ครั้งที่1)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{400.60 \text{ กรัม}}{500 \text{ กรัม}}$$

$$= 0.80 \text{ กรัม}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{500 \text{ กรัม}}{50 \text{ นาที}}$$

$$= 10.00 \text{ กรัมต่อนาที}$$

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเหลือทิ้ง : แกลบ (ครั้งที่2)

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$$

แทนค่า = 480.53 กรัม / 500 กรัม

= 0.96 กรัม

อัตราการเผาไหม้ = น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม) / ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)

แทนค่า = 500 กรัม / 47 นาที

= 10.64 กรัมต่อนาที

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากของเหลือทิ้ง : แกลบ (เฉลี่ย)

งานที่ได้ = น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม) / น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม) (1)

แทนค่า = 440.57 กรัม / 500 กรัม

= 0.88 กรัม

อัตราการเผาไหม้ = น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม) / ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที) (2)

แทนค่า = 500 กรัม / 48.50 นาที

= 10.31 กรัมต่อนาที



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 แกลบของเหลือทิ้งจากการสีข้าว (ก) แกลบดิบ (ข) เผาแกลบ (ค) แกลบเริ่มสุกจะเป็นสีดำ



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 เผาแกลบ 6-8 ชั่วโมง (ก) ได้แกลบสุกสีดำ (ข) ตำให้ละเอียด (ค) บดให้เป็นผงละเอียด



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3 ผสมผงถ่านแกลบที่บดละเอียด กับกาวแป้งเปียก (ก) กาวแป้งเปียก (ข) ผสมให้เข้ากัน (ค) อัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาการนำแกลบข้าวซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทำผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่า

1. การเผาแกลบดิบโดยใช้ปี๊บเจาะรู แบบภูมิปัญญาชาวบ้าน สามารถเผาแกลบดิบ 10 กิโลกรัม เวลา 6 -8 ชั่วโมง ได้แกลบสุกสีดำ 6.5 กิโลกรัม (บางส่วนยังไม่สุก บางส่วนเป็นเถ้าสีขาว)

2. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบ โดยใช้แกลบสุกสีดำบดละเอียด 1 กิโลกรัม ผสมกาวแป้งเปียก 1 ลิตร ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน อัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ 41 แท่ง ความยาวเฉลี่ยแท่งละ 4 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยแท่งละ 40. 25 กรัม นำไปตากแดดให้แห้ง ใช้เวลา 3-5 วัน นำมาชั่งน้ำหนัก เหลือน้ำหนักเฉลี่ย แท่งละ 20.30 กรัม ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบที่ได้ มีลักษณะเป็นแท่งสีดำ แข็งคงรูป ไม่แตกหัก

3. ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้ สามารถทำให้น้ำ 1500 กรัม เดือดในเวลาเฉลี่ย 18.5 นาที อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย10.32 กรัม/นาที ดังตาราง

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเหลือทิ้ง : แกลบ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเหลือทิ้งทางการเกษตร แกลบ			
ค่าที่ใช้ในการคำนวณ/ ผลที่ได้รับ	**ครั้งที่ 1**	**ครั้งที่ 2**	**เฉลี่ย**
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	400.60 กรัม	480.53 กรัม	440.57 กรัม
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	1099.40 กรัม	1019.47 กรัม	1059.44 กรัม
น้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ	500 กรัม	500 กรัม	500 กรัม
ระยะเวลาที่ใช้จนน้ำเดือด	20 นาที	17 นาที	18.5 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด	50 นาที	47 นาที	48.5 นาที
อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	29 °C	30 °C	29.5 °C
งานที่ทำได้	0.80 กรัม	0.96 กรัม	0.88 กรัม
อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง	10.00 กรัม/นาที	10.64 กรัม /นาที	10.32 กรัม /นาที
การติดไฟ /	ติดไฟดี	ติดไฟดี	ติดไฟดี
การแตกปะทุของถ่าน	/ไม่แตกปะทุ	ไม่แตกปะทุ	ไม่แตกปะทุ
ควัน	มีควันเล็กน้อย	มีควันเล็กน้อย	มีควันเล็กน้อย
เขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า	ไม่มีเขม่า
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น

จากตาราง ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านการใช้งานหุงต้มของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบสามารถติดไฟได้ดี มีควันเล็กน้อย ไม่มีการแตกปะทุของถ่าน ไม่มีเขม่า และไม่มีกลิ่น

4. บทสรุป

การวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้ง แกลบเพื่อเป็นแนวทางการลดปัญหาขยะ และเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้ง แกลบ ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง แทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลและพลังงานทดแทนจากฟืน และถ่านไม้ ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

1. แกลบ ของเหลือทิ้งจากการสีข้าว หลังการเก็บเกี่ยวข้าวของชาวนา สามารถนำมาเผาได้แกลบสีดำ มีน้ำหนักเบา นำมาบดให้เป็นผงละเอียด ผสมกับกาวแป้งเปียก อัดเป็นแท่ง ตากแดดให้แห้ง สามารถผลิตเป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้งานหุงต้ม ที่ต้มน้ำให้เดือดในเวลา 18.5 นาที และมีอัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอยู่ที่ 10.32 กรัมต่อนาที

2. ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากแกลบ สามารถใช้งานหุงต้มในครัวเรือนได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟได้ดี มีควันเล็กน้อย ไม่มีเขม่า และไม่มีกลิ่นรบกวนในระหว่างการใช้งาน

ข้อเสนอแนะ การนำแกลบสุกมาบดให้ละเอียด ไม่ควรมีแกลบที่ยังไม่สุกมาบดผสมกัน เพราะจะทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่ได้ มีควันขณะติดไฟได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย การใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมอบรมถ่ายทอดผลงานวิจัยทุกๆท่าน จนงานวิจัยสำเร็จตามระยะเวลาที่กำหนด และขอขอบคุณทุกกำลังใจ ทุกคำแนะนำ และทุกความช่วยเหลือ ที่ให้กับผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

6. เอกสารอ้างอิง

[1] จิระพงษ์ คูหากาญจน์ 2550. ศักยภาพทางด้านพลังงานของถ่านตอรากยางพารา การสัมมนาทางวัฒนวิทยา ครั้งที่ 8 เทคโนโลยีวนวัฒน์ เพื่อขจัดความยากจนกลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการ ป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพ ฯ

[2] ฐานิตย์ เมธิยานนท์, ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ 2549 การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพารา ด้วยเทคนิคเอ็กซิทรูชัน โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน “การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2” วันที่ 27 – 29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

[3] สังเวย เสวกวิหารี, วันดี มาตสถิตย์ และ นิภาพร ปัญญา 2553 พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วง

[4] หิมพานต์ “ การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 ” วันที่ 24 – 26 พฤศจิกายน 2553 ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ

[5] สุภาวดี สวัสดิพรพัลลภ, กิตติพงษ์ ตันมิตร, อำนาจ สุขศรี และบรรจงศรี จีระวิพูลวรรณ 2549 การใช้ประโยชน์ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง “การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงาน แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2” วันที่ 27 – 29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

[6] สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ฉัตร ผลนาค, ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ และพชิตา เปล่าเล สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน “การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงาน แห่งประเทไทยครั้งที่ 2” วันที่ 27 – 29 กรกฎาคม 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

[7] อภิรักษ์ สวัสดิกิจ, ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์, พิสุทธิ์ รัตนแสนวงษ์, จักรพันธ์ กันหา วรพจน์ พันธ์คง การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพด และกะลามะพร้าว ด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานการประชุมวิชาการ เครือข่ายการวิจัยของสถาบันอุดมศึกษา 17 – 19 มกราคม 2551 จังหวัดขอนแก่น

[8] S.R. Richards, 1990 “Physical testing of fule briquettes” Fule Processing Technology, Vol 25, Issue 2 pp. 89 – 100

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก็กฮวย

Product Development of Pineapple Orange Peel and Chrysanthemum Flavor with Dripped Coffee Beverage Product

วัฒนา วิริวุฒิกร

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Email: wattana@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรด เปลือกส้ม และเก็กฮวย โดยใช้เมล็ดกาแฟอาราบิก้า 100% คั่วปานกลาง โดยการนำสับปะรด เปลือกส้ม และเก็กฮวยมาทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นบรรจุเมล็ดกาแฟคั่วและผลไม้ที่อบแห้งลงในภาชนะปิดสนิท เพื่อให้กลิ่นของผลไม้แพร่เข้าสู่เมล็ดกาแฟโดยตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน นำกาแฟที่ผ่านการอบด้วยกลิ่นผลไม้มาทำการบด และชงมาวิเคราะห์สมบัติทางด้านกายภาพด้านสี และลักษณะปรากฏ ด้านเคมีด้านความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้านจุลชีววิทยาด้านวิเคราะห์แบคทีเรีย และประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ผลการศึกษาพบว่า ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนสมบัติทางเคมีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การวิเคราะห์สมบัติจุลินทรีย์ทำการตรวจสอบแบคทีเรียพบว่า ไม่พบจุลินทรีย์ในทุกสิ่งทดลอง ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์กาแฟเก็กฮวยอบแห้งได้รับคะแนนด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 8.43 และ 8.23 ตามลำดับ

คำสำคัญ: กาแฟดริบ สับปะรด เปลือกส้ม เก็กฮวย เครื่องดื่ม

Abstract

This research aimed to study and develop the pineapple, orange peel and chrysanthemum flavor with dripped coffee beverage using 100% Arabica coffee beans (medium roast). Pineapple, orange peel and chrysanthemum were dried using hot air oven temperature at 80°c for 4 hours. Roasted coffee beans with dried fruits were packed into sealed containers to allow the fruit aroma to diffuse into the coffee beans by settling for a 1 day. The dried pineapple, orange peel and chrysanthemum flavor with roasted coffees were grinded and made it. The physical, chemical and microbiological properties as color, appearance, pH, percentage of total acidity and total soluble solid as well as microbiological (bacteria) were also analyzed. Sensory evaluation of each product's color, odor, taste and overall acceptability using 9-points hedonic scale with 30 of untrained panelists. It was found that physical properties were

significantly different, but chemical properties were not significantly different. The microbiological results demonstrated that bacteria were not detected in all treatments. The results of sensory evaluation as odor and overall acceptability attributes were significant differences. The dried chrysanthemum coffee product as odor and overall acceptability gave the highest scores of 8.43 and 8.23, respectively.

Keywords: dripped coffee, pineapple, orange peel, chrysanthemum, beverage

1. บทนำ

กาแฟเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมทั่วโลกจัดเป็นเครื่องดื่มที่มีบทบาทต่อการดำรงชีวิตประจำวันของคนในสังคมทุกระดับชั้น เนื่องจากเป็นเครื่องดื่มที่มีรสชาติ และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ช่วยเพิ่มความกระปรี้กระเปร่าแก่ร่างกาย [1] กาแฟจัดได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอันดับ 3 ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รองจากอินโดนีเซีย และเวียดนาม แหล่งพื้นที่เพาะปลูกที่สำคัญ คือ ภาคเหนือ และภาคใต้ของประเทศ [2] ประชากรในโลกมีการบริโภคกาแฟโดยประมาณวันละหนึ่งพันล้านถ้วย แต่กาแฟมีคาเฟอีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นประสาทซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกาย เมื่อบริโภคมากๆ ทำให้เกิดการเสพติดได้ [3] ทำให้มีความต้องการเมล็ดกาแฟเพิ่มมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งประเทศไทยมีความต้องการเมล็ดกาแฟในอุตสาหกรรมประมาณ 90,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าสูงกว่า 10,000 ล้านบาท อาราบิก้า (Arabica) เป็นกาแฟสายพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูงที่มีอากาศเย็น จึงนิยมปลูกในจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย เช่น เชียงราย และเชียงใหม่ เป็นต้น มีกลิ่นหอม รสชาติกลมกล่อม และมีปริมาณคาเฟอีนต่ำ ข้อดีของการดื่มกาแฟช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ โรคซึมเศร้า และโรคหัวใจ เป็นต้น การแปรรูปผลกาแฟอาราบิก้าเป็นเมล็ดกาแฟดิบ หรือสารกาแฟนิยมใช้วิธีการแปรรูปแบบเปียก แล้วนำมาคัดทำความสะอาดให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพก่อนเข้าสู่กระบวนการคั่วกาแฟต่อไป [4]

กาแฟผลิตจากเมล็ดกาแฟคั่วซึ่งได้จากต้นกาแฟ และได้รับความนิยมมากที่สุดในโลกชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับชา และน้ำกาแฟนิยมดื่มร้อนๆ แต่สามารถดื่มแบบเย็นได้ด้วย บางครั้งนิยมใส่นมหรือครีมลงในกาแฟด้วย ในกาแฟหนึ่งถ้วยมีคาเฟอีนอยู่ประมาณ 80-140 มิลลิกรัมชนิดของกาแฟมีหลายประเภทให้ผู้บริโภคได้เลือกตามความชอบ เช่น กาแฟดำ เอสเพรสโซ (espresso), มอคค่า (mocha) และลาเต้ (latte) เป็นต้น และในปี พ.ศ.2563 พบว่า ตลาดกาแฟในประเทศไทยเติบโตขึ้นร้อยละ 10.7 [5] อีกทั้งยังมีความนิยมในการดื่มกาแฟรูปแบบใหม่เพิ่มขึ้นในกลุ่มคนรุ่นใหม่ เนื่องด้วยการเติบโตของธุรกิจร้านกาแฟมีมากขึ้นส่งผลให้เครื่องดื่มกาแฟมีความหลากหลายมากขึ้น ร้านกาแฟหลายร้านพยายามคิดค้นเมนูกาแฟเพื่อแสดงความเป็นเอกลักษณ์ดึงดูดกลุ่มผู้บริโภคกลุ่มวัยรุ่น เพื่อให้สอดคล้องกับวิถีการดำรงชีวิตของวัยรุ่น [6] ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความเป็นห่วงใยในด้านสุขภาพเพิ่มมากขึ้นทำให้กาแฟผงปราศจากคาเฟอีนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และมีแนวโน้มการบริโภคที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความน่าสนใจว่าน่าจะมีความต้องการบริโภคมากขึ้นในอนาคต ในการวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มกลิ่นรสจากผัก ผลไม้ และเปลือกผลไม้บางชนิด ซึ่งเป็นส่วนเหลือทางการเกษตรนำมาแปรรูปเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างสูตรที่เหมาะสมต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่าย และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟกลิ่นผลไม้ และเปลือกผลไม้เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคในด้านการเพิ่มกลิ่นรสของกาแฟด้วยผลไม้ และเปลือกผลไม้ เนื่องจากผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่า กลิ่นผลไม้เป็นสิ่งที่ให้ความรู้สึกสดชื่นเมื่อผสมกับกาแฟ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องดื่มกาแฟให้มีกลิ่นรสของผลไม้เพื่อเพิ่มความรู้สึกสดชื่น โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการอบแห้งสับปะรด เปลือกส้ม และเก็กฮวยผสมกับเมล็ดกาแฟอาราบิกาที่ผ่านการคั่วปานกลางที่มีต่อคุณภาพกาแฟดริป โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมผลไม้ และเปลือกผลไม้อบแห้ง นำวัตถุดิบหลักทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ สับปะรด เปลือกส้ม และเก็กฮวย โดยการนำสับปะรด และส้มมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกออก นำสับปะรดมาหั่นเป็นชิ้นเล็กขนาด 2x2 เซนติเมตร ส่วนส้มแกะส่วนที่ส่วนที่เป็นเปลือกออก นำส่วนที่เป็นเปลือกหั่นเป็นชิ้นเล็กประมาณ 1-2 เซนติเมตร และเก็กฮวยมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง ตรวจวัดร้อยละความชื้นสุดท้าย บันทึกผล ดัดแปลงจาก [7]

2.2 การเตรียมเมล็ดกาแฟ นำเมล็ดกาแฟอาราบิก้า 100% คั่วปานกลางจากดอยปางขอน จังหวัดเชียงราย ผลไม้ และเปลือกผลไม้ที่ผ่านการอบแห้งคงที่ (จากข้อ 1.) ใส่ในโหลภาชนะแก้ว และปิดฝาให้สนิทตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้กลิ่นของผัก ผลไม้ และเปลือกผลไม้อบแห้งซึมผ่านเมล็ดกาแฟ นำเมล็ดกาแฟมาบดด้วยเครื่องบดกาแฟยี่ห้อ home lover ช้อนตักเมล็ดกาแฟประมาณ 15 กรัม ลงภาชนะทรงกระบอกปิดครอบฝาลงอุปกรณ์ให้แน่นหมุนเกลียวให้แน่นไปมา เมื่อเสร็จแล้วถอดฝาบนออกเทเมล็ดกาแฟที่ผ่านการบดลงในภาชนะที่เตรียมไว้ให้บดเมล็ดกาแฟ เมื่อบดแล้วอย่าเทออกมาพักไว้ก่อนเพื่อไม่ให้กลิ่นหอมของกาแฟหายไปอย่างรวดเร็ว และไม่ให้กาแฟดูดกลิ่นข้างนอกเข้าไป นำกระดาษกรองทรงกรวยมาพับขอบ และพับตรงปลายมุมกระดาษย้อนกลับมาอีกด้านเป็นมุมสามเหลี่ยม เพื่อเป็นการปิดมุมกระดาษด้านล่าง จากนั้นรีดกระดาษเบาๆ ตรงข้ามกับที่รีดเป็นแนวเดิมไว้แล้ว เพื่อให้คลายตัวออกรับกับทรงของดริบเปอร์ จากนั้นวางกระดาษกรองลงในดริบเปอร์ แล้วนำดริบเปอร์วางบนโถรองน้ำกาแฟ เมื่อน้ำที่ผ่านการต้มอุณหภูมิ 80-90°ซ. ปริมาตร 200 มล. ให้วนน้ำร้อนล้างกระดาษกรอง เพื่อเป็นการล้างกลิ่นบนกระดาษ และเป็นการอุ่นดริบเปอร์และโถรองน้ำกาแฟไปในตัว เมื่อน้ำไหลลงสู่โถด้านล่างหมดแล้ว ให้เทน้ำจากโถทิ้งไป แล้วนำดริบเปอร์วางบนโถรองน้ำกาแฟอีกครั้ง เทน้ำรอบแรกในปริมาณสองเท่าของผงกาแฟ พร้อมกดเวลาเริ่มจับเวลาไปพร้อมๆ กัน รอเวลาประมาณ 30 วินาที จากนั้นค่อยๆ วนน้ำที่เหลือลงไปช้าๆ จังหวะที่สม่ำเสมอตลอดการชงกาแฟ และต้องมั่นใจว่าน้ำโดนผงกาแฟตลอด พยายามไม่วนออกด้านข้าง เมื่อน้ำกาแฟไหลลงสู่โถด้านล่างหมดแล้ว ให้ยกดริบเปอร์ด้านบนออก จากนั้นนำช้อนคนน้ำกาแฟในโถให้เข้ากัน นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทุกสิ่งทดลองไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสต่อไป ดัดแปลงจาก [2]

2.3. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์

2.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าความสว่าง และค่าสี (L*, a* และ b*) เครื่องมือวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10 ประเทศญี่ปุ่น ตามวิธีการของ [8] ลักษณะภายนอกปรากฏ ดัดแปลงตามวิธีการของ [4]

2.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ความชื้นโดยตู้อบลมร้อนยี่ห้อ ADV รุ่น TD-012T ประเทศไทย ตามวิธีการของ [8] ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เครื่องมือยี่ห้อ Ohaus รุ่น ST3100-F ประเทศจีน ตามวิธีการของ [8] ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) เครื่องมือ hand refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น FG-103 ประเทศญี่ปุ่น ตามวิธีการของ [8] และร้อยละกรดทั้งหมด (คำนวณในรูปกรดซิตริก) ตามวิธีการของ [8]

2.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ตามวิธีการของ [9]

2.3.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินผลลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม [10]

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft excel 2016 (เป็นโปรแกรมการวิเคราะห์ค่าสถิติในชุดโปรแกรม Microsoft) การทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD)

สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี สำหรับการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance ; ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) [10]

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณภาพด้านกายภาพ และลักษณะปรากฏของเครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก็กฮวย ผลการศึกษาดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของเครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก็กฮวย

สิ่งทดลองที่	ลักษณะภายนอกปรากฏ	ค่าที่วัดได้		
		(L*)*	(a*)*	(b*)*
1	เมล็ดกาแฟสีดำเข้ม กลิ่นเปลือกส้ม	12.21±1.12^{a}	5.24±1.04^{b}	6.25±1.11^{a}
2	เมล็ดกาแฟสีดำเข้ม กลิ่นหอมเก็กฮวย	11.98±1.47^{b}	5.69±1.28^{a}	6.03±1.13^{c}
3	เมล็ดกาแฟสีดำเข้ม กลิ่นสับปะรด	11.25±1.08^{c}	5.55±1.65^{a}	6.11±1.54^{b}

หมายเหตุ สิ่งทดลองที่ 1 กาแฟเปลือกส้มอบแห้ง สิ่งทดลองที่ 2 กาแฟเก็กฮวยอบแห้ง สิ่งทดลองที่ 3 กาแฟสับปะรดอบแห้ง
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



(1) (2) (3)

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิกา 100% คั่วปานกลางผสมกลิ่น (1) เปลือกส้ม (2) เก็กฮวย (3) สับปะรดที่ผ่านการอบ

จากการศึกษาคุณภาพด้านเคมีของเครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้ม และเก็กฮวย ผลการศึกษาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของเครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก็กฮวย

สิ่งทดลองที่	ค่าที่วัดได้		
	ความเป็นกรด-ด่าง^{ns}	ร้อยละกรดทั้งหมด^{ns}	ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (^{o}บริกซ์)^{ns}
1	5.05±0.46	0.54±0.78	1.50±0.26
2	5.07±0.75	0.44±0.26	1.20±0.56
3	5.08±0.38	0.46±0.56	1.70±0.43

หมายเหตุ สิ่งทดลองที่ 1 กาแฟเปลือกส้มอบแห้ง สิ่งทดลองที่ 2 กาแฟเก๊กฮวยอบแห้ง สิ่งทดลองที่ 3 กาแฟสับปะรดอบแห้ง ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของเครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้ม และเก๊กฮวย โดยการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่า ไม่พบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในทุกสิ่งทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้ม และเก๊กฮวย ผลการศึกษาดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก๊กฮวย

สิ่งทดลองที่	ค่าที่วัดได้			
	สี^{ns}	กลิ่น*	รสชาติ^{ns}	ความชอบโดยรวม*
1	8.46 ± 0.50	7.46 ± 0.57^{b}	7.50 ± 0.50	7.73 ± 0.44^{b}
2	8.46 ± 0.50	8.43 ± 0.50^{a}	7.53 ± 0.50	8.23 ± 0.43^{a}
3	8.56 ± 0.50	6.96 ± 0.76^{c}	7.53 ± 0.50	7.66± 0.47^{b}

หมายเหตุ สิ่งทดลองที่ 1 กาแฟเปลือกส้มอบแห้ง สิ่งทดลองที่ 2 กาแฟเก๊กฮวยอบแห้ง สิ่งทดลองที่ 3 กาแฟสับปะรดอบแห้ง ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

*$^{a,b,c...}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันที่กำกับเหนือตัวเลขในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p\leq0.05$)

จากผลการทดลองจากการวิเคราะห์สมบัติกายภาพ (ตารางที่ 1) และ (ภาพที่ 1) พบว่า ค่าความสว่าง สีแดง และสีเหลืองที่วัดได้ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกาแฟอาราบิก้าที่ใช้เป็นกาแฟ 100% ที่ผ่านการคั่วความร้อนระดับปานกลางมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเมลลาร์ด (Maillard reaction) สารระเหยที่เกิดขึ้นส่งผลให้กาแฟคั่วบดเกิดปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการ pyrolytic และ polymerization ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพ เป็นช่วงสร้างกลิ่น และรสชาติของกาแฟคั่วมีกลิ่นที่สำคัญของกาแฟคั่ว คือ กลิ่น roasty และsulfury และลดลงในกาแฟสด (brew coffee) เป็นสารประกอบไทออล เช่น 2-furfurylthiol สร้างมาจากปฏิกิริยาแตกตัวเนื่องจากความร้อนของกรดคลอโรจีนิก [4], [11] และทำให้เกิดการสูญเสียสารระเหยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ และรสชาติที่ไม่พึงประสงค์โดยเฉพาะสารไพริดีน (pyridine) ที่ทำให้กาแฟมีรสขม ฝาด และกลิ่นไหม้ได้ [4], [12] ส่วนการอบแห้งสับปะรด เปลือกส้ม และเก๊กฮวยโดยการอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°ซ. เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้เกิดการระเหยน้ำสับปะรด เปลือกส้ม และเก๊กฮวยค่าความชื้นที่วัดได้ในสับปะรด เปลือกส้ม และเก๊กฮวยมีค่าเท่ากับร้อยละ 14.78, 72.48 และ 4.32 ตามลำดับ [4], [11-14] ผลจากการให้ความร้อนในการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงสามารถเกิดปฏิกิริยาโดยฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ เมื่อสารประกอบฟีนอลิกและออกซิเจนสัมผัสกันโดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารโมโนฟีนอล (mono-phenol) ซึ่งไม่มีสีจะถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสีและถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น O-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นโพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน จึงทำให้ตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลองมีสีที่ต่างกัน [15]

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (ตารางที่ 2) พบว่า ค่าที่วัดได้ทุกค่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) จากผลการทดลองที่ได้แสดงว่า สัดส่วนผลไม้ และเปลือกผลไม้เมื่อนำมาผสมกับกาแฟอาราบิก้าที่ผ่านการคั่วแล้วไม่มีผลต่อการวัด

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ร้อยละกรดทั้งหมด และของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงกันเนื่องจากผลิตภัณฑ์กาแฟทั้ง 3 สิ่งทดลอง ใช้เพียงการอบกาแฟโดยใช้ผลไม้อบแห้งเพื่อให้มีกลิ่นหอมของผลไม้ไม่ได้มีการเติมสารเติมแต่งอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปแล้วกาแฟมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 4-7 ขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟ [16] ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์กาแฟมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วงของกาแฟโดยทั่วไป กาแฟทั้ง 3 สิ่งทดลองไม่มีการเติมสารเติมแต่งอื่นๆ และมีตะกอนเกิดขึ้น ซึ่งตะกอนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เป็นตะกอนธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากเมล็ดกาแฟทำให้ไม่มีผลต่อการดื่มผลิตภัณฑ์กาแฟทั้ง 3 สิ่งทดลอง [17]

จากผลการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า ไม่พบการเจริญเติบโตในทุกสิ่งทดลอง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกาแฟคั่ว มผช.268/2558 กล่าวไว้ว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องมีค่าไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ค่าที่วิเคราะห์นี้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด [18] แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ทุกสิ่งทดลองที่ประกอบด้วยสับปะรด เปลือกส้ม และเก๊กฮวยผ่านการอบแห้ง และกาแฟผ่านการคั่วให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และเมื่อพิจารณาจากค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้ (ตารางที่ 2) พบว่า อยู่ในช่วง 5.05-5.08 ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง กระบวนการเทคนิคขั้นตอนในการผลิตมีความสะอาดทุกขั้นตอน และมีความปลอดภัย แต่เนื่องจากเป็นกระบวนการอบให้ความร้อนสับปะรด เปลือกส้ม และเก๊กฮวยและกาแฟก็ผ่านการคั่ว ความร้อนส่วนหนึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้ [18-19]

จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 3) โดยใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า คะแนนด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ยกเว้นคะแนนด้านสี และรสชาติ แสดงว่า ผลการการคั่วกาแฟ และการอบแห้งสับปะรด เปลือกส้ม และเก๊กฮวยมีผลต่อด้านกลิ่น และความชอบโดยรวม โดยปกติการคั่วกาแฟที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดสารระเหยที่ส่งผลให้กาแฟคั่วบดมีกลิ่น และรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ได้ โดยเฉพาะสาร pyridine ที่ให้มีรสขม ฝาด และกลิ่นไหม้ สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเมลลาร์ด (Maillard reaction) [12-13] มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงสารให้กลิ่นกาแฟสดกับกาแฟคั่ว สามารถวิเคราะห์กลิ่นในกาแฟโดยวิธี gas chromatography olfactometry พบว่า สาร 2-furfurythiol เป็นสารประกอบหลักให้กลิ่น coffee like aroma เป็นกลิ่นกาแฟคั่ว [20] นอกจากนี้ยังทำให้เกิดเป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาลและอาจเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ [4], [6], [17] จากตารางที่ 3 พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 กาแฟเก๊กฮวยอบแห้งได้คะแนนการด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมมีค่าสูงสุดคือ 8.43 และ 8.23 เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น แสดงว่าผลการอบแห้งของเก๊กฮวยส่งผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์สามารถรักษาสารสำคัญกลิ่น รสได้ดีกว่าเปลือกส้มและสับปะรด เนื่องจากสารสำคัญที่พบในเก๊กฮวยที่พบ มีงานวัยที่ได้ศึกษาสารสำคัญในกาแฟ คือ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 527.18±78.88 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และฟลาโวนอยด์มีค่าเท่ากับ 274.48±17.94 มิลลิกรัมเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักที่สกัด 100 กรัม สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (ABTS และ DPPH) เท่ากับ 342.81±43.15 และ 1,397.29±162.44 มิลลิกรัมโทรล็อกซต่อมิลลิลิตรของการสกัด ตามลำดับ [19] สารให้กลิ่นรสที่สำคัญ ได้แก่ สารคีโตนพบในเก๊กฮวยสดร้อยละ 43.8 เก๊กฮวยผ่านการอบแห้งร้อยละ 30.3 และเก๊กฮวยผ่านการแช่แข็งผง (freeze dry) ร้อยละ 36.1 [21] จึงทำให้เป็นผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับผู้บริโภคมากกว่า

4. บทสรุป

เมื่อพิจารณาปริมาณชนิดผัก ผลไม้ และเปลือกผลไม้ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรด เปลือกส้มและเก๊กฮวย จากผลการวิเคราะห์ด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 กาแฟเก๊กฮวยอบแห้งได้คะแนนการด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมมีค่าสูงสุดคือ 8.43 และ 8.23 ตามลำดับ จากข้อสรุปที่ได้นี้สามารถนำมาปรับใช้ในการผลิตเครื่องดื่มนำผลิตภัณฑ์ไปชงเป็นกาแฟ ในรูปแบบต่างๆ เพิ่มทดลองการยอมรับเพิ่มเติมเพื่อ

เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่สนใจบริโภคกาแฟ เช่น กาแฟไร้คาเฟอีน นอกจากนี้ควรศึกษาการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบในเรื่องการใช้วัตถุดิบอื่นๆ เช่น เปลือกผลไม้ที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและเหลือทิ้ง ซึ่งหากนำมาใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มได้ สารให้ความหวานที่ให้พลังงานต่ำ เช่น หญ้าหวาน และสมุนไพรเพื่อเพิ่มกลิ่นรสให้มีความหลากหลายในด้าน สี กลิ่น รสของกาแฟ ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์อื่นๆ เพิ่มเติม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟดริบกลิ่นสับปะรดเปลือกส้มและเก็กฮวย สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารชั้นปีที่ 4 เจ้าหน้าที่สาขาฯ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ช่วยเหลือด้านการเตรียมตัวอย่าง การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการปฏิบัติการตลอดจนการสนับสนุนทุนวิจัยด้วยงบประมาณคณะ ฯ จนแล้วเสร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วราภรณ์ วิทยาภรณ์, วีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์, ฐิติวรฎา ใยสำลี และปรียานิตย์ ตั้งธานาภักดี. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟผงเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์กาแฟจากชุมชนบ้านบ่อสี่เหลี่ยม อำเภองาว จังหวัดลำปาง. มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. 2561.

[2] กาญจนา นาคประสม, รัชนก เสียงใหม่, วรัญญา เฟื่องชุ่ม, ศิริลักษณ์ เกิดศิริ, มุกริน หนูคง, อุมาพร อุประ และนักรบ นาคประสม. อิทธิพลของสภาวะในการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะของกาแฟผง. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติวิศวกรรมอาหาร ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 2558. 80-86.

[3] อภิชาติ เบญจพรจุลมาศ, จีรศักดิ์ มีสุขสบาย, สุรสิทธิ์ ศักดิ์ทรง และปราณี อ่านเปรื่อง. การผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบกาแฟคั่วจากถั่วเหลือง. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543.

[4] กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์, สุชน ทรัพย์สิงห์, เอกภูมิ บุญธรรม และชัยยงค์ เตชะไพโรจน์. ผลของระดับการคั่วต่อคุณภาพด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วโดยใช้เครื่องคั่วสเปาเตดเบด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 39(2020)551-559.

[5] ธมนตัน จัง. (20 ธันวาคม 2563). ภาพรวมตลาดกาแฟไทยปี 2563 อยู่ที่ 60,000 ล้านบาท. สืบค้นจาก https://www.bltbangkok.com/news/30475/.

[6] ชนิรัตน์ ผึ่งบรรหาร, อภิชาติ สุวรรณชื่น, ศิริวรางค์ ปทุมมาศ และการันต์ ผึ่งบรรหาร. พัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟเทียมจากส่วนเหลือของผลผลิตทางการเกษตรในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ และผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 7 เรื่อง นวัตกรรมการเรียนรู้สู่การพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น, 2563. 217-1226.

[7] ภาสุรี ฤทธิเลิศ. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 39(2021)239-247.

[8] AOAC. Official of Association of Analytical Chemists. 17th edition. Washington D.C.: Association of Analytical Chemists, 2000.

[9] FDA Bacteriological Analytical Manual (BAM) (13 October 2008). Chapter 3 and 18. Available: http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/default.htm.

[10] ไพโรจน์ วิริยจารี. การประเมินทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 2561.

[11] พิมลพรรณ เพ็งสุริยา. การศึกษาความแตกต่างทางคุณภาพของกลิ่นกาแฟดำบรรจุกระป๋องที่ผลิตจากกาแฟสายพันธุ์อาราบิกาและโรบัสตาและการเก็บรักษาคุณภาพกลิ่นกาแฟดำภายหลังการบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2563.

[12] B. Alonso-Torres, J. A. Hernández-Pérez, F. Sierra-Espinoza, S. Schenker and C. Yeretzian. Modeling and validation of heat and mass transfer in individual coffee beans during the coffee roasting process using computational fluid dynamics (CFD). *Chimia*. 67(2013)291-294.

[13] X. Wang and L. T. Lim. A Kinetics and modeling study of coffee roasting under isothermal conditions. *Food Bioprocess Technol*. 2014(7)621-632.

[14] A. M. C. De Azeredo, “Coffee roasting: color and aroma-active sulfur compounds”. Doctoral Dissertation, University of Florida, Florida. 2011.

[15] รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพ. 2547.

[16] สิริชัย. 2560. (20 พฤศจิกายน 2560). น้ำกับกาแฟ ตอนที่1: คุณภาพน้ำ. สืบค้นจาก http://beanshere.com/posts/water-for-coffee-1/.

[17] มงคล สาธุพันธุ์ และอนันท์ ไทยอุดมทรัพย์. กาแฟเทียมจากธัญพืช. ปัญหาพิเศษโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเพชรบุรี, 2544.

[18] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกาแฟคั่ว มผช.๒๖๘/๒๕๕๘. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพ, 2558.

[19] ฤทธิชัย อัศวราชันย์, เสมอขวัญ ตันติกุล, บุญธรรม บุญเลา, อุดร อาวาสพรม และพันนุมาศ ทองกระจ่าง. 2564. การพัฒนาการอบแห้งดอกเก๊กฮวย ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงสะโงะ จังหวัดเชียงราย. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. 2021(13)92-105.

[20] B. Folmer. 2017. The craft and Science of coffee. United States of America: Academic Press.

[21] H. S. Choi. and G. H. Kim. Volatile flavor composition of Gamguk (*Chrysanthemum indicum*) flower essential oils. *Food Science and Biotechnology*. 2011(20)319-325.

ปริมาณฟีนอลิกรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัย จากกะเพราขาว

Phenolic content and antioxidant activity of extracts from stems, immature, and mature leaves of *Ocimum sanctum*

กชกร แสวงกิจ[1] จันทร์กนก เสือโต[1] พิพัฒน์ แก้วอุดม[1] ภิญญาพัชญ์ พุฒจ้อย[1] และ สิรินภา จิระกิตติเจริญ[1]

[1]หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสหเวชศาสตร์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร
*Email: phajira@hotmail.com

บทคัดย่อ

กะเพราขาวเป็นพืชผักสวนครัว ที่ใช้สำหรับการปรุงอาหารซึ่งมีรสเผ็ดร้อน ในทางการแพทย์แผนไทยสามารถใช้ในการขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ นอกจากนี้ยังพบว่ากะเพรา มีสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถต้านอนุมูลอิสระ และมีประโยชน์ต่อร่างกาย จากการศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัยของกะเพราขาว (*Ocimum sanctum*) โดยการนำมาตากแห้งที่อุณหภูมิห้องให้มีความชื้นที่ร้อยละ 15 จากนั้นนำแต่ละส่วนมาสกัดโดยวิธีการแช่ด้วย เอทานอล 95% เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteau โดยใช้ Gallic Acid เป็นสารมาตรฐาน พบว่ามีปริมาณมากที่สุดในใบเต็มวัย (40.59 + 8.73 mg/gDW) รองลงมาคือ ใบอ่อน (31.40 + 16.11 mg/gDW) และ ลำต้น (18.56 + 1.25 mg/gDW) ตามลำดับ และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้ L-ascorbic acid เป็นสารมาตรฐาน พบว่าสารสกัดจากใบเต็มวัย (112.04 + 19.86 mg/gDW) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ใบอ่อน (58.17 + 24.82 mg/gDW) และลำต้น (51.11 + 15.51 mg/gDW) ตามลำดับ จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า ค่าของปริมาณฟีนอลิกรวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันคือ ใบเต็มวัยมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือใบอ่อนและลำต้น

คำสำคัญ: กะเพราขาว, ฟีนอลิก, ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

White basil (*Ocimum sanctum*) is a vegetable garden. Generally, it is used for cooking which is spicy. In Thai traditional medicine, it can be used to expel wind, relieve flatulence, and indigestion. It has phenolic compounds which have antioxidant properties. From these properties, it is beneficial to the body. The study of total phenolic content and antioxidant activity of stems, immature leaves, and mature leaves of white basil. The stems, immature leaves and mature leaves were separated and dried at temperature room until the humidity reach 12-13%. After that, all the sample were extracted with 95%

ethanol by maceration in 3 days. Total phenolic content was analyzed with Folin-Ciocalteu method, using Gallic Acid as standard substance. Total phenolic content of the extracts was found that mature leaves (40.59 ± 8.73 mg/gDW) have the highest content, followed by immature leaves (31.40 ± 16.11 mg/gDW) and stems (18.56 ± 1.25 mg/gDW), respectively. The antioxidant activity was analyzed with DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) free radical method, using L-Ascorbic acid as the standard substance. Mature leaves (112.04 ± 19.86 mg/gDW) have the highest of antioxidant activity, followed by immature leaves (58.17 ± 24.82 mg/gDW) and stems (51.11 ± 15.51 mg/gDW), respectively. Both of total phenolic content and antioxidant activity were related to content by the highest content from mature leaves, followed by immature leaves and stems, respectively.

Keywords: *Ocimum sanctum,* Phenolic, Antioxidant.

1. บทนำ

กะเพรา (*Ocimum sanctum* Linn.) เป็นไม้ล้มลุก จัดอยู่ในวงศ์ Lamiaceae ซึ่งมีคุณสมบัติทางยา เช่น โรคหลอดลมอักเสบ, โรคหวัด, โรคผิวหนัง, โรคเกี่ยวกับตา และโรคหวัด[1] และเป็นพืชที่สามารถหารับประทานได้ง่าย นอกจากนี้กะเพรายังประกอบด้วยสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบชนิดนี้เป็นสารประกอบทุติยภูมิของพืช ซึ่งสารประกอบนี้มีบทบาทสำคัญที่มีผลต่อร่างกาย เนื่องจากมีคุณสมบัติการเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณสารอนุมูลอิสระในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง, เบาหวาน และหรือโรคความดันสูง[2] ส่วนประกอบของพืชและอายุใบของพืช ย่อมมีผลต่อปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของพืช จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในครั้งนี้ โดยการแยกส่วนประกอบต่างๆ ของพืชออกเป็นลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัย จะมีประโยชน์ต่อการเป็นแนวทางในการเลือกรับประทาน หรือใช้เป็นข้อมูลในเลือกส่วนประกอบของพืชชนิดนี้ในการทำประโยชน์เพื่อศึกษาต่อในอนาคต เกี่ยวกับการสกัดสารสำคัญของพืชชนิดนี้เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไป



ภาพที่ 1 แสดงกะเพราขาว (*Ocimum sanctum*)

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

ซื้อสมุนไพร กะเพรา ที่สวนปลูก อ.บางมูลนาก จังหวัดพิจิตร หลังจากนั้นนำมาทำความสะอาด และคัดแยกส่วนประกอบของต้นกะเพรา ออกเป็นลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัย นำแต่ละส่วนมาตากไว้ที่ร่มอุณหภูมิห้อง เป็นเวลาประมาณ 8 วัน วัดหาปริมาณความชื้นที่อยู่ในลำต้น ใบอ่อนและใบเต็มวัย แล้วนำใบสมุนไพรแห้งแต่ละส่วนที่ได้ นำไปสกัดและดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อบถ้วยอลูมิเนียมในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ทำให้เย็นใน desiccator นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่อบแห้ง และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำถ้วยที่บรรจุตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 72 ชั่วโมง นำเอามาใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ ซึ่งค่าที่ได้จะแตกต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม จดน้ำหนักที่น้อยที่สุดของถ้วยอลูมิเนียมและน้ำหนักตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

เปอร์เซ็นต์ความชื้น = น้ำหนักที่หายไป (กรัม)× 100/น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)

2.3 การสกัดสารสำคัญโดยการหมัก (maceration)

การสกัดสารสำคัญโดยการแช่ในตัวทำละลาย นำกะเพราขาวมาแยกเป็น 3 ส่วน คือ ลำต้น ใบอ่อนและใบเต็มวัย จากนั้นนำมาชั่งแล้วแบ่งแต่ละส่วนเป็น 3 ซ้ำ นำมาล้างทำความสะอาด และนำไปทำให้แห้งโดยการผึ่งในที่ร่มเป็น เวลา 8 วัน จากนั้นนำไปหาปริมาณความชื้น นำตัวอย่างแห้งที่ได้มาบดให้ละเอียด นำมาสกัดต่อโดยวิธีการหมักใน ตัวทำละลายเอทานอล (95%) ในอัตราส่วนตัวอย่างแห้งต่อตัวทำละลาย (1:10(w/v)) คือสาร 1 กรัม เอทานอล (95%) 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ด้วยเครื่อง Vacuum pump แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยการนำไปใส่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ

2.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม

วิเคราะห์ตามวิธีของ Singleton et al. (1999) [3] โดยชั่งสารตัวอย่าง 1 mg ละลายด้วย 95% เอทานอล 99 µg นำสารละลายตัวอย่าง 10 µl เติมสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 10 % 1990 µl เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent เจือจาง 10 เท่ากับน้ำกลั่น 1990 µl ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ปริมาณฟีนอลิกรวมหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรด Gallic acid ที่ความเข้มข้น 125-2,000 µg/mL ปริมาณที่ได้แสดงในหน่วย mg/gDW

2.4.2 การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระ (DPPH)

วิเคราะห์ตามวิธีของ Brand-Williams (1995) [4] โดยการเตรียมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH reagent) โดยชั่ง DPPH 2.4 mg ละลายในเอทานอล 95% ปริมาตร 100 ml ทำการทดสอบสารตัวอย่างปริมาตร 10 µl กับ

สารละลายDPPH 1,990 µl ในหลอดทดลองตั้งทิ้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 nm โดยเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน คือ L-ASCORBIC ACID ที่ความเข้มข้น 100 – 1,000 µg/ml นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจากสมการ

DPPH radical scavenging (%) = [(A0 -As)/A0] x 100

โดย A0 = ค่าการดูดกลืนแสงตั้งต้น

As = ค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมสารตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน L-ASCORBIC ACID (Vitamin C)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลที่ได้จากการทดลอง ที่ปริมาณความชื้นของสมุนไพรอยู่ในช่วง 15 % พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมตามวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method โดยใช้ Gallic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน สมการกราฟ คือ $y = 0.0001x + 0.0376$: $R^2 = 0.9996$ พบว่า ใบเต็มวัยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด คือ 40.59 ± 8.73 mg/gDW รองลงมาคือ ใบอ่อนและลำต้น ซึ่งมีปริมาณ 31.40 ± 16.11 และ 18.56 ± 1.25 mg/gDW ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ของสารสกัดจากส่วนของลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัยของกะเพราขาว

สารสกัดจากส่วนที่ใช้ของกะเพรา	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mg/gDW)
ลำต้น	18.56 ± 1.25
ใบอ่อน	31.40 ± 16.11
ใบเต็มวัย	40.59 ± 8.73

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ในการทดลองนี้ใช้ $DPPH^{\bullet}$ เป็นสารตั้งต้นซึ่ง $DPPH^{\bullet}$ ทำปฏิกิริยากับ H^+ กลายเป็น DPPH โดยใช้ L-ASCORBIC ACID เป็นสารละลายมาตรฐาน สมการกราฟ คือ $y = 0.0652x + 26.451$: $R^2 = 0.9862$ แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm ซึ่งผลการยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระพบว่า ใบเต็มวัยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เท่ากับ 112.04 ± 19.86 mg/gDW รองลงมาคือ ลำต้นและใบอ่อน คือ 60.11 ± 15.51 และ 58.17 ± 24.82 mg/gDW ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ด้วยสารละลายมาตรฐาน L-ASCORBIC ACID และสารสกัดของส่วนของลำต้น ใบอ่อน และใบเต็มวัยของกะเพราขาว

สารสกัดจากส่วนที่ใช้ของกะเพรา	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (mg/gDW)
ลำต้น	60.11 ± 15.51
ใบอ่อน	58.17 ± 24.82
ใบเต็มวัย	112.04 ± 19.86

4. บทสรุป

ในการศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวม ทดสอบโดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent method พบว่าในใบเต็มวัยของกะเพราขาวมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด รองลงมา คือใบอ่อนและลำต้น ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภานุวัฒน์ และคณะ,2560[5] ที่ทำการศึกษาระยะพัฒนาการต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบมะนาวโห่ และแบ่งใบมะนาวโห่เป็น 3 ระยะ คือ ระยะใบเต็มวัย ระยะใบเพสลาด และระยะใบอ่อน พบว่า ระยะใบเต็มวัยเป็นระยะที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด รองลงมา คือ ระยะใบเพสลาด ส่วนระยะใบอ่อนให้ปริมาณน้อยสุด

จากการทดลองใช้อนุมูล DPPH เป็นสารตั้งต้นในการประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่ง DPPH มีอิเล็กตรอนเดี่ยวที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระที่มีความคงทนสูงและสามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากการศึกษา พบว่า สารสกัดจากส่วนของใบเต็มวัย มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ ลำต้นและใบอ่อน ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องในกรณีที่ใบเต็มวัยของกะเพราขาวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิกรวม สูงกว่าลำต้น กับงานวิจัยของ กรกนก และคณะ, 2563 [6] ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดกะเม็ง ซึ่งได้มีศึกษาส่วนต่างๆ ได้แก่ ลำต้น ใบ และดอก พบว่า ส่วนใบกะเม็งมีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด รองลงมาคือ ลำต้นและดอก

ตามทฤษฎีการเก็บยาของโบราณ ควรเลือกเก็บยาให้ถูกส่วน ซึ่งจะช่วยให้ตัวยามีสรรพคุณที่ดีกว่า ทั้งนี้งานวิจัยนี้สามารถแสดงผลให้เห็นว่าควรเลือกใช้ส่วนของใบเต็มวัย ซึ่งน่าจะส่งผลที่ดีในการใช้ทำยาหรือรักษาอาการตามสรรพคุณของกะเพราขาวที่ใช้หรือเลือกรับประทานเพราะมีปริมาณฟีนอลิกรวมซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อเทียบกับส่วนของใบอ่อน และลำต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะผู้วิจัยในการทำการศึกษาในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] S.K. Das, D.M. Vasudevan, Tulsi: The Indian holy power plant. Natural Product Radiance. 5(2006)279-83.

[2] Y. Zhang, P. Cai, G. Cheng and Y. Zhang, A Brief review of phenolic compounds identified from plants: Their extraction, analysis, and biological activity. Natural Product Communication. 17(2022)1-14.

[3] V.L. Singleton, R. Orthofer, R.M. Lamuela-Raventos, Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology. 299(1999)152-178.

[4] W. Brand-Williams, M.E. Cuvelier, C. Berset, Use of free redical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology. 28(1995)25-30.

[5] ภานุวัฒน์ สีพันธ์ และคณะ. ระยะพัฒนาการต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบมะนาวโห่. *วารสารแก่นเกษตร,* 2560, 336-341.

[6] กรกนก เอกโยธินวงศ์ และคณะ, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดกะเม็ง, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563, 45-57.

การพัฒนารูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชา: กรณีศึกษาศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี

Development of a Sustainable Micro Farmer's Model according to the Concept of King's Science: A case study of Agricultural Service Center, Chaipatana Foundation, Bueng Thung Lang Sub-district, Lam Lok Ka District, Pathum Thani Province

สันติ กระแจะจันทร์[1*] และ รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง[1]

[1]การจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
[*]Email: santi.mastergroup@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชากรณีศึกษารูปแบบของศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพจากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย ข้อมูลจากทางสื่อต่างๆ เข้าเยี่ยมชมสำรวจโครงการ และสัมภาษณ์ผู้อำนวยและพนักงานของศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิฯ จำนวน 5 คน ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรรายย่อยสามารถนำรูปแบบของโครงการฯ ไปปรับใช้ในชีวิตเพื่อสร้างความยั่งยืนของอาชีพเกษตรกรตามแนวคิดของศาสตร์พระราชาเป็นรูปแบบที่ประกอบด้วย 1) การแก้ไขปัญหาหนี้สินได้จากการมุ่งเน้นสร้างรายได้จากหลายช่องทาง เช่น ทำการเกษตรที่มีมูลค่าเพิ่มสูง (premium products) หรือเกษตรอินทรีย์ เกษตรผสมผสาน การแปรรูปสินค้าและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายสินค้า 2) การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกรจากเดิมที่มุ่งแต่รอมาตรการความช่วยเหลือจากรัฐบาลเป็นการมุ่งเน้นให้เกษตรกรการช่วยเหลือตนเองและมีความกระตือรือร้นในการประกอบอาชีพ ด้วยการส่งเสริมความรู้และเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิต 3) การรองรับภาวะวิกฤติทางภูมิอากาศ ด้วยการส่งเสริมให้ทำการเกษตรแบบโคก หนอง นา ที่เน้นคุณภาพมากกว่าปริมาณสอดคล้องกับปัจจัยการผลิตที่มีโดยเฉพาะทรัพยากรน้ำ รวมถึงการเกษตรทฤษฎีใหม่ที่มีการวางแผนผังพื้นที่อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: เกษตรกรรายย่อย, มูลนิธิชัยพัฒนา, การพัฒนาที่ยั่งยืน

Abstract

This article aims to create a Sustainable Micro Farmer's Model according to the Concept of King's Science: A case study of Agricultural Service Center, Chaipatana Foundation, Bueng Thung Lang Sub-district, Lam Lok Ka District, Pathum Thani Province. This research is a qualitative research based on the study of documents, research, and media data. Visited and surveyed the activities of the Foundation and interviewed the foundation director and 5 employees. The results showed that micro farmers can use the

scheme of the project to apply in their farming to create sustainability of farmer's career according to the concept of the King's science as a model that consists of 1) Solving debt problems by focusing on generating income from multiple channels, such as farming with high added value (premium products) or organic agricultural products, integrated agriculture, product processing, and increased distribution channels 2) Changing farmers' behavior from waiting for government support measures to stand on their feet and be enthusiastic by promoting knowledge and technology to increase productivity; 3) Challenging to climate crises; by promoting agriculture in the Khok, Nong Na model, which emphasizes quality over quantity in accordance with the available production factors, especially water resources including the new theory of agriculture with proper area planning.

Keywords: micro farmers, Chaipattana Foundation, Sustainable Development

บทนำ

การพัฒนาการเกษตรและเกษตรยั่งยืนตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่12 (พ.ศ.2560-2564) เน้นความถึงความสำคัญกับการพัฒนาเกษตรกรให้เป็นศูนย์กลางการพัฒนาอย่างสมดุลมีการรวมกลุ่มเกษตรการย่อยให้เป็นสถาบันเกษตรกรในชุมชนต่าง ๆ เพื่อผลักดันให้สามารถดำเนินงานในรูปของธุรกิจเกษตรที่สามารถพึ่งพาตนเองได้ ตามยุทธศาสตร์และแนวทางการพัฒนา 4 ด้าน คือ 1) มุ่งสร้างความเข้มแข็งให้กับเกษตรกรและสถาบันเกษตรกร 2) เพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการสินค้าเกษตรตลอดโซ่อุปทาน 3) เพิ่มความสามารถในการแข่งขันภาคการเกษตรด้วยเทคโนโลยีและ นวัตกรรม 4) การบริหารจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล และยั่งยืน และ 5) การพัฒนาระบบบริหารจัดการภาครัฐ เพื่อให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) และเนื่องจากบริบทของโลกกำลังเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและปัญหาของเกษตรกรมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เกษตรกรโดยเฉพาะรายย่อยจะต้องแปลงร่างหรือพลิกโฉมหน้า (transform) เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกและไม่ถูกทำลายล้าง (disrupt) โดยปัญหาใหญ่ของรัฐบาลในปัจจุบันคือจะยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรของประเทศไทยให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องและอย่างยั่งยืนได้อย่างไร โดยอุปสรรคที่สำคัญ คือ (1) ปัญหาหนี้สินของเกษตรกรที่เป็นพันธนาการจากการปรับตัวและลงทุนในด้านเทคโนโลยี โดยปัญหาหนี้สินของเกษตรกรไทยรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งพบว่าร้อยละ 90 ของครัวเรือนเกษตรกรเป็นครัวเรือนที่มีหนี้สิน เฉลี่ยอยู่ที่ 433,000 บาท/ครัวเรือน และหนี้สินเฉลี่ยของเกษตรกรเพิ่มขึ้นทุกปี (2) การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกร ที่ส่วนหนึ่งมุ่งหวังแรงจูงใจ (incentive structure) จากการอุดหนุนราคาสินค้าเกษตร หรือมาตรการช่วยเหลือเกษตรกรหรือแม้แต่การพักหนี้จากรัฐบาลจนขาดความกระตือรือร้นในการผลิต ซึ่งอาจเกิดผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมดังกล่าวของเกษตรกร ได้สร้างปัญหาหรือผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ และก่อให้เกิดผลเสียในระยะยาวและ (3) ปัญหาของการรองรับกับภาวะวิกฤติทางภูมิอากาศของเกษตรกร อันจะนำไปสู่ผลกระทบอื่น ๆ ได้อีกมากมาย เช่น สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเกิดโรคพืช และโรคสัตว์อุบัติใหม่ เป็นต้น (วิรไท สันติประภพ, 2565) โดยแผนยุทธศาสตร์ของรัฐบาลไทยที่กำหนดขึ้นเพื่อหวังให้ของเกษตรกรรายย่อยของไทยมีความยั่งยืนนั้นสอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน 17 ข้อ ของสหประชาชาติ (Sustainable Development Goals: SDGs) ได้แก่ คือ (1)

ขจัดความยากจน (2) การศึกษาที่มีคุณภาพ (3) รับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (World Trade Organization, 2022)



ภาพ 1 เป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ

ที่มา : SDG MOVE (2022)

นักวิชาการหลายท่านได้สรุปถึงคำนิยามของเกษตรกรที่ยั่งยืนว่าหมายถึง เกษตรกรที่ทำเกษตรกรรมโดยคำนึงถึงข้อจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันโดยไม่ส่งผลเสียต่ออนาคต บนพื้นฐานของการพัฒนาอย่างองค์รวมให้มีความสมดุลอย่างรอบด้านในทุกมิติ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม เป็นการพัฒนาที่ไม่ปฏิเสธเทคโนโลยีที่สร้างสรรค์ และเปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องได้มีส่วนร่วมในการพัฒนา โดยคำนึงถึงความเป็นองค์รวมในเชิงบูรณาการและคำนึงถึงการพัฒนาตามขีดความสามารถในการแข่งขันบนพื้นฐานของตนเอง (นรินทร์ สวัสดิจันทร์ และ สอาด บรรเจิดฤทธิ์, 2565; Allen & Van Dusen, 1988) และได้กำหนดองค์ประกอบที่สำคัญอย่างน้อย 3 ประการของการเกษตรกรรมที่ยั่งยืน ได้แก่ (1) เป็นระบบเกษตรกรรมที่สามารถดำเนินการผลิตได้ผลจริง ในสภาพธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของภูมินิเวศที่เป็นอยู่โดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีหรือปัจจัยการผลิตจากภายนอกมากนัก เช่น ลดหรือละเว้นการใช้ปุ๋ยเคมีหรือยาฆ่าแมลงหรือสารเร่งต่างๆ เป็นต้น (2) เป็นระบบการผลิตที่มีผลกำไร โดยะต้นทุนการผลิตที่นำมาคิดคำนวณนั้นรวมถึงต้นทุนการผลิตที่เป็นตัวเงินและต้นทุนการผลิตทางสังคมด้วย เช่น ความเสื่อมโทรมของทรัพยากร และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น และ (3) เป็นระบบการเกษตรที่รู้จักประหยัดใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ รักษาสมดุลของระบบนิเวศไว้ได้โดยเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด เช่น ไม่เผาไร่นาหลังการเก็บเกี่ยว ไม่ทำการเกษตรเลื่อนลอย เป็นต้น (ธันวา จิตต์สงวน, 2535)

เนื่องจากที่ผ่านมาปัญหาของอาชีพเกษตรกรคือความไม่แน่นอนในเรื่องของราคาผลผลิตและรัฐบาลในทุกสมัยจึงมักจะมีมาตรการอุดหนุนและให้ความช่วยเหลือ เช่น การอุดหนุนราคาสินค้าเกษตร หรือประกันราคาพืชผล รับจำนำพืชผลผลิตเพื่อเป็นการช่วยเหลือเกษตรกร หรือแม้แต่การพักชำระหนี้ โดยไม่สนใจกับผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นกับพฤติกรรมของเกษตรกรบางกลุ่มที่มุ่งเน้นรอความช่วยเหลือจากภาครัฐแต่อย่างเดียวจนขาดการพัฒนาในอาชีพของตน ทำให้เกิดผลเสียในระยะยาว (วิรไท สันติประภพ, 2565) การจะปรับเปลี่ยนทัศนคติดังกล่าวนี้ตามแนวคิดของทฤษฎีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม (Transtheoretical Model/ Stage of Change Model) หรือTTM ที่พัฒนาโดย Davidson, R. ในปี ค.ศ. 1992 นั้น ได้อธิบายถึงความตั้งใจหรือความพร้อมของบุคคลที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ได้ผลผ่านกระบวนการทางความรู้สึกนึกคิดหรือประสบการณ์ (Cognitive/Experiential Process) ได้แก่ การเพิ่มความตระหนักรู้หรือ การปลูกจิตสำนึก (consciousness) เป็นการใช้วิธีกระตุ้นบุคคลทำให้เกิดความตระหนัก เพิ่มการรับรู้ถึงสาเหตุบอกให้บุคคลรู้ผลเสียของการไม่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและผลดีของการเปลี่ยนพฤติกรรม

ทฤษฎีหรือหลักการของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในโครงการโครงการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานีนี้ คือ (1) ทรงเน้นหลักการให้ประชาชนพึ่งตนเอง คือการพัฒนาให้ประชาชนสามารถอยู่ในสังคมได้ตามสภาพและมีรายได้ที่เพียงพอและสามารถ “พึ่งตนเองได้” (2) การส่งเสริมความรู้ และเทคนิควิชาการสมัยใหม่ที่เหมาะสม มีความรู้ในการทำมาหากิน การทำเกษตรโดยการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ พระองค์ทรงเน้นถึงความจำเป็นที่จะต้องมี “ตัวอย่างของความสำเร็จ” เพื่อเป็นสถานศึกษา ทดลอง วิจัย และแสวงหาความรู้ เทคนิควิชาการสมัยใหม่ที่ราษฎร “รับได้” นำไป “ดำเนินการเองได้” ไม่ต้องรอความช่วยเหลือจากภาครัฐอยู่ตลอดเวลา (3) ภูมิสังคม การพัฒนาตามแนวพระราชดำรินั้น จะต้องให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในภูมิภาคนั้น ๆ และมีภูมิต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ณ ท้องถิ่นนั้น ๆ เช่น น้ำแล้ง น้ำท่วม โรคระบาด เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ หรือ สำนักงาน กปร., 2549)

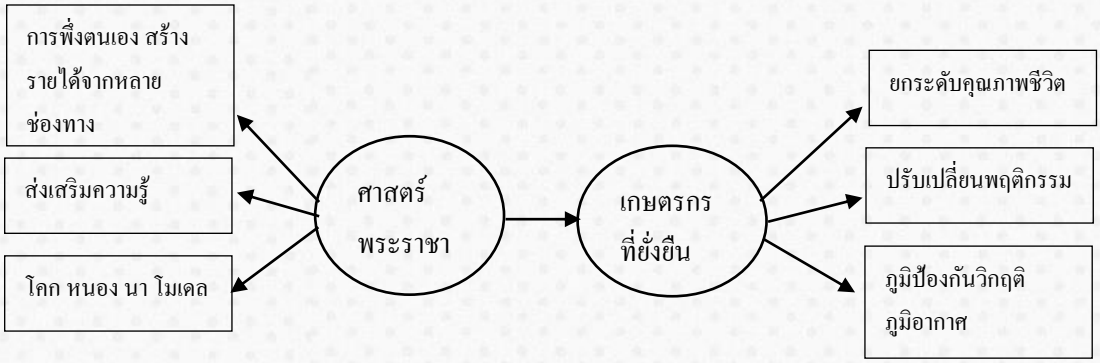
โครงการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต. บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี นั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่9 ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าให้รับที่ดินซึ่ง นางพเยาว์ และนางสาวผุสนา พนมวัน ณ อยุธยา คชาชีวะ ได้น้อมเกล้าถวายนามมูลนิธิชัยพัฒนา จำนวนเนื้อที่ 252 ไร่ 36 ตารางวา ซึ่งได้โอนกรรมสิทธิ์เมื่อ 1 สิงหาคม 2540 ที่ดินดังกล่าวมีถนนตัดผ่าน ตั้งอยู่ระหว่างคลองรังสิต 10-11 ตำบลบึงทองหลาง อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี มีราษฎรเช่าอาศัยและทำนาอยู่ 8 ครอบครัว แต่สืบเนื่องจากเป็นพื้นที่ว่างเปล่า พระองค์จึงมีพระราชประสงค์ที่จะบริหารที่ดินดังกล่าวให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยพระองค์จึงได้ระดมแนวคิดเพื่อพัฒนาที่ดินแปลงนี้เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาที่ดินเปล่าให้เป็นต้นแบบของเกษตรกรรายเล็กที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต กิจกรรมในโครงการออกแบ่งเป็นกิจกรรม ต่าง ๆ การดำเนินของศูนย์มุ่งเน้นถึงหลักการ “เกษตรดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practice: GAP)” ทั้งด้านข้าว พืชผัก ไม้ผล ไม้ดอก และพืชไร่ (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2560) ตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาโครงการนี้ได้พัฒนามาจนประสบความสำเร็จเป็นศูนย์บริการวิชาการการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนาที่เป็นแหล่งเรียนรู้ที่เป็นตัวอย่างให้เกษตรกรรายย่อยได้จนถึงปัจจุบัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเป็นกรณีศึกษาในการพัฒนารูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชา

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนารูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชา กรณีศึกษารูปแบบของโครงการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการศึกษาเอกสาร งานวิจัย สถิติและข้อมูลต่าง ๆ จากทางสื่อต่าง ๆ การลงพื้นที่ไปสำรวจสถานที่จริงของโครงการแล้วทำการสัมภาษณ์แบบเชิงลึก (In-Depth Interview) ด้วยคำถามปลายเปิด โดยการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างเฉพาะคือ คุณนนทกร พุ่มกล่อม ผู้อำนวยการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี และพนักงานภายในโครงการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี จำนวน 5 คน สังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และเอกสาร ถอดรูปแบบการพัฒนาต้นแบบที่ประสบความสำเร็จ โดยมีการวิเคราะห์แนวคิดของการเชื่อมโยงรูปแบบเกษตรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดศาสตร์พระราชา ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพ 2 แนวคิดการเชื่อมโยงรูปแบบเกษตรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดศาสตร์พระราชา

ผลการวิจัย

โครงการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี มีกิจกรรมของโครงการ คือ กิจกรรมข้าว กิจกรรมไม้ผล (ไม้ผลหลัก เช่น มะม่วง ฝรั่ง และกระท้อน เป็นต้น และ ไม้ผลตามคันคูน้ำ ได้แก่ มะเฟือง ทับทิม และกล้วย) กิจกรรมพืชผักปลอดภัยจากสารพิษ ผักกินใบ เช่น คะน้า ผักบุ้งจีน ฮ่องเต้ ผักกินยอด เช่น ชะอม ผักหวาน และผักกินผล เช่น มะเขือ บวบ แตงกวา เป็นต้น โดยหมุนเวียนการปลูกผักแต่ละชนิดตามฤดูกาล กิจกรรมไม้ดอกปลูกดอกดาวเรือง มะลิ และกุหลาบ กิจกรรมพืชไร่ เช่น ปลูกอ้อยคั้นน้ำ กิจกรรมปาล์น้ำมัน เป็นแปลงสาธิตการปลูกปาล์มน้ำมันตามหลักการเกษตรดีที่เหมาะสม และจำหน่ายผลผลิตปาล์มน้ำมัน กิจกรรมเกษตรผสมผสาน เป็นการดำเนินการผสมผสานระหว่างพืช –สัตว์-ประมง ลักษณะ “เกษตรยังชีพ” เหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัดโดยยึดหลัก “อยากกินอะไร ก็ปลูกอย่างนั้น ที่เหลือจึงนำไปขาย กิจกรรมประมงในพื้นที่ขนาด 20*20 เมตร จำนวน 4 บ่อ ประกอบด้วยปลานิล จิตรลดา ปลาตะเพียน กิจกรรมแปรรูป เป็นการแปรรูปผลผลิตทางด้านการเกษตร และสมุนไพรที่คุณภาพอยู่ในระดับรองลงมาโดยนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องดื่ม ขนมขบเคี้ยวและเครื่องสำอาง ซึ่งเครื่องสำอางได้รับเลขที่จดแจ้งจากกระทรวงสาธารณสุขเป็นที่เรียบร้อย กิจกรรมการตลาดและจัดจำหน่าย จัดหาตลาดในการจำหน่ายผลผลิต รวมถึงออกร้านประชาสัมพันธ์ตามคำเชิญของหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชน แล้วมีการพัฒนาผลผลิตออกสู่ตลาดสากลภายใต้มาตรฐาน GAP กิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการผลิตพืชและการแปรรูปผลผลิตด้านการเกษตรแก่ กลุ่มแม่บ้าน เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไปในรูปแบบจัดฝึกอบรม ประชุม สัมมนาแก่เจ้าหน้าที่ จัดนิทรรศการ จัดพิมพ์เอกสารเพื่อเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์และต้อนรับคณะศึกษาดูงานกิจกรรมถ่ายทอดเทคโนโลยี มีการจัดการอบรมแก่ผู้ที่สนใจ ประกอบด้วย การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือการเกษตร การแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร การทำปุ๋ยหมัก และน้ำหมักชีวภาพ บริการพัฒนา (Social Services) เป็นการช่วยเหลือและติดตามผลของเกษตรกร ที่ได้นำองค์ความรู้ที่รับจากทางศูนย์ฯ หรือช่วยการเข้ามาขอคำปรึกษาเกี่ยวกับการเกษตรแล้วนำกลับไปปรับใช้ให้เข้ากับการดำรงชีวิตของตนเองเพื่อให้คงดำรงชีวิตอย่างมีความสุข กิจกรรมเกษตรยังชีพ ให้ดำเนินการจัดตั้งเป็น “ศูนย์บริการวิชาการเกษตร” โดยมีการจัดทำเป็นแปลงสาธิตการเกษตรในรูปแบบทฤษฎีใหม่ ให้เกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียงมาศึกษาและปรับใช้ (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2560) จึงมีความเหมาะสมที่จะรูปแบบของความสำเร็จอย่างยั่งยืนของเกษตรกรโดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย กล่าวคือ

1) มุ่งเน้นการสร้างรายได้จากหลากหลายช่องทาง ได้แก่ (1) เป็นแหล่งผลิตพันธุ์พืชชั้นดี เช่น ผลิตปาล์มน้ำมัน ข้าวพันธุ์ดี พันธุ์มะม่วงแก้ว (เป็นพันธุ์พระราชทานแก่เกษตรกร) กิ่งพันธุ์ไม้ผลต่าง ๆ เพื่อเพาะปลูกเองและจำหน่ายแก่เกษตรกรรายอื่น (2) แปรรูปผลผลิตทางการทางเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร (3) เป็นศูนย์กลางการจำหน่ายผลผลิต และจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทางเกษตร เพื่อตัดพ่อค้าคนกลางและสามารถจำหน่ายให้ได้ราคาดีมากขึ้นและยึดแนวพระราชดำริในเรื่องของความประหยัดและเรียบง่าย ลดหนี้สินเดิมและไม่ก่อหนี้ใหม่เพิ่ม

2) รูปแบบโครงสร้างที่เหมาะสมเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกรในประเทศไทยเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของโลกคือการส่งเสริมความรู้และเทคนิควิชาการสมัยใหม่ที่เหมาะสม ส่งเสริมให้โครงการเป็นแหล่งบริ การวิชาการด้านการผลิตพืชในรูปแบบจัดทำแปลงตัวอย่างเพื่อสร้างพฤติกรรมในการใฝ่รู้ ไม่ยึดติดกับความคิดเก่าๆ มีความเป็นพลวัตร รวมถึงการพัฒนาพฤติกรมตามแนวพระราชดำริคือการพัฒนาให้สมาชิกและประชาชนสามารถอยู่ในสังคมได้ตามสภาพและความสามารถที่ “พึ่งตนเองได้”

3) รูปแบบโครงสร้างที่สามารถรองรับภาวะวิกฤติทางภูมิอากาศของเกษตรกรของประเทศไทย คือ โคกหนองนาโมเดล ซึ่งเป็นการพัฒนาจัดการพื้นที่ทางการเกษตร ซึ่งเป็นการผสมผสานของเกษตรทฤษฎีใหม่ร่วมกับภูมิปัญญาพื้นบ้านของไทยที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพธรรมชาติที่มีอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ เป็นการจัดการสภาพแวดล้อมที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ โดยนำสิ่งที่มีอยู่นั้นมาส่งเสริมทำให้เกิดความสำเร็จในการทำเกษตรกรรม และเป็นระบบมากขึ้นเป็นการสร้างชีวิตที่มีความยั่งยืนอย่างที่สุด โดยโคก หรือ “พื้นที่สูง” เป็นดินที่ถูกมนุษย์ขุดขึ้นมาจากการทำหนองน้ำ แล้วนำดินนั้นมาทำเป็นโคก บนโคกจะปลูกป่าโดยทำเป็นป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง สามารถปลูกพืช ผัก ผักสวนครัว เลี้ยงหมู เลี้ยงไก่ หรือเลี้ยงปลา โดยจะทำให้การเป็นอยู่ของเกษตรกรเป็นแบบพอกินพอใช้ หนอง หรือ “หนองน้ำหรือแหล่งน้ำ” คือ การขุดหนองเอาไว้เพื่อกักเก็บน้ำที่มีความจำเป็นช่วงหน้าแล้ง ช่วงที่มีน้ำป่าไหลหลาก น้ำท่วม (หลุมขนมครก) โดยการขุดปกติแล้วจะเรียกว่าคลองไส้ไก่ หรือคลองที่ใช้ระบายน้ำ ที่มีลักษณะคดเคี้ยวออกไปตามพื้นที่ เพื่อเป็นการกระจายน้ำให้เต็ม ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้น ลดพลังงานไม่ต้องไปรดน้ำต้นไม้ และ สุดท้ายคือนา ถือเป็นพื้นที่ให้ปลูกข้าวอินทรีย์ เป็นการทำการเกษตรแบบอินทรีย์ยั่งยืน เพื่อคืนสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ที่เรียกว่าจุลินทรีย์กลับไปยังผืนดิน ช่วยควบคุมปริมาณน้ำที่มีอยู่ภายในนาให้สมบูรณ์ คุมหญ้าโตกำลังดี ปลอดสารเคมี ไม่เป็นอันตรายทั้งคนที่ปลูก รวมถึงคนที่กินด้วย และยังสามารถปลูกพืชได้ตามคันนา (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร , 2565).



ภาพ 3 ตัวอย่างแปลงเกษตร




ภาพ 5 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์

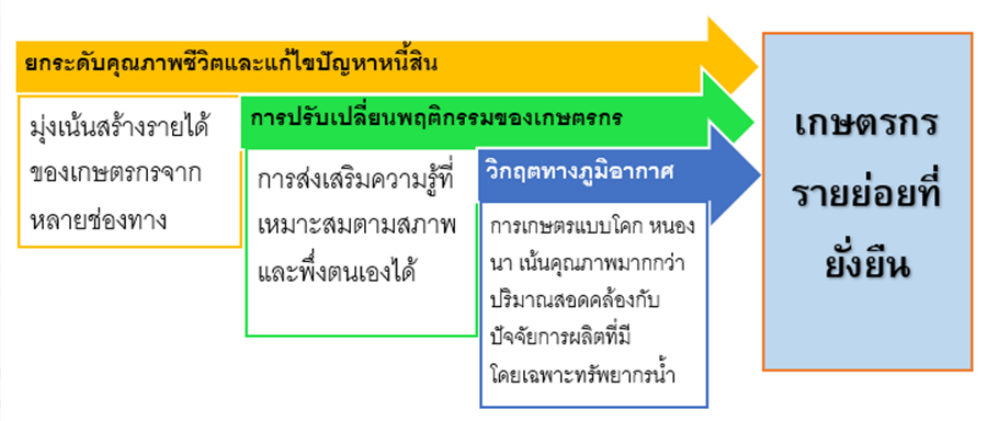
อภิปรายผล

ศาสตร์ของพระราชาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาความเป็นเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืน โดย (1) แก้ไขปัญหาหนี้สินของเกษตรกรจากการมุ่งเน้นสร้างรายได้ของเกษตรกรจากหลายช่องทาง เช่นการทำการเกษตรแบบผสมผสาน ทำการเกษตรที่มีมูลค่าเพิ่มสูง (premium products) ปรับเปลี่ยนให้เกษตรกรไทยไปสู่การทำเกษตรประณีต หรือเกษตรอินทรีย์ เราต้องช่วยกันสร้าง incentive structure ที่จะจูงใจให้เกษตรกรไทยออกจากเกมที่ ‘เน้นเรื่องปริมาณ’ ไปเน้นในเรื่อง ‘คุณภาพ’ เช่น ปลูกพืชผักที่ปลอดสารพิษ ปลูกข้าวและพืชไร่ พันธุ์ดี มีการแปรรูปสินค้าและสร้างรู้จักหาตลาดหรือสร้างตลาดที่ไม่ต้องพึ่งพ่อค้า คนกลาง เป็นต้น (2) การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกร ที่มุ่งหวังแรงจูงใจ (incentive structure) จากการอุดหนุนราคาสินค้าเกษตร หรือการให้เงินช่วยเหลือด้วยการให้ส่งเสริมความรู้ ได้รับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ผ่านการฝึกอบรมจนเกิดทักษะและมีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความภาคภูมิใจและมีรความสุขที่จะเพาะปลูกพืชผลที่มีคุณภาพให้กับผู้บริโภค สอดคล้องกับ ทฤษฎีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเกษตรกรช่วยให้เกษตรกรมีการปรับเปลี่ยน สร้างพฤติกรรมการพึ่งพาตัวเอง และส่งเสริมบุคคลให้เกิดความมั่นใจเฉพาะอย่างให้มากยิ่งขึ้นร่วมกับการมีส่วนร่วมของกระบวนการกลุ่มที่เป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนให้ทุกคนให้ความ สำคัญกับการพึ่งพาตัวเองไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป (3) ปัญหาของการรองรับกับภาวะวิกฤติทางภูมิอากาศของเกษตรกร ด้วยการทำการเกษตรแบบโคก หนอง นา เน้นคุณภาพมากกว่าปริมาณสอดคล้องกับปัจจัยการผลิตที่มีโดยเฉพาะทรัพยากรน้ำ หรือการทำเกษตรแบบทฤษฎีใหม่ที่มีการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำ มีลักษณะของเกษตรผสมผสาน ไม่พึ่งพาอย่างใดอย่างหนึ่งมากจนเกินไป จึงมีความเสี่ยงต่ำเมื่อประสบกับภัยธรรมชาติ นอกจากนั้นยังควรส่งเสริมให้เกษตรกรมุ่งในการสร้างภูมิคุ้มกันให้กับตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นการซื้อประกันภัยพืชผล หรือการส่งเสริมการรวมกลุ่มของเกษตรกรที่จะรับความเสี่ยงร่วมกัน มีกลไกในเรื่องการกระจายความเสี่ยงร่วมกัน มีกลไกสนับสนุนให้เกิดการลงทุนร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ จำนวน 17 ข้อ

หนึ่งในตัวอย่างของความสำเร็จ ได้แก่ คุณพัฒน์นรี เฉลิมญาติวงศ์ ที่เป็นเกษตรกรเครือข่ายของศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ด้วยจุดเริ่มต้นจากการอ่านแผ่นพับเกี่ยวกับทฤษฎีใหม่ จึงเกิดความคิดที่จะทำเกษตรแบบผสมผสานขึ้นในพื้นที่ของตนเอง โดยได้เริ่มต้นทำการเกษตรแบบผสมผสานตามแนวเกษตรยังชีพ บนพื้นที่จำนวน 10 ไร่ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 จำนวน 2 ไร่ เป็นที่อยู่อาศัย ปลูกผักและขุดสระเพื่อเลี้ยงปลา และส่วนที่ 2 จำนวน 8 ไร่ ปลูกข้าวโดยตั้งใจเก็บผลผลิตที่ได้ไว้รับประทาน หากมีปริมาณมากจึงค่อยจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้ โดยศูนย์ฯ ได้ส่งเจ้าหน้าที่ไปให้ความรู้และคำแนะนำอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้ปัจจุบันสามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายผัก กิ่งพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ และข้าว ทำ

ให้มีเงินเหลือเก็บอย่างเพียงพอ และมีรายได้มากกว่าการปลูกข้าวจำนวน 8 ไร่ เพียงอย่างเดียว และในปัจจุบันมีคนในชุมชนและผู้ที่สนใจเข้ามาศึกษาดูงานที่ “บ้านพอเพียง” ของคุณพัฒน์นรี อย่างต่อเนื่อง และได้เปลี่ยนมาทำเกษตรแบบผสมผสานตามรูปแบบเกษตรยังชีพ ด้วยเห็นถึงความสำเร็จของคุณพัฒน์นรีเป็นตัวอย่างความสำเร็จที่เกิดจากการน้อมนำแนวพระราชดำริ ของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ในเรื่องของการทำการเกษตรแบบผสมผสานไปปฏิบัติและประยุกต์ใช้ จนนำมาซึ่งความสุขและความมั่นคงของครอบครัว

นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรสมาชิกบางรายได้ปรับเปลี่ยนการทำการเกษตรเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน โดยที่เกษตรกรจะมุ่งถึงการใช้การผลิต เพื่อสร้างความพอเพียงให้ครอบครัวเกษตรกรเองและเป็นฐานในการพัฒนาตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง โดยไม่จำกัดว่าจะใช้การผลิตรูปแบบใดขึ้นอยู่กับความเหมาะทางสังคมเศรษฐกิจของแต่ละชุมชน (นภษร สร้อยยอดทอง และคณะ, 2563) จากกรณีศึกษาโครงการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี สามารถนำมาสรุปพัฒนาเป็นรูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชา ได้ดังภาพ 6



ภาพ 6 รูปแบบเกษตรกรรายย่อยที่ยั่งยืนตามแนวคิดของศาสตร์พระราชา

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพที่ได้จาการศึกษาเอกสารและข้อมูลต่าง ๆ และจากการสัมภาษณ์โดยเลือกเอาโครงการศูนย์บริการวิชาการเกษตรของมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี ซึ่งเป็นโครงการตามแนวพระราชดำริ เพียงโครงการเดียวเท่านั้น จึงแนะนำให้ทำการวิจัยในโครงการพระราชดำริอื่น ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบและควรทำการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อจะได้มีจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษาได้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ : คุณนนทกร พุ่มกล่อม ผู้อำนวยการมูลนิธิชัยพัฒนา ต.บึงทองหลาง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี และพนักงานทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้เข้าเยี่ยมชมกิจกรรมของโครงการและให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับประวัติความเป็นมาและกิจกรรมต่างๆของมูลนิธิฯ อย่างละเอียด เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2565

เอกสารอ้างอิง

[1] ธันวา จิตต์สงวน. (2535). การวางแผนการผลิตเพื่อถาวรภาพทางการเกษตรของไทย. **วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2] นภษร สร้อยยอดทอง,วันวิสา แช่มช้อย และ โชติ บดีรัฐ. (2563). **ภัยพิบัติกับการจัดการของเกษตรไทย.** มหาวิยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. บทความวิชาการ 14 สิงหาคม 2563; ตอบรับบทความ: 20 สิงหาคม 2563.

[3] นรินทร์ สวัสดิจันทร์ และ สอาด บรรเจิดฤทธิ์. (2565). ปัจจัยในการพัฒนาที่ส่งผลต่อความยั่งยืนของเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มในเขตพื้นที่ภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย. **วารสารรัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา**. ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2565

[4] มูลนิธิชัยพัฒนา. (2560). **พระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว.** ออนไลน์. จาก https://www.chaipat.or.th/royal-projects-in-various-regions/central-east/10246-2011-03-17-05-05-55.html

[5] วิรไท สันติประภพ. (2565). **เกษตรกรตกไปอยู่ใน 'กับดักหนี้' โจทย์สำคัญที่ต้องแก้ไข.** ออนไลน์จากhttps://www.isranews.org/article/isranews-article/108772-ex-bot-governor-Veerathai-Santiprabhob-future-small-farmers-opinion.html?utm_source=dable

[6] สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) (2549). **สืบค้นแนวคิดทฤษฎี.** สืบค้นจาก. http://km.rdpb.go.th/Knowledge/Page/1

[7] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564).** เข้าถึงเมื่อ 07 มิ.ย.65 จาก. https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=6420&filename=develop_issue

[8] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). (2565). .โคกหนองนาโมเดล หมายถึงอะไร องค์ประกอบและประโยชน์ที่จะได้รับ. บทความ. เข้าถึงเมื่อ 14 มิ.ย.65 จาก. shorturl.at/duwKR

[9] Allen P., & D. Van Dusen. (1988). **Sustainable agriculture: Choosing the future. In Global Perspectives on Agroecology and Sustainable Agricultural Systems.** edited by P. Allen and D. Van Dusen. Santa Cruz, CA: University of California.

[10] Davidson, R. (1992). Prochaska and DiClemente's model of change: A case study? **British Journal of Addiction,** 87(6), 821–822. https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.1992.tb01971.x

[11] SDG MOVE. (2022). **Sustainable Development Goals.** Retrieved at. 10 June 2022. From. https://www.sdgmove.com/intro-to-sdgs/

[12] World Trade Organization. (2022). **The WTO and the Sustainable Development Goals.** Retrieved June 10, 2022. From: https://www.wto.org/english/thewto_e/coher_e/sdgs_e/sdgs_e.htm

แนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

Guide for Handing of Temperature Instruments in Calibration Laboratory

จิรวัฒน์ เผ่านาค[1*] กฤษดา พิศลยบุตร[1] เลิศเลขา ศรีรัตนะ[1] และ บุญธรรม หาญพาณิชย์[1]

[1]สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[*]Email: 6314770002@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ และเพื่อเสนอแนวทางปรับปรุงการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025 โดยใช้ บริษัท เอกชน แห่งหนึ่ง จำกัด เป็นกรณีศึกษา จากวิเคราะห์พบปัญหา 4 ด้านดังนี้ 1) ด้านผู้ใช้งาน 2) ด้านสถานที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 3) ด้านวิธีการปฏิบัติ 4) ด้านเครื่องมือด้านอุณหภูมิ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบขึ้นมา ผลการศึกษาพบว่า เครื่องมือทางด้านอุณหภูมิมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนดังนี้ 1) ปัจจัยด้านอุณหภูมิ 2) ปัจจัยด้านเครื่องมือ 3) ปัจจัยด้านผู้ใช้งานและเอกสาร 4) ปัจจัยด้านสถานที่ และในส่วนของแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบสามารถเพิ่มความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบสามารถเพิ่มความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบโดยเฉลี่ย 52 % และสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือได้ 0.5 องศาเซลเซียล

คำสำคัญ: ความคลาดเคลื่อนจากการวัด, เครื่องมือด้านอุณหภูมิ, ห้องปฏิบัติการ

Abstract

The purpose of this study is to study the important factors of temperature error. The purpose of this study is to improve the use of laboratory instruments in line with ISO/IEC 17025 standard using a private company limited as a case study. From the analysis 4 problems were found: 1) User side, 2) Location of the Calibration laboratory 3) User and Documentation factor 4) Location Factor. In addition, the Guide for Handing of Temperature Instruments in Calibration Laboratory can improve the knowledge of laboratory staff. Average 52% and can reduce the tolerances of the Instruments has 0.5 ℃

Keywords: Measurement Error , Temperature Instrument , Laboratory

1. บทนำ

ในปัจจุบันการทำงานห้องปฏิบัติการสอบเทียบ มีเครื่องมืออย่างหลากหลายโดยเฉพาะเครื่องทางด้านความดัน ซึ่งตามระบบ ISO/IEC 17025 จำเป็นต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับเครื่องที่สอบเทียบ โดยเฉพาะอุณหภูมิในห้อง ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากในการสอบเทียบ

เนื่องจากผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่องานสอบเทียบ ทำให้เครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ จึงต้องมีความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือที่ในระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ผลการสอบเทียบการมีความถูกต้องตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 แต่ปัญหาที่พบเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิหลากหลายชนิดและมีความสามารถที่ต่างๆกัน ซึ่งทำให้ยากต่อการทำงานสอบเทียบ

ประกอบกับบุคคลในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ มีแนวทางการใช้เครื่องมือในทางด้านอุณหภูมิไม่เหมือนเดิม ทำให้การอ่านค่ามีคลาดเคลื่อนและไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ซึ่งในข้อกำหนด ได้กำหนดให้ห้องปฏิบัติสอบเทียบต้องสอบเทียบเครื่องมือไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

ปัญหาตัวอย่าง คือ ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบในบริษัทเอกชนมีเครื่องมือด้านอุณหภูมิอยู่ 3 ชนิด คือ Thermometer with Sensor , Themo Recorder และ Themo – Hygrograph ซึ่งมีวิธีการใช้งานที่แตกต่างทำให้เกิดปัญหาในการเครื่องมือในแต่ละชนิด ซึ่งส่งผลเสียทำให้ไม่ทราบค่าที่แท้จริงของอุณหภูมิและทำให้การสอบเทียบเกิดความผิดพลาดได้ โดยจะส่งผลต่อเนื่องทำให้ผลการสอบเทียบที่ส่งให้ผู้ใช้เครื่องมือผิดพลาด

จากปัญหาที่ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเห็นว่า ควรมีแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เพื่อบุคคลในห้องปฏิบัติการสอบเทียบทำงานไปทิศทางเดียวกันและลดความผิดพลาดในการใช้เครื่องมือด้านอุณหภูมิ

1.2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ
2. เสนอแนวทางปรับปรุงการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสอดคล้องในวิธีการและคลาดเคลื่อนจากการวัด

2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด Measurement System Analysis (MSA)

2.3 ข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017

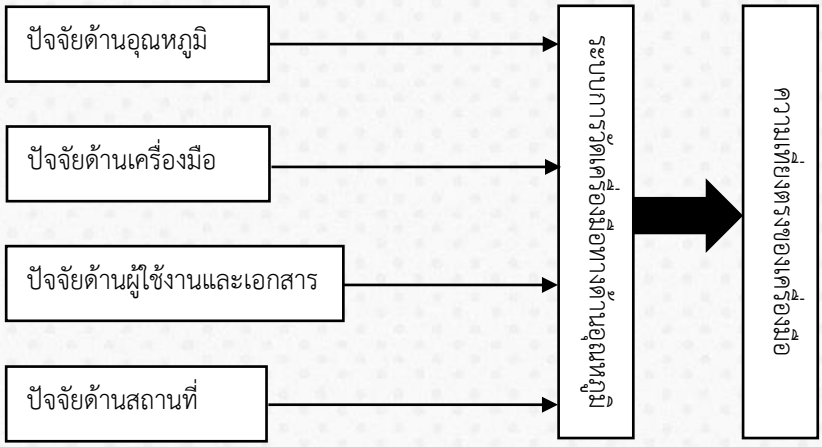
2.4 มาตรฐานมาตราส่วนอุณหภูมิสากล ITS-90 และการสอบเทียบ EURAMET Calibration Guide No.8

2.5 การประเมินความไม่แน่นอนในการวัดของการสอบเทียบ

3. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การศึกษาเรื่อง แนวทางจัดการเครื่องทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เป็นการศึกษาวิจัยในรูปแบบของการวิจัยเชิงปริมาณ

3.1 กรอบแนวคิดของปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด จำนวน 5 ท่าน และเครื่องมือด้านอุณหภูมิ ได้แก่เครื่องมือ Thermometer With Sensor , เครื่องมือ Thermo Recorder และ เครื่องมือ Thermo-Hygrograph เท่านั้น

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้ศึกษาได้กำหนดขึ้นสำหรับการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ คือ แบบทดสอบ และ แบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ โดยแบบทดสอบ สร้างขึ้นเพื่อประเมินผลวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมืออุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน ก่อนและหลังจากที่นำแนวทางการแก้ไขปัญหาที่พัฒนาขึ้นไปใช้งาน ส่วนแบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบและจดบันทึกเครื่องมือด้านอุณหภูมิของแต่ละชนิดเครื่องมือ

3.4 การวิเคราะห์ปัญหา

จากการสังเกตการใช้งานเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิและการระดมสมอง (Brainstorm) ของผู้ใช้งานเครื่องมือมือเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ บริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด ได้วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาโดยแสดงในรูปแบบของแผนภูมิก้างปลาดังนี้

ด้านผู้ใช้งาน เนื่องจากแนวคิดในการเครื่องมือที่แตกต่างและมีความรู้ทักษะการใช้เครื่องมือไม่เท่ากัน

ด้านสถานที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ เนื่องจากห้องปฏิบัติสอบเทียบมีขนาดไม่สอดคล้องกับเครื่องปรับอากาศไม่สอดคล้องและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน

ด้านวิธีการปฏิบัติ ขาดวิธีการปฏิบัติงานเพื่อเป็นเกณฑ์ในการปฏิบัติงาน

ด้านเครื่องมือด้านอุณหภูมิ ขาดวิธีการปฏิบัติงานและขาดแบบฟอร์มรายงานที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือ ตามมาตรฐานและเกณฑ์ของผู้ผลิต

3.5 การประเมินผล

3.5.1 แบบทดสอบ

ประกอบด้วยคำถามจำนวน 20 ข้อ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมืออุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ผลคะแนนการทดสอบวัดความรู้และทักษะการใช้เครื่องมืออุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน

ลำดับ	พนักงาน	ผลคะแนน		คะแนนเพิ่มขึ้น
		ก่อนอบรม	หลังอบรม	
1	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 1	5	17	12
2	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 2	10	19	9
3	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 3	10	20	10
4	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 4	9	20	11
5	ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ 5	10	20	10
	รวม	44	96	52
	เฉลี่ย	8.8	19.6	10.4
	ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน	2.17	1.30	1.14

3.5.2. แบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ

โดยแบบบันทึกข้อมูลอุณหภูมิจะใช้สำหรับบันทึกเฉพาะค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือทางอุณหภูมิที่ใช้ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบโดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ชนิด เพื่อนำค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของเครื่องมือแต่ละเครื่องมือในปี 2564 ปีก่อนพัฒนาแนวทางการจัดการฯ เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของเครื่องมือแต่ละเครื่องมือในปี 2565 ปีที่พัฒนาแนวทางจัดการฯ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของเครื่องมือแต่ละเครื่องมือและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท เอกชน แห่งหนึ่ง ในปี 2564 (ปีก่อนพัฒนาแนวทางการจัดการฯ) กับปี 2565 (ปีหลังพัฒนาแนวทางจัดการฯ)

เครื่องมือ	ปี 2564 (ปีก่อนพัฒนาแนวทางจัดการฯ)					ปี 2565 (ปีหลังพัฒนาแนวทางจัดการฯ)				
	เดือน			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เดือน			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ส.ค	ก.ย	ต.ค			ก.พ	มี.ค	เม.ษ		
Thermometer with sensor A	22.4	22.5	23.5	22.8	0.608	23.1	22.8	23.2	23.0	0.187
Thermometer With sensor B	22.3	22.7	23.4	22.8	0.557	23.2	22.8	23.1	23.0	0.224
Thermo Hygrograph	22.1	23.3	23.0	22.8	0.624	23.1	23.2	23.0	23.1	0.105
Thermo Recorder	22.6	22.4	23.0	22.7	0.304	23.3	22.8	23.0	23.0	0.219

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบผลคะแนนของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบก่อนและหลังการอบรมให้ความรู้ตามแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิ พบว่า คะแนนก่อนการอบรมของผู้ปฏิบัติงานนั้นมีค่าที่แตกต่างกันอยู่มาก แสดงให้เห็นถึงความรู้พื้นฐานของการใช้เครื่องมือทางด้านอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงานนั้นมีไม่เท่ากันและจากคะแนนรวมของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ทำได้โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ร้อยละ 44 ของคะแนนเต็ม จึงทำให้พบว่าความรู้ของผู้ปฏิบัติงานยังอยู่ในระดับปานกลาง หลังจากมีการพัฒนาแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด ซึ่งจากทั้งหมดนั้นจะสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาที่ได้การศึกษาและวิเคราะห์ไว้ก่อนหน้านี้ และจากคะแนนหลังการอบรมของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติสอบเทียบที่มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงความรู้หลังการอบรมตามแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิที่มีความใกล้เคียงกันมากขึ้น และจากคะแนนรวมของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ทำได้โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ร้อยละ 96 ของคะแนนเต็ม ก็จะพบว่าความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติสอบเทียบมีเพิ่มขึ้นและเพียงพอสำหรับการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องตามแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัทฯ ได้ ซึ่งจากทั้งหมดนั้นแสดงให้เห็นถึงผลสำเร็จของแนวทางการจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิของห้องปฏิบัติสอบเทียบ ในการพัฒนาความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติสอบเทียบ

จากการผลค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบของอุณหภูมิของเครื่องมือในห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่มีต่อแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัดในปีก่อนพัฒนาแนวทางฯ กับปีที่หลังพัฒนาแนวทางฯ จะเห็นได้ว่าในปีก่อนพัฒนามาตรฐาน นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิสูงถึง 1 องศา โดยจะส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบเครื่องมือ 11.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกับสาเหตุของปัญหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือด้านอุณหภูมิดังกล่าวที่ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ไว้ และจากผลการประเมินนี้ยังทำให้การสอดคล้องกับผลคะแนนทดสอบวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งก่อนที่จะทำการอบรมให้ความรู้ตามแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ร้อยละ 44 จึงสังเกตผลได้ว่าหากแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิมีปัญหาและมีความผิดพลาด ตั้งแต่ตัวผู้ปฏิบัติงานจนถึงระบบปฏิบัติงาน ก็จะทำให้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิมากไปด้วย และจากผลประเมินในปีที่พัฒนาแนวทางจัดการเครื่องฯ นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ 0.5 องศา โดยจะส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบเครื่องมือ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงจากปีก่อนพัฒนาแนวทางจัดการ 0.5 องศา โดยจะส่งผลกระทบต่อผลการสอบเทียบเครื่องมือลดลง 5.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุของปัญหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือด้านอุณหภูมิตามแนวทางจัดการเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิอย่างตรงจุด และจากผลการประเมินนี้ยังทำให้สอดคล้องกับผลคะแนนการทดสอบวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงานอย่างตรงจุด และจากผลการประเมินนี้ยังทำให้สอดคล้องกับผลคะแนนการทดสอบวัดความรู้และทักษะในการใช้เครื่องมือทางอุณหภูมิของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ หลังจากได้รับการอบรมให้ความรู้ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 96 จึงสังเกตผลได้ว่าหากแนวทางจัดการเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิมีประสิทธิภาพตั้งแต่ตัวผู้ปฏิบัติงานจนถึงระบบการปฏิบัติงาน ก็จะทำให้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิลดลงไปด้วย ซึ่งจากทั้งหมดนั้นแสดงให้เห็นถึงผลสำเร็จของแนวทางจัดการเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

5. บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือด้านอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบประกอบด้วย 4 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านผู้ใช้งาน, ปัจจัยสถานที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ, ปัจจัยด้านวิธีการปฏิบัติ และปัจจัยเครื่องมือด้านอุณหภูมิ และเสนอแนวทางจัดการเครื่องมือในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ซึ่งสามารถ

เพิ่มความรู้ของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบโดยเฉลี่ย 52% และสามารถลดค่าความเคลื่อนของเครื่องมือได้ 0.5 องศาเซลเซียล

6. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นศึกษาเครื่องมือทางอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเครื่องมือประเภทอื่นๆ และห้องปฏิบัติการอื่นๆ เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และกรรมผู้จัดการของบริษัท เอกชนแห่งหนึ่ง จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและเครื่องมือทางด้านอุณหภูมิ ทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติคุณ แสงนิล และประสพชัย พสุนนท์. ความน่าเชื่อถือ ความถูกต้อง ความแม่นยำ และความเที่ยงตรง ความสอดคล้องในวิธีการและความคลาดเคลื่อนจากการวัดของการวิจัยทางด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกาย. วารสาร Veridian E-Journal สาขามนุษย์ศาสตร สังคมศาสตร์ และ ศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร.12(2561)1325-1343

[2] จุฬารักษ์ วรรณปิยะรัตน์. การปรับปรุงระบบบริหารหน่วยปฏิบัติการทดสอบลูกถ้วยไฟฟ้า ตามแนวทางมาตรฐาน มอก. 17025 : 2548.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2554

[3] นพดล ชัยสวัสดิถานันท์. การวิเคราะห์สาเหตุการปฏิเสธลอตสินค้าสินค้าขาเข้าจากแผนการชักตัวอย่างและระบบการวัด. การค้นคว้าอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2550

[4] ปิยวรรณ ศุภกิจมงคลกุล. การเปลี่ยนผ่านจากการควบคุมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยรัฐสู่การกำกับดูแลโดยรัฐสู่การกำกับดูแลโดยภาคเอกชนมีส่วนร่วม. วิทยานิพนธ์ปริญญานิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติศาสตร์ คณะนิติศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2558

[5] พันธยุทธ สุวรรณฤกษ์. การปรับปรุงกระบวนการผลิตแท่นใส่ขดลวดทองแดงของฮาร์ดดิสก์โดยใช้เทคนิคซิกซ์ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีและการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2553

[6] เมธินี สงไทย. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและค่าสัมประสัมธิ์การแพร่กระจายความร้อนของวัสดุด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑีต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2558

[7] สรัญญา พันธุ์แก้ว และวรนารถ แสงมณี. เจตคติที่มีต่อการฝึกอบรมมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ. วารสารการบริหารและการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.9(2562)237-252

สมบัติทางกล การดูดซับน้ำ และสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์

Mechanical Properties, Water Absorption and Morphology of Corn Starch/NanoClay Nanocomposites

กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล[1*] วนิดา รักผาสุข[1] และ ขวัญฤดี ไพศาล[1]

[1]สาขาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: kantima.c@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมนาโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด ฟิล์มวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ถูกเตรียมสารคอมปาวด์และขึ้นรูปฟิล์มด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลี่ยวหนอนคู่ และเครื่องอัดแรงดัน ตามลำดับ กลีเซอรอลถูกใช้เป็นสารพลาสติไซเซอร์โดยเติมที่ปริมาณ 30 %โดยน้ำหนักของแป้งสตาร์ช ปริมาณของนาโนเคลย์มีการปรับเปลี่ยนปริมาณ ตั้งแต่ 0 ถึง 15 %โดยน้ำหนัก ผลของปริมาณนาโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติของวัสดุผสมระดับนาโนถูกประเมินด้วยการทดสอบแรงดึง แรงกระแทก การวัดค่าการดูดซับน้ำ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 43 เปอร์เซ็นต์ และการวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยา จากผลการทดลอง พบว่า การเติมนาโนเคลย์ ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก ช่วยปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงดึง และค่าการดูดซับน้ำได้มากที่สุด วัสดุผสมระดับนาโนที่มีการเติมนาโนเคลย์ 15 %โดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 120 % เมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด การมีอยู่ของนาโนเคลย์ช่วยลดการดูดซับน้ำของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด

คำสำคัญ: สตาร์ชแป้งข้าวโพด นาโนเคลย์ วัสดุผสมระดับนาโน สมบัติทางกล การดูดซับน้ำ

Abstract

This research aimed to study the effect of nanoclay addition on the properties of thermoplastic starch from corn. Corn starch/nanoclay nanocomposite films were compounded and film-forming by twin screw extruder and compression molding machine, respectively. By adding glycerol at content of 30 % by weight of starch, glycerol was used as plasticizer. Nanoclay contents were varied from 0 to 15 wt%. The effect of nanoclay content on properties of nanocomposites was evaluated by tensile and impact tests, water absorption measurements at 43 %RH and morphological analysis. The result indicated that the addition of nanoclay at a content of 5 wt% led to the maximum improvement of tensile properties and water absorption. Nanocomposite containing nanoclay at 15 wt% was the maximum Impact strength

which was 120% as compared to that of thermoplastic starch from corn. The presence of nanoclay reduced water absorption of thermoplastic starch from corn.

Keywords: Corn starch, nanoclay, nanocomposite, mechanical properties, water absorption

1. บทนำ

พลาสติกทางการค้า (commodity plastics) ซึ่งสังเคราะห์มาจากน้ำมันปิโตรเลียมยังคงเป็นกลุ่มพลาสติกที่มีสัดส่วนการใช้งานในท้องตลาดมากที่สุด แต่พลาสติกทางการค้าสามารถย่อยได้ยาก ดังนั้นขยะพลาสติกจึงได้กลายเป็นปัญหาที่ทั่วโลกต้องให้ความสำคัญทั้งในด้านปัญหาการจัดการขยะและด้านสิ่งแวดล้อม สหประชาชาติได้ประเมินว่าขยะพลาสติกที่ถูกปล่อยทิ้งลงสู่มหาสมุทรมีปริมาณมากถึง 5-13 ล้านตันต่อปี [1] ขยะพลาสติกส่วนใหญ่เกิดขึ้นมาจากบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียว แนวทางทางหนึ่งสำหรับการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติก คือ การนำพลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) ที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biodegradable) มาใช้ทดแทนพลาสติกทางการค้า เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch) ถือเป็นตัวเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียว เนื่องจากเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ ราคาไม่แพง สามารถขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบพลาสติก สามารถสัมผัสกับอาหารได้ และไม่มีสีและกลิ่น แต่อย่างไรก็ตาม เทอร์โมพลาสติกสตาร์ชยังคงมีข้อด้อยที่ต้องพัฒนาปรับปรุง คือ สมบัติทางกลที่ค่อนข้างต่ำ และการดูดซับน้ำสูง [2] ในการนำสตาร์ชมาทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบพลาสติกจำเป็นต้องมีการเติมสารพลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) เช่น กลีเซอรอล (Glycerol) และน้ำ เป็นต้น เนื่องจากอุณหภูมิการหลอมเหลวของสตาร์ชมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อน สารพลาสติไซเซอร์มีส่วนช่วยปรับปรุงความสามารถในการขึ้นรูปของสตาร์ช แต่มีผลทำให้สตาร์ชมีสมบัติความต้านทานแรงที่ลดลง [2] สตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูงมีผลทำให้สมบัติการดูดซับน้ำต่ำ เนื่องจากสตาร์ชจะมีความคงรูปสูงและต้านทานต่อการบวมตัวในน้ำได้ดี [3] จากการพิจารณาสตาร์ชที่ผลิตได้จากพืชภายในประเทศไทย พบว่า สตาร์ชจากแป้งข้าวโพดเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการนำมาทำเป็นเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชเพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียว เพราะมีปริมาณอะไมโลสสูง คือ มีปริมาณอะไมโลส 28 % [4] นาโนเคลย์ (nanoclay) เป็นสารเพิ่มเนื้อที่ได้จากธรรมชาติ เป็นสารที่ไม่เป็นพิษ สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ และมีสมบัติทางกลที่ดี [5-6] นอกจากนี้การเติมนาโนเคลย์ในพอลิเมอร์ยังมีส่วนช่วยในการปรับปรุงสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สให้กับพอลิเมอร์ [5] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่ต้องการศึกษาการปรับปรุงสมบัติทางกลและความทนน้ำของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดด้วยการเติมนาโนเคลย์และทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบพลาสติก เพื่อส่งเสริมให้เกิดการนำเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชมาต่อยอดและผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียว

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมนาโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบพลาสติก และมีการเติมกลีเซอรอลเป็นสารพลาสติไซเซอร์ โดยทำการประเมินผลด้วยการทดสอบแรงดึง แรงกระแทก การวัดค่าการดูดซับน้ำ และการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยา

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

2.1.1 สตาร์ชจากแป้งข้าวโพด จากบริษัท เฟรนด์ชิพ คอร์น สตาร์ช จำกัด มีปริมาณความชื้น 13 % และค่ากรด-เบส เท่ากับ 4-7

2.2.2 นาโนเคลย์ เป็นแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) ชื่อทางการค้า คือ Nanomer® เกรด I.31PS ผลิตโดยบริษัท Sigma-Aldrich (USA)

2.2.3 กลีเซอรอล ของบริษัท Ajax Finechem Pty จำกัด ทำหน้าที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์

2.2 ขั้นตอนการเตรียมสารคอมปาวด์และขึ้นรูปฟิล์มวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์

2.2.1 ขั้นตอนการเตรียมสารคอมปาวด์ระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์

การเตรียมสารคอมปาวด์เริ่มต้นจากการอบไล่ความชื้นสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ด้วยตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์มาผสมกันในถุงพลาสติก โดยทำการเขย่าเป็นเวลา 2 นาที โดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณนาโนเคลย์ 0 5 10 และ 15 %โดยน้ำหนัก และทำการเติมกลีเซอรอล ปริมาณ 30 %โดยน้ำหนักของแป้งลงในถุงพลาสติกของผสม และทำการผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันดี โดยการเขย่าต่ออีกเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำเก็บของผสมในถุงซิป เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ก่อนนำมาเตรียมเป็นสารคอมปาวด์ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียงหนอนคู่ แบบหมุนไปทางเดียวกัน ยี่ห้อ Xinda รุ่น SHJ-20 จากบริษัท Enmach จำกัด อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปจากตำแหน่งป้อนเม็ดถึงหัวขึ้นรูป คือ 80 90 100 110 120 และ 110 องศาเซลเซียส และใช้ความเร็วรอบสกรู 250 รอบ/นาที ภายหลังจากชิ้นงานที่ผ่านการอัดรีด (Extrudate) แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เย็นลงและทำการตัดเป็นเม็ดของสารคอมปาวด์

2.2.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

การขึ้นรูปชิ้นงานเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด และวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชาจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์เริ่มต้นจากการนำเม็ดสารคอมปาวด์มาทำการอบไล่ความชื้นในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเม็ดสารคอมปาวด์มาทำการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดด้วยความดัน รุ่น PR2D-W300L350-PM-WCL-HMI ของบริษัท เจริญทัศน์ จำกัด ที่อุณหภูมิในการขึ้นรูปที่ 150 องศาเซลเซียส ด้วยความดัน 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 5 นาที และทำการหล่อเย็นฟิล์มเป็นเวลา 3 นาที ด้วยน้ำหล่อเย็น แม่พิมพ์ที่มีขนาด 120.0 มิลลิเมตร X 120.0 มิลลิเมตร X 0.3 มิลลิเมตร ถูกใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด และวัสดุผสมระดับนาโนเพื่อนำมาเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงดึง การวัดค่าการดูดซับน้ำ และการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา และแม่พิมพ์ที่มีขนาดรูปทรงตามมาตรฐาน ASTM D256 ถูกใช้ในการเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงกระแทก

2.3 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติ

2.3.1 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

การทดสอบความต้านทานแรงดึงทำการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D882 ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ Universal testing ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น AG-x plus ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น โดยนำฟิล์มวัสดุผสมระดับนาโนที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดด้วยความดันมาทำการตัดให้มีขนาดชิ้นงานทดสอบ คือ 13.0 มิลลิเมตร x 100.0 มิลลิเมตร x 0.3 มิลลิเมตร มีระยะห่างของหัวจับชิ้นงาน 50 มิลลิเมตร ก่อนการทดสอบนำชิ้นงานทดสอบวางในสภาวะความชื้นสัมพันธ์ 43% อุณหภูมิ 23$\pm$2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน โดยการนำชิ้นงานทดสอบใส่ในเดซิเคเตอร์ที่มีสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) แบบอิ่มตัว สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ คือ ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่หัวจับชิ้นงาน 50 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จำนวนชิ้นงานทดสอบที่ใช้ในการทดสอบแต่ละสูตร คือ 7 ชิ้นงานทดสอบ และทำการรายงานผลการทดสอบ ประกอบด้วย ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึง (Tensile modulus) ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile stress) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด (%Elongation at break)

2.3.2 การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก

นำชิ้นงานทดสอบที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดด้วยความดัน ที่มีขนาดชิ้นงาน 13.0 มิลลิเมตร x 64.0 มิลลิเมตร x 3.0 มิลลิเมตร มาทำรอยบากด้วยเครื่องทำรอยบาก แบบ V notch ยี่ห้อ Gotech รุ่น GT-7016-A2 ของ

บริษัท Gotech Testing Machines Inc. ประเทศไต้หวัน หลังจากนั้นนำชิ้นงานทดสอบมาทำการทดสอบแรงกระแทก แบบ Izod อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D256 ด้วยเครื่องทดสอบแรงกระแทก ยี่ห้อ Gotech รุ่น GT-7045-HML ของบริษัท Gotech Testing Machines Inc. ประเทศไต้หวัน จำนวนชิ้นงานทดสอบที่ใช้ในการทดสอบแต่ละสูตร คือ 7 ชิ้นงานทดสอบ ก่อนการทดสอบนำชิ้นงานทดสอบวางในสภาวะความชื้นสัมพันธ์ 43% อุณหภูมิ 23$\pm$2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน และทำการรายงานผลการทดสอบเป็นค่าพลังงานที่ทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักต่อความหนาชิ้นงานทดสอบ

2.3.3 การวัดค่าการดูดซับน้ำ

นำฟิล์มวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์มาเตรียมชิ้นงานทดสอบที่มีขนาด 20.0 มิลลิเมตร x 20.0 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำชิ้นงานทดสอบมาวางในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 0 % โดยวางในเดซิเคเตอร์ที่มีแคลเซียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (anhydrous $CaSO_4$) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานฟิล์มแห้ง และนำชิ้นงานฟิล์มแห้งมาวางในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ 43 % จำนวนชิ้นงานฟิล์มแต่ละสูตรที่ใช้ในการทดสอบแต่ละสภาวะ คือ 3 ชิ้นงานทดสอบ การเตรียมสภาวะทดสอบความชื้นสัมพัทธ์ 43 % ดำเนินการอ้างอิงตาม ASTM E 104 (1985) ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานที่เวลา 1, 2, 4, 8, 24, 48, 72 ชั่วโมง คำนวณหาค่าการดูดซับน้ำของชิ้นงานทดสอบ ณ เวลาต่างๆ ตามสมการที่ 1

$$\text{water absorption } (\%) = \frac{w_t - w_o}{w_o} \times 100 \quad (1)$$

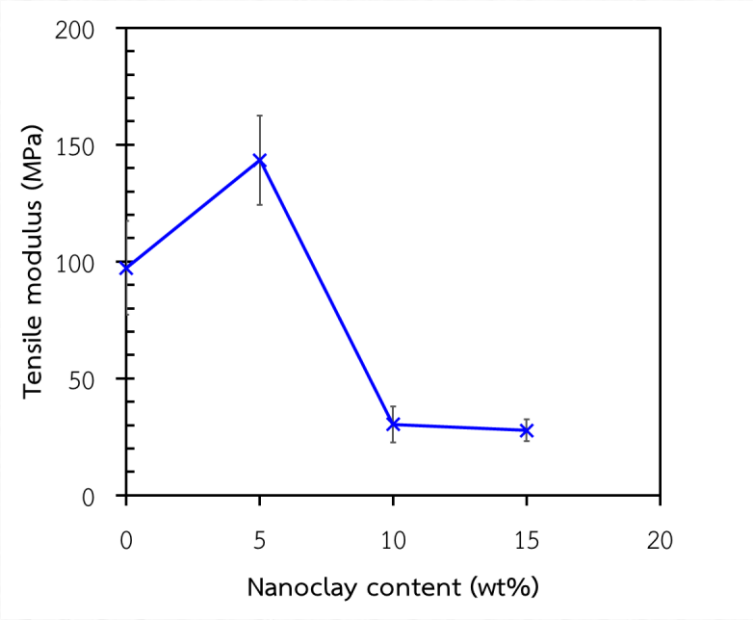
โดยที่ w_t คือ น้ำหนักชิ้นงานเมื่ออยู่ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดเป็นเวลา t
w_o คือ น้ำหนักชิ้นงานแห้งเริ่มต้น

2.3.4 การตรวจสอบทางสัณฐานวิทยา

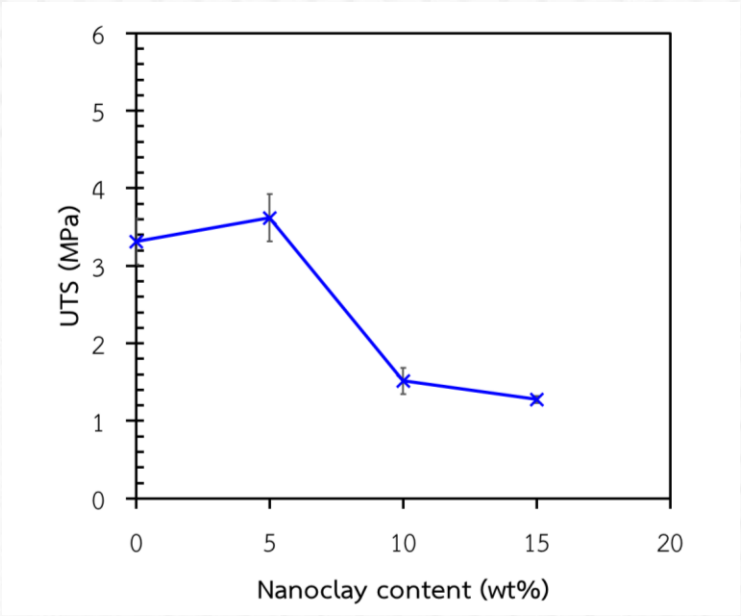
ทำการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของชิ้นงานฟิล์มวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์โดยนำฟิล์มมาทำการเคลือบด้วยทองคำด้วยวิธีการสปัตเตอริ่ง (sputtering) หลังจากนั้นนำชิ้นงานมาทำการตรวจสอบการกระจายตัวของนาโนเคลย์ และการยึดเกาะระหว่างเฟสด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แบบ Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM) ยี่ห้อ Jeol รุ่น JSM-7610F ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ความต่างศักย์ 15 kv

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลของปริมาณนาโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์เป็นดัง**รูปที่ 1** ถึง**รูปที่ 3** จาก**รูปที่ 1** แสดงผลของการเติมนาโนเคลย์ปริมาณต่างๆ กันที่มีต่อค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ จากกราฟพบว่า การเติมนาโนเคลย์ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่ามากกว่ากรณีเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดที่ไม่มีการเติมนาโนเคลย์ ประมาณ 47 % แต่เมื่อเติมนาโนเคลย์มากกว่า 5 %โดยน้ำหนัก พบว่า ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน โดยมีค่าต่ำกว่ากรณีเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดที่ไม่มีการเติมนาโนเคลย์ ประมาณ 70 % สำหรับค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์เป็นดังแสดงใน**รูปที่ 2** พบว่า ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุผสมมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึง คือ การเติมนาโนเคลย์ 5 %โดยน้ำหนัก ช่วยปรับปรุงความต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุผสม

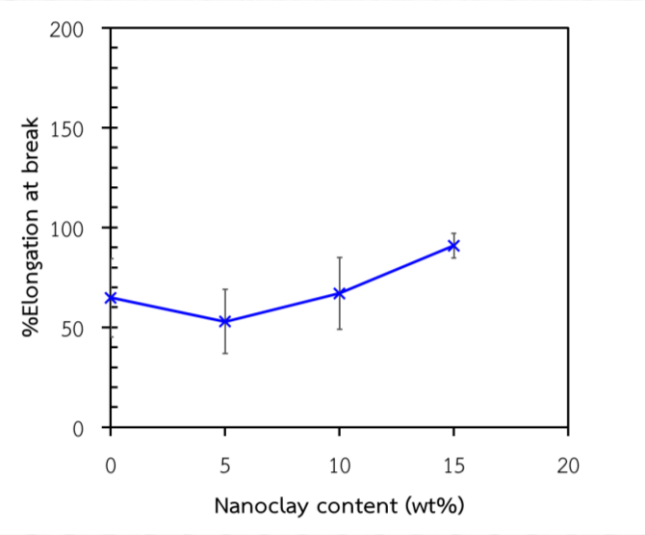


รูปที่ 1 ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึงของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ที่มีปริมาณนาโนเคลย์ต่างๆ กัน

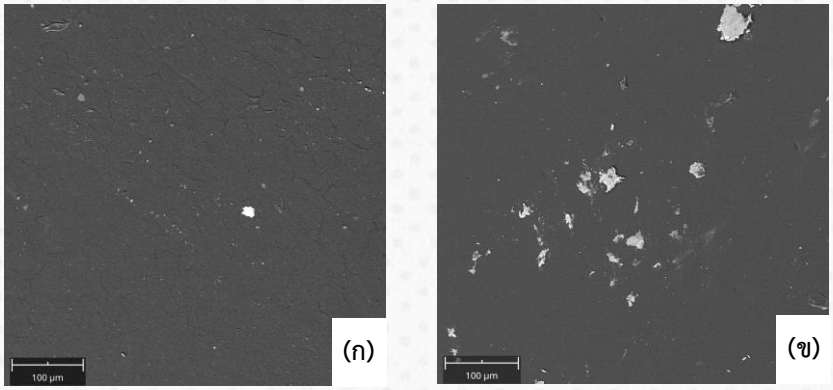


รูปที่ 2 ค่าความต้านทานแรงดึงสูงของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ที่มีปริมาณนาโนเคลย์ต่างๆ กัน

แต่เมื่อเติมนาโนเคลย์มากกว่า 5 %โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดลดลงอย่างชัดเจน ส่วนผลของการเติมนาโนเคลย์ที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดของวัสดุผสมเป็นดังแสดงใน**รูปที่ 3** พบว่า การเติมนาโนเคลย์มีผลทำให้ค่าความสามารถในการยืดตัวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ประมาณ 40 % เมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช์จากแป้งข้าวโพดที่ไม่มีการเติมนาโนเคลย์ จากผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง ชี้ให้เห็นว่า การเติมนาโนเคลย์ปริมาณต่ำสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงดึง แต่เมื่อปริมาณนาโนเคลย์มากกว่า 5 %โดยน้ำหนัก มีผลทำให้สมบัติความต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณนาโนเคลย์ที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้อนุภาคนาโนเคลย์มีการ

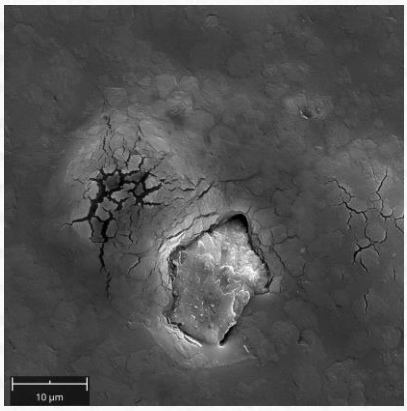


รูปที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ที่มีปริมาณนาโนเคลย์ต่างๆ กัน



รูปที่ 4 ภาพสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในโหมดของ Back-scattered Electron

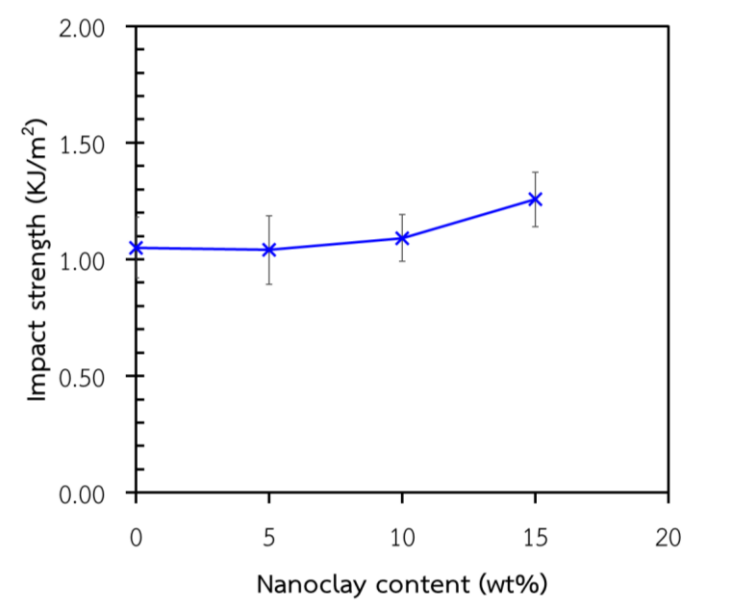
(ก) กรณีการเติมนาโนเคลย์ 5 %โดยน้ำหนัก (ข) กรณีการเติมนาโนเคลย์ 15 %โดยน้ำหนัก



รูปที่ 5 ภาพการยึดเกาะระหว่างเฟสระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและอนุภาคนาโนเคลย์ในวัสดุผสมระดับนาโนตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในโหมดของ Secondary Electron

กระจายตัวที่ลดลง และมีการแตกตัวของอนุภาคลดลง ดังแสดงใน**รูปที่ 4** ซึ่งเป็นภาพสัณฐานวิทยาของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ที่มีปริมาณนาโนเคลย์ 5 และ 15 %โดยน้ำหนัก พบว่า วัสดุผสมระดับนาโนที่มีการเติมนาโนเคลย์ 5 %โดยน้ำหนัก มีการกระจายตัวของนาโนเคลย์ที่ดีกว่า และนาโนเคลย์มีขนาดอนุภาคเล็กกว่ากรณีวัสดุผสมระดับนาโนที่มีการเติมนาโนเคลย์ 15 %โดยน้ำหนัก การกระจายตัวของนาโนเคลย์ที่ไม่ดีของกรณีนาโนเคลย์ 15 %โดยน้ำหนัก จึงเป็นสาเหตุทำให้สมบัติความต้านทานแรงดึงที่ลดลง นอกจากนี้การลดลงของสมบัติความต้านทานแรงดึงเป็นผลมาจากการยึดเกาะระหว่างเฟสที่ไม่ดี จึงส่งผลทำให้การส่งผ่านแรงระหว่างเมทริกซ์ไปยังสารเสริมแรงเป็นไปได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ดังแสดงใน**รูปที่ 5** ซึ่งพบว่า บริเวณระหว่างเฟสของสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและอนุภาคนาโนเคลย์มีช่องว่างระหว่างเฟสเกิดขึ้น แสดงถึงการเปียกผิวที่ไม่ดีระหว่างเมทริกซ์และสารเสริมแรง

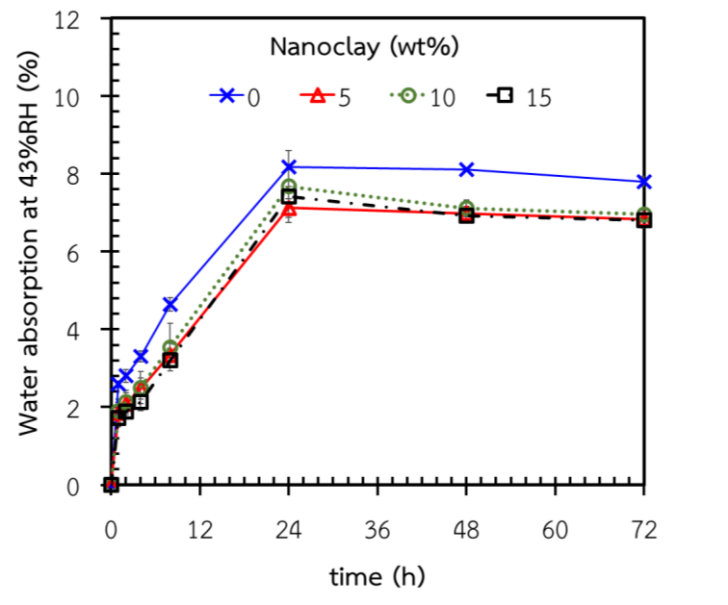
รูปที่ 6 แสดงค่าความต้านทานแรงกระแทกของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ที่มีการเติมนาโนเคลย์ปริมาณต่างๆ กัน จากกราฟพบว่า ผลของการเติมนาโนเคลย์ ปริมาณ 0 ถึง 10 %โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกเปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก แต่เมื่อเติมนาโนเคลย์ 15 %โดยน้ำหนัก การเติมนาโนเคลย์มีส่วนช่วยในการปรับปรุงความต้านทานแรงกระแทก โดยมีค่าความต้านทานแรงกระแทกเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 20 %เมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดที่ไม่มีการเติมนาโนเคลย์ การมีอยู่ของอนุภาคนาโนเคลย์อาจช่วยกระจายแรงเมื่อวัสดุผสมได้รับแรงกระแทกจึงส่งผลทำให้วัสดุผสมที่มีการเติมนาโนเคลย์ 15 %โดยน้ำหนัก สามารถดูดซับพลังงานจากแรงกระแทกได้เพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 6 ค่าความต้านแรงกระแทกของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ที่มีปริมาณนาโนเคลย์ต่างๆ กัน

ผลของปริมาณนาโนเคลย์ที่มีต่อค่าการดูดซับน้ำของวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ ณ ช่วงเวลาต่างๆ กัน ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 43 % ดังแสดงใน**รูปที่ 7** จากกราฟพบว่า ในช่วงเวลาเริ่มต้น (0 – 24 ชั่วโมง) ค่าการดูดซับน้ำของชิ้นงานฟิล์มทั้งกรณีเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด และวัสดุผสมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น หลังจากนั้นค่าการดูดซับน้ำมีแนวโน้มคงที่เมื่อเวลามากกว่า 24 ชั่วโมง ค่าการดูดซับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นของ

ชิ้นงานฟิล์มทั้งกรณีเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด และวัสดุผสมเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 43 % เนื่องมาจากสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดประกอบด้วยอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลแพคติน (Amylopectin) ซึ่งภายในโครงสร้างโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group, -OH) ซึ่งเป็นหมู่ที่ชอบน้ำ ดังนั้นเมื่อสตาร์ชอยู่ภายใต้สภาวะที่มีความชื้นจึงดูดซับน้ำเพิ่มมากขึ้น แต่จากผลการทดลองชี้ว่า ภายใต้สภาวะความชื้น 43 % ชิ้นงานเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด และวัสดุผสมดูดซับความชื้นอิ่มตัวที่เวลา 24 ชั่วโมง ส่วนผลของการเติมนาโนเคลย์ที่มีต่อค่าการดูดซับน้ำ พบว่าการเติมนาโนเคลย์มีส่วนช่วยในการปรับปรุงความสามารถการดูดซับน้ำให้มีค่าลดลง อยู่ในช่วงประมาณ 13 – 30 %เมื่อเปรียบเทียบกับเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช์จากแป้งข้าวโพดที่ไม่มีการเติมนาโนเคลย์ โดยการเติมนาโนเคลย์ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก สามารถลดการดูดซับน้ำได้มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามผลของปริมาณนาโนเคลย์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดซับน้ำมากนัก การมีอยู่ของนาโนเคลย์สามารถช่วยลดการดูดซับน้ำของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดได้ เนื่องจากนาโนเคลย์มีลักษณะเป็นแผ่นบางในระดับนาโนซึ่งค่าอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลาง (Aspect ratio) สูง จึงส่งผลทำให้ขัดขวางการแพร่ของน้ำภายในฟิล์มโดยการสร้างเส้นทางการแพร่ที่มีความขดเคี้ยวเพิ่มมากขึ้น [7-8]



รูปที่ 7 ค่าการดูดซับน้ำของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและวัสดุผสมระดับนาโนระหว่างสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดและนาโนเคลย์ที่มีปริมาณนาโนเคลย์ต่างๆ กัน ณ เวลาต่างๆ กัน ภายใต้สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ 43 เปอร์เซ็นต์

4. บทสรุป

ผลของการปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงกระแทก และความทนต่อน้ำของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดด้วยการเติมนาโนเคลย์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- สำหรับสมบัติการรับแรงดึง พบว่า วัสดุผสมระดับนาโนที่มีการเติมนาโนเคลย์ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก มีส่วนช่วยในการปรับปรุงค่ามอดุลัสความต้านแรงดึง และค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดมากที่สุด แต่เมื่อปริมาณนาโนเคลย์มากกว่า 5 %โดยน้ำหนัก มีผลทำให้สมบัติความต้านทานแรงดึงลดลง เนื่องจากนาโนเคลย์มีการกระจายตัวที่ไม่ดีและการยึดเกาะระหว่างเฟสที่อ่อนแอส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการส่งผ่านแรงเกิดได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

- สมบัติการรับแรงกระแทก พบว่า วัสดุผสมระดับนาโนที่มีการเติมนาโนเคลย์ปริมาณ 15 %โดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนาโนเคลย์มีส่วนช่วยในการกระจายแรงขณะที่ชิ้นงานได้รับแรงกระแทก
- ค่าการดูดซับน้ำ พบว่า การเติมนาโนเคลย์ ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก มีส่วนช่วยปรับปรุงความทนต่อน้ำของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวโพดมากที่สุด เนื่องจากนาโนเคลย์ทำหน้าที่ขัดขวางการแพร่ของน้ำ ทำให้ระยะทางในการแพร่ของน้ำมีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย ตามสัญญาทุนเลขที่ 65-3305-02 และขอขอบคุณสาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] BBC News ไทย. (8 มิถุนายน 2560). ไทยร่วมกับ 3 ชาติเอเชียจับมือลดขยะพลาสติกในมหาสมุทร. สืบค้นจาก https://www.bbc.com/thai/international-40199329.

[2] J.H. Han. Innovations in Food Packaging. Academic Press, 2014.

[3] B. Biduski, W.M.F. Silva, R. Colussi, S.L.M. Halal, L. Lim, A.R.G. Dias, E.R. Zavareze, Starch hydrogels: The influence of the amylose content and gelatinization method. International Journal of Biological Macromolecules. 113(2018)443-449.

[4] E. Ogunsona, E. Ojogbo, T. Mekonnen, Advanced material applications of starch and its derivatives. European Polymer Journal. 108(2018)570-581.

[5] M. Ilsouk, M. Raihane, B. Rhouta, R.M. Meri, J. Zicans, J. Vecstaudža, M. Lahcini, The relationship of structure, thermal and water vapor permeability barrier properties of poly(butylene succinate)/organomodified beidellite clay bionanocomposites prepared by in situ polycondensation. RSC Advances. 10(2020)37314-37326.

[6] S. Bose, A. Bandyopadhyay. Materials for Bone Disorders. Academic Press, New York, 2017.

[7] O. Zabihi, M. Ahmadi, S. Nikafshar, K.C. Preyeswary, M. Naeb, A technical review on epoxy-clay nanocomposites: structure, properties, and their applications in fiber reinforced composites. Composites Part B: Engineering. 135(2018)1–24.

[8] A. Rafiq, N. Merah, Nanoclay enhancement of flexural properties and water uptake resistance of GFR epoxy composites at different temperatures. Journal of Composite Materials. 53(2018)143-154.

สมบัติทางกลและความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยนาโนเคลย์

Mechanical Properties and Water Vapor Permeability of Nanoclay Reinforced Polybutylene Succinate and Polylactic Acid Hybrid Composites

กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล[1*] วรนุช ดีละมัน[2] และ ฉันท์ทิพ สกุลเขมฤทัย[3]

[1]สาขาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[3]ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[*]Email: kantima.c@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีต่อสมบัติทางกล และความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำของวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมนาโนเคลย์ ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก เป็นสารเสริมแรง วัสดุเชิงประกอบผสมถูกเตรียมสารคอมปาวด์ และขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบด้วยด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลี่ยวหนอนคู่ และเครื่องอัดแรงดัน ตามลำดับ อัตราส่วนของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่ทำการปรับเปลี่ยน คือ 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 ส่วนโดยน้ำหนัก จากผลการทดลอง พบว่า ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึง และค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดมีแนวโน้มค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณพอลิแลกติกแอซิดเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ค่าความต้านทานแรงกระแทก และค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำมีค่าลดลง พอลิแลกติกแอซิดทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุเชิงประกอบและช่วยปรับปรุงสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ

คำสำคัญ: พลาสติกชีวภาพ/นาโนเคลย์/วัสดุเชิงประกอบผสม/สมบัติทางกล/ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ

Abstract

This study investigated the effect of polybutylene succinate (PBS) and polylactic acid (PLA) ratios on the mechanical properties and water vapor permeability of composites reinforced with 5 wt% nanoclay. The composites were prepared as compounds and processed as specimens by using a twin screw extruder and a compression molding machine, respectively. The PBS:PLA weight ratios ranged from 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100. The results showed that tensile modulus and ultimate tensile stress tended to increase with increasing PLA content whereas %elongation at break, impact strength, and water vapor permeability rate decreased. Composites' strength and water vapor permeability barrier properties were improved with the addition of PLA.

Keywords: Bioplastic/nanoclay/hybrid composite/mechanical properties/water vapor permeabilty

1. บทนำ

พอลิแลกติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) และพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene Succinate, PBS) เป็นพลาสติกชีวภาพกลุ่มพอลิเอสเทอร์ที่มีสารตั้งต้นทำมาจากพืช และสามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ ดังนั้นพลาสติกชีวภาพทั้ง 2 ชนิด จึงถือเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาเพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียว พอลิแลกติกแอซิดมีสมบัติความคงรูป และมีความแข็งแรงสูง สมบัติป้องกันการซึมผ่านของแก๊สที่ดี และมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของกลิ่นจากสารประกอบอินทรีย์ได้ดี โดยมีค่าใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Poly(ethylene terephthalate), PET) จึงมีส่วนช่วยในการเก็บรักษากลิ่นของอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม พอลิแลกติกแอซิดยังคงมีข้อเสีย คือ มีความเหนียวต่ำ และมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ปานกลาง [1-3] ส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตมีความสามารถในการขึ้นรูป และสมบัติทางกลใกล้เคียงกับพอลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) สามารถสัมผัสกับอาหารได้ [4] มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านแก๊สได้สูงกว่าพอลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ แต่ต่ำกว่าพอลิแลกติกแอซิด และสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำค่อนข้างต่ำ [2] สมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำถือเป็นสมบัติที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการนำวัสดุมาใช้ในงานด้านบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร เพราะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาอาหาร รวมถึงกลิ่นและรสชาติของอาหาร แนวทางการปรับปรุงสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำของพลาสติกสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น การเพิ่มปริมาณผลึกของพลาสติก [5-6] และการเติมสารเพิ่มเนื้อที่มีขนาดในระดับนาโน [7-9] นอกจากนี้การเติมสารเพิ่มเนื้อที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโนยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณผลึกของพอลิเมอร์โดยการทำหน้าที่เป็นสารก่อผลึก (Nucleating agents) อีกด้วย [7,10] นาโนเคลย์ที่เป็นมอนต์โมริลโลไนต์ (Montmorillonite, MMT) เป็นสารเพิ่มเนื้อที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโนที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานค่อนข้างมาก เนื่องจากไม่เป็นพิษ สามารถย่อยด้วยวิธีทางชีวภาพ และมีสมบัติทางกลที่ดี [11] ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อทำศึกษาผลของการนำพอลิแลกติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตมาผสมร่วมกันและทำการเติมอนุภาคนาโนเคลย์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางด้านการรับแรงและความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีการเติมอนุภาคนาโนเคลย์ ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก ที่มีต่อสมบัติทางกล และความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำซึ่งเป็นสมบัติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำไปใช้งานเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

2.1.1 พอลิแลกติกแอซิด ชื่อทางการค้า Ingeo เกรด 4043D สำหรับผลิตฟิล์มแบบจัดเรียงตัว 2 ทิศทาง (Biaxially criented films) จากบริษัท Nature Works LLC (USA)

2.2.2 พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ชื่อทางการค้า BioPBS เกรด FD92PM ของบริษัท PTT MCC Biochem จำกัด

2.2.3 นาโนเคลย์ เป็นแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) ชื่อทางการค้า คือ Nanomer® เกรด I.31PS ผลิตโดยบริษัท Sigma-Aldrich (USA)

2.2 ขั้นตอนการเตรียมสารคอมปาวด์และขึ้นรูปฟิล์มวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง

2.2.1 ขั้นตอนการเตรียมสารคอมปาวด์ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่

การเตรียมสารคอมปาวด์เริ่มต้นจากการนำเม็ดพอลิแลกติกแอซิด พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต และนาโนเคลย์มาทำการทอบไล่ความชื้นในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำวัตถุดิบมาทำการผสมแบบแห้งด้วย

เครื่องปั่นผสมความเร็วสูง เป็นเวลา 2 นาที โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิด คือ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 และมีการเติมนาโนเคลย์ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก และทำการเตรียมสารคอมปาวด์ของวัสดุเชิงประกอบผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ แบบหมุนไปทางเดียวกัน ยี่ห้อ Xinda รุ่น SHJ-20 จากบริษัท Enmach จำกัด อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปจากตำแหน่งป้อนเม็ดถึงหัวขึ้นรูป คือ 90 100 120 130 140 และ 160 องศาเซลเซียส และใช้ความเร็วรอบสกรู 200 รอบ/นาที ภายหลังจากชิ้นงานที่ผ่านการอัดรีด (Extrudate) ถูกทำให้เย็นตัวด้วยระบบรางน้ำหล่อเย็น และทำการตัดเป็นเม็ดของสารคอมปาวด์

2.2.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องอัดด้วยความดัน

การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบเริ่มต้นจากการนำเม็ดสารคอมปาวด์มาทำการอบไล่ความชื้นในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำมาเม็ดสารคอมปาวด์ทำการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดด้วยความดัน รุ่น PR2D-W300L350-PM-WCL-HMI ของบริษัท เจริญทัศน์ จำกัด ที่อุณหภูมิในการขึ้นรูปที่ 190 องศาเซลเซียส ด้วยความดัน 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 6 นาที และทำการหล่อเย็นฟิล์มเป็นเวลา 3 นาที ด้วยน้ำหล่อเย็น สำหรับชิ้นงานทดสอบแรงดึงและความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำถูกขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ที่มีขนาด 140.0 มิลลิเมตร X 140.0 มิลลิเมตร X 0.3 มิลลิเมตร และชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกใช้แม่พิมพ์ที่มีขนาดรูปทรงตามมาตรฐาน ASTM D256

2.3 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติ

2.3.1 การทดสอบความต้านทานแรงดึง

ชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดด้วยความดันมาทำการทดสอบความต้านทานแรงดึง ด้วยเครื่องทดสอบ Universal testing ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น AG-x plus ของบริษัท Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น ทำการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D882 ชิ้นงานทดสอบมีขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร ความยาว 140 มิลลิเมตร และความหนา 0.300 มิลลิเมตร มีระยะห่างของหัวจับชิ้นงาน 100 มิลลิเมตร สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ คือ ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่หัวจับชิ้นงาน 100 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 23$\pm$2 องศาเซลเซียส จำนวนชิ้นงานทดสอบที่ใช้ในการทดสอบแต่ละสูตร คือ 7 ชิ้นงานทดสอบ และทำการรายงานผลการทดสอบ ประกอบด้วย ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึง (Tensile modulus) ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile stress) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด (%Elongation at break)

2.3.2 การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก

นำชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดด้วยความดัน ที่มีขนาดชิ้นงาน 13.0 มิลลิเมตร x 64.0 มิลลิเมตร x 3.0 มิลลิเมตร มาทำรอยบากด้วยเครื่องทำรอยบาก แบบ V notch ยี่ห้อ Gotech รุ่น GT-7016-A2 ของบริษัท Gotech Testing Machines Inc. ประเทศไต้หวัน หลังจากนั้นนำชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบมาทำการทดสอบแรงกระแทก แบบ Izod อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D256 ด้วยเครื่องทดสอบแรงกระแทก ยี่ห้อ Gotech รุ่น GT-7045-HML ของบริษัท Gotech Testing Machines Inc. ประเทศไต้หวัน จำนวนชิ้นงานทดสอบที่ใช้ในการทดสอบแต่ละสูตร คือ 7 ชิ้นงานทดสอบ และทำการรายงานผลการทดสอบเป็นค่าพลังงานที่ทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักต่อความหนาชิ้นงานทดสอบ

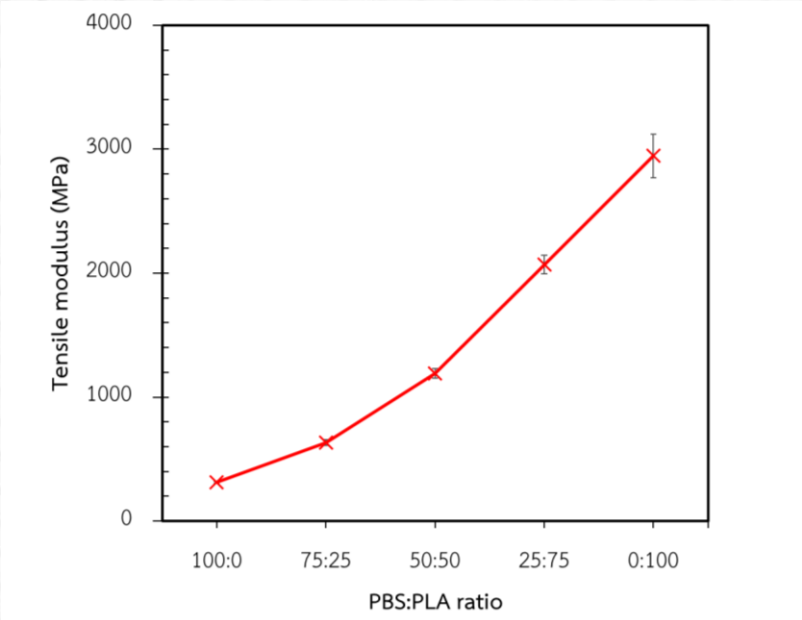
2.3.3 การหาอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำ

การหาค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor permeability rate, WVTR) ทำการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM F1249-20 ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบการซึมผ่านไอน้ำ ยี่ห้อ Mocon รุ่น Permatran-W 3/34 G ของบริษัท Mocon ประเทศสหรัฐอเมริกา ชิ้นงานทดสอบมีขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความ

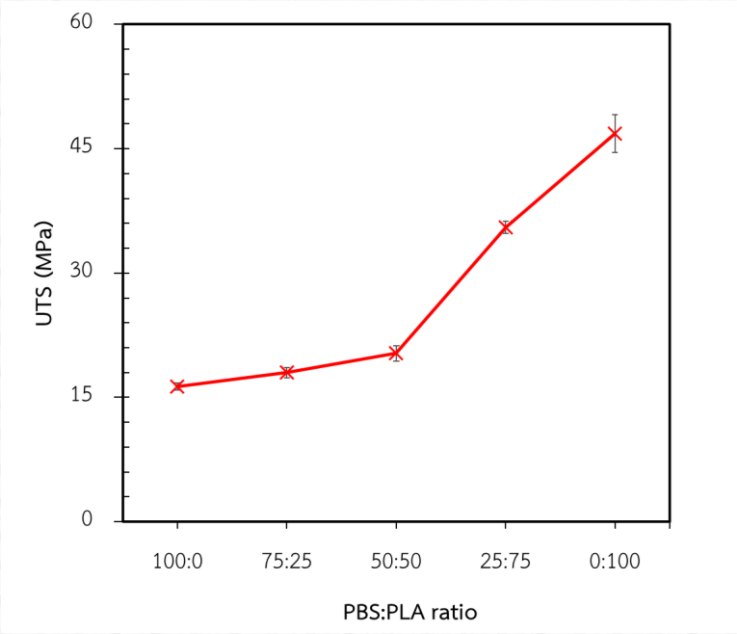
ยาว 100 มิลลิเมตร และความหนา 0.300 มิลลิเมตร สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ คือ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ที่อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

รูปที่ 1 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดในวัสดุเชิงประกอบที่มีการเติมนาโนเคลย์ 5 %โดยน้ำหนักที่มีต่อค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึง จากกราฟพบว่า ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มปริมาณพอลิแลกติกแอซิด โดยค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึงสำหรับกรณีอัตราส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต:พอลิแลกติกแอซิด 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 ส่วนโดยน้ำหนัก มีค่ามากกว่ากรณีพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ประมาณ 101.0 278.1 557.1 และ 835.9 % ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะพอลิแลกติกแอซิดมีความคงรูปสูงกว่าพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต จึงส่งผลทำให้เมื่อเพิ่มสัดส่วนพอลิแลกติกแอซิดจึงส่งผลทำให้วัสดุเชิงประกอบมีความคงรูปเพิ่มสูงขึ้น สำหรับผลของปริมาณพอลิแลกติกแอซิดที่มีต่อค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก เป็นดังแสดงใน**รูปที่ 2** จากกราฟพบว่า ผลของการเพิ่มปริมาณพอลิแลกติกแอซิดที่มีต่อค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับผลของค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึง ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุเชิงประกอบที่มีอัตราส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต:พอลิแลกติกแอซิด 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 ส่วนโดยน้ำหนัก มีค่ามากกว่ากรณีพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต เท่ากับ 10.4 24.6 117.7 และ 187.2 % ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาผลของการปรับปรุงสมบัติการรับแรงดึงของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตโดยการเติมพอลิแลกติกแอซิด พบว่า กรณีอัตราส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต:พอลิแลกติกแอซิด ตั้งแต่ 25:75 มีผลทำให้อัตราการเพิ่มขึ้น (ความชันของกราฟ) ของค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่มากที่สุด

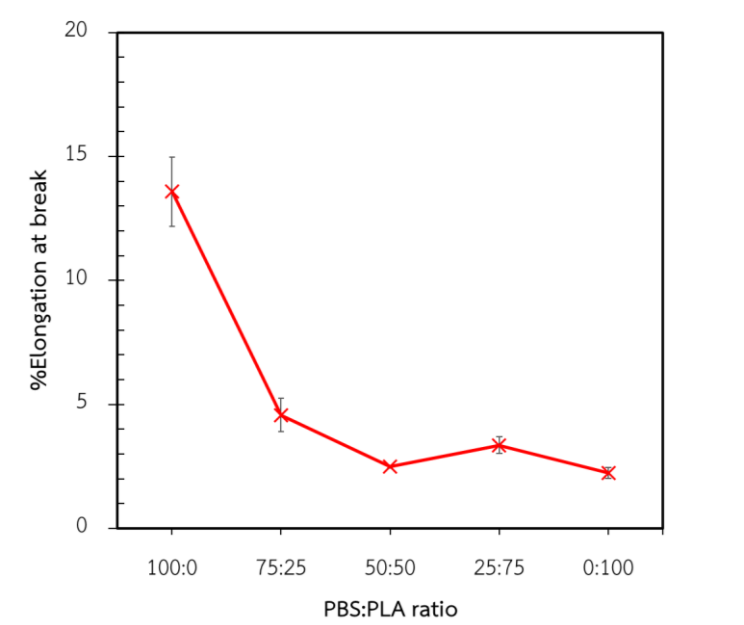


รูปที่ 1 ค่ามอดุลัสความต้านทานแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีอัตราส่วนผสมของเมทริกซ์ปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก

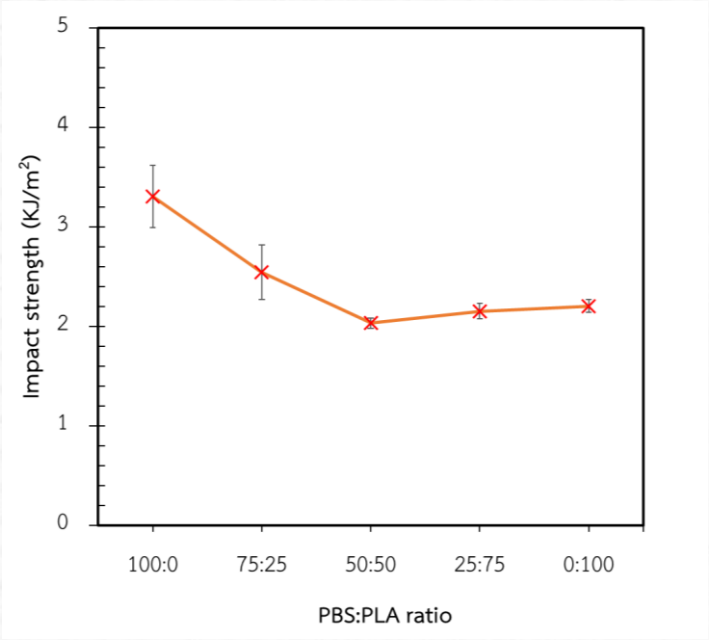


รูปที่ 2 ค่าความต้านทานแรงดึงสูงของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีอัตราส่วนผสมของเมทริกซ์ปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก

รูปที่ 3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดของวัสดุเชิงประกอบผสมที่มีอัตราส่วนผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก จากกราฟพบว่าการเพิ่มปริมาณพอลิแลกติกแอซิดมีผลทำให้ค่าความสามารถในการยืดตัวมีแนวโน้มลดลง โดยค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดมีอัตราการลดลงอย่างมากในช่วงเริ่มต้นและเริ่มมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่ออัตราส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต:พอลิแลกติกแอซิด คือ 50:50 25:75 และ 0:100 ส่วนโดยน้ำหนัก

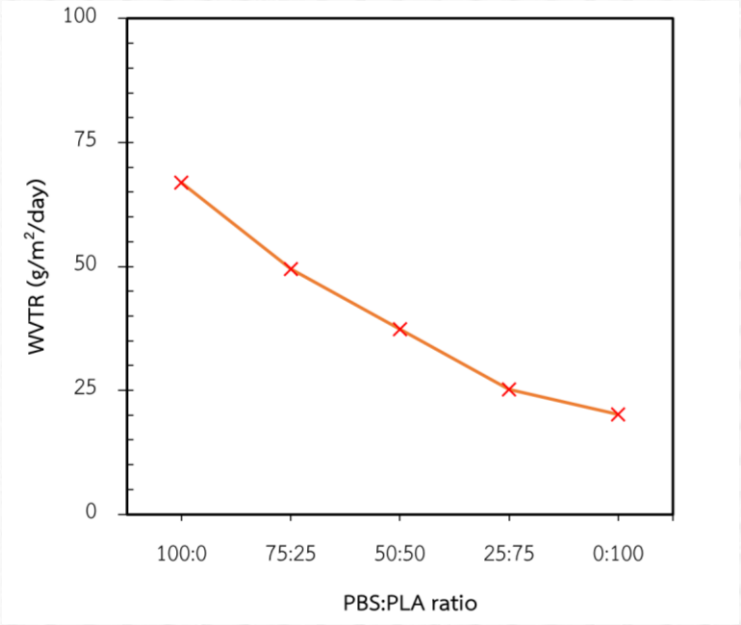


รูปที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีอัตราส่วนผสมของเมทริกซ์ปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก



รูปที่ 4 ค่าความต้านแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีอัตราส่วนผสมของเมทริกซ์ปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก

สำหรับผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีต่อค่าความต้านทานแรงกระแทก ดังแสดงใน**รูปที่ 4** จากกราฟพบว่า การเพิ่มปริมาณพอลิแลกติกแอซิดในช่วงเริ่มต้น ณ อัตราส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต:พอลิแลกติกแอซิด คือ 100:0 และ 75:25 ส่วนโดยน้ำหนัก มีผลทำให้ค่าความต้านแรงกระแทกลดลง แต่ที่อัตราส่วน 50:50 20:75 และ 0:100 ส่วนโดยน้ำหนัก ค่าความต้านทางแรงกระแทกมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก การลดลงของค่าความต้านทานแรงกระแทกเป็นผลเนื่องมาจากพอลิแลกติกแอซิดมีความคงรูปสูงจึงส่งผลทำให้สมบัติการดูดซับแรงเกิดขึ้นได้ลดลง



รูปที่ 5 ค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีอัตราส่วนผสมของเมทริกซ์ปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก

รูปที่ 5 แสดงผลของค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีอัตราส่วนผสมของเมทริกซ์ปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรง ปริมาณ 5 %โดยน้ำหนัก จากกราฟพบว่า ค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำของวัสดุเชิงประกอบมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อปริมาณพอลิแลกติกแอซิดเพิ่มสูงขึ้น จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การเติมพอลิแลกติกแอซิดมีส่วนช่วยการปรับปรุงสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตมีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว -32 องศาเซลเซียส ในขณะที่พอลิแลกติกแอซิด อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว 55-60 องศาเซลเซียส [12] ดังนั้น ณ อุณหภูมิห้อง พอลิแลกติกแอซิดมีสถานะคล้ายแก้วอาจมีช่องว่างระหว่างโมเลกุลต่ำกว่าพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่มีสถานะคล้ายยาง จึงส่งผลทำให้การเพิ่มสัดส่วนพอลิแลกติกแอซิดมีส่วนช่วยทำให้โมเลกุลของไอน้ำแพร่ผ่านได้ยากมากขึ้น

4. บทสรุป

ผลของวัสดุเชิงประกอบผสมพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิดที่มีอัตราส่วนผสมของเมทริกซ์ปริมาณต่างๆ กัน และมีการเติมนาโนเคลย์เป็นสารเสริมแรงที่มีต่อสมบัติการแรงดึง แรงกระแทก และค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- สำหรับสมบัติทางกล พบว่า การเพิ่มปริมาณพอลิแลกติกแอซิดมีผลทำให้ค่ามอดุลัสความต้านทานการรับแรงดึง และค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าความสามารถในการยืดตัว และค่าความต้านทานแรงกระแทกลดลง โดยมีค่าลดลงอย่างชัดเจนในช่วงเริ่มต้น และเริ่มมีแนวโน้มคงที่ เมื่ออัตราส่วนพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตและพอลิแลกติกแอซิด ตั้งแต่ 50:50 ส่วนโดยน้ำหนัก ทั้งนี้เพราะพอลิแลกติกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีความคงรูปสูง
- สำหรับค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำ พบว่า การมีอยู่ของพอลิแลกติกแอซิดช่วยป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ โดยพบว่าเมื่อปริมาณพอลิแลกติกแอซิดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าอัตราความสามารถซึมผ่านของไอน้ำลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย ตามสัญญาทุนเลขที่ 65-1105-01 และขอขอบคุณสาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Auras, L.T. Lim, S.E.M. Selke, H. Tsuji, H., Poly (Lactic Acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications. John Wiley & Sons, 2010.

[2] V. Jost, Packaging related properties of commercially available biopolymers - An overview of the status quo. Express Polymer Letters. 12(2018)429-435.

[3] อมรรัตน์ เลิศวรสิริกุล. พอลิแลกติกแอซิด: พอลิเอสเทอร์จากทรัพยากรที่สร้างทดแทนใหม่ได้. วิศวกรรมสาร มก. 77(2554)99-110.

[4] PTT MCC Biochem (27 July 2022). Application: BioPBS-Flexible Packaging. Available: http://www.pttmcc.com/new/content.php?mid=W130.

[5] H. Tsuji, R. Okino, H. Daimon, K. Fujie. Water vapor permeability of poly(lactide)s: effects of molecular characteristics and crystallinity. Journal of Applied Polymer Science. 99(2006)2245–2252.

[6] Y. Hu, V. Topolkaraev, A. Hiltner, E. Bare. Measurement of water vapor transmission rate in highly permeable films. Journal of Applied Polymer Science. 81(2001)1624-1633.

[7] J. Chen, J. Xu, H. Xu, Z. Li, G. Zhong, J. Lei. The crystallization behavior of biodegradable poly (butylene succinate) in the presence of organically modified clay with a wide range of loadings. Chinese Journal of Polymer Science. 33(2015)576-586.

[8] M. Alboofetileh, M. Rezaei, H. Hosseini, M. Abdollahi. Effect of montmorillonite clay and biopolymer concentration on the physical and mechanical properties of alginate nanocomposite films. Journal of Food Engineering. 117(2013)26–33.

[9] J. Ruamcharoen, R. Munlee, P. Ruamcharoen. Improvement of water vapor barrier and mechanical properties of sago starch-kaolinite nanocomposites. Polymer Composites. 41(2020)201-209.

[10] R. Homklin, N. Hongsriphan. Mechanical and thermal properties of PLA/PBS co-continuous blends adding nucleating agent. Energy Procedia. 34(2013)871-879.

[11] S. Bose, A. Bandyopadhyay. Materials for Bone Disorders. Academic Press, New York, 2017.

[12] S. Su, R. Kopitzky, S. Tolga, S. Kabasci. Polylactide (PLA) and its blends with poly (butylene succinate) (PBS): A brief review. Polymers. 11(2019)1193.

ศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ในการใช้เป็นพรีไบโอติกของสาหร่ายไก ในแม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

Prebiotic potency of polysaccharides from Kai algae in Mekong River, Chiang Khong district, Chiang Rai province

ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์[1*] สีดา เฉลิมทวัฒน์วงค์ [1] วณิชชา ปัญญา[2] และ กฤตวิชญ์ สุขอิ้ง[2]

[1]โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[2]โปรแกรมวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: prasertsintippawan@gmail.com

บทคัดย่อ

สาหร่ายไกเป็นสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวขนาดใหญ่ ซึ่งนิยมนำมาบริโภคในภาคเหนือของไทย ซึ่งการศึกษาด้านสารสกัดเพื่อนำมาใช้ประโยชน์จากสาหร่ายชนิดนี้มีน้อยมาก งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ในการใช้เป็นพรีไบโอติกของสาหร่ายไก ในแม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยทดสอบความสามารถในการเจริญของเชื้อ *L. plantarum* TISTR1465 และ *E. coli* TISTR073 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ basal medium ที่มีแหล่งคาร์บอน 3 ชนิด พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกเป็นแหล่งคาร์บอนส่งเสริมให้จุลินทรีย์ *L. plantarum* TISTR1465 ได้ดีกว่าอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอนในทั้งชั่วโมงที่ 0, 12, 24, 36 และ 48 ในขณะที่ เชื้อ *E. coli* TISTR073 ในชั่วโมงที่ 0, 12 สามารถเจริญได้ไม่แตกต่างกันในอาหารที่มีแหล่งคาร์บอน 3 ชนิด ในขณะที่ชั่วโมงที่ 24, 36 และ 48 พบว่าเชื้อ *E. coli* TISTR073 สามารถเจริญได้ดีที่สุดอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไก รองลงมาคือ อาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอน ตามลำดับ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกในแม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย สามารถใช้เป็นสารพรีไบโอติกได้

คำสำคัญ: สาหร่ายไก พอลิแซ็กคาไรด์ พรีไบโอติก แม่น้ำโขง

Abstract

Kai is a freshwater green macro algae which have long been consumed by local people in the north of Thailand. There were few studies on the extract and applications of these algae. This research focused on prebiotic potency of polysaccharides from Kai algae in Mekong River, Chiang Khong district, Chiang Rai province. The growth rates of *L. plantarum* TISTR1465 and *E. coli* TISTR073 in basal medium consisting of three carbon sources were investigated . It was found that the medium containing polysaccharides from Kai algae as a carbon source could promote the growth of *L. plantarum* TISTR1465 better than using glucose as a carbon source and no carbon source at 0, 12, 24, 36 and 48 hrs. While, at 0 and 12 hrs, the growth of *E. coli* TISTR073 culture in three carbon source conditions did not differ

significantly. Growth of *E. coli* TISTR073 was the highest at 24, 36 and 48 hrs. in the medium containing polysaccharides from Kai algae, followed by glucose as a carbon source and no carbon source, respectively. Preliminary study demonstrated that polysaccharides of Kai algae found in Mekong River, Chiang Khong district, Chiang Rai province could be used as a prebiotic substance.

Keywords: Kai algae, polysaccharide, prebiotic, Mekong river

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้คนในสังคมต่างหันมาให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น การบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและประกอบกับการออกกำลังกาย และการพักผ่อนที่พอเหมาะจะทำให้มีสุขภาพที่ดี แต่จากสภาวะเร่งรีบในปัจจุบันทำให้ไม่สามารถรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ทุกมื้อ ฉะนั้นอาหารเสริมสุขภาพจึงมีบทบาทมากขึ้น นอกจากนั้นอาหารเสริมบางชนิดมีส่วนต่อการทำหน้าที่ต่างๆ ในร่างกาย ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพโดยมีบทบาทในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ซึ่งรู้จักกันในชื่อ อาหารฟังก์ชัน (functional food) โดย พรีไบโอติก (prebiotic) จัดอยู่ในกลุ่มของอาหารฟังก์ชั่นชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อบริโภคแล้วไม่ถูกย่อยสลาย และไม่ถูกดูดซึมในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก แต่จะถูกหมักให้ย่อยสลายโดยแบคทีเรียโพรไบโอติก (probiotic) ในลำไส้ใหญ่ ก่อให้เกิดสารต่างๆ ที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภค [1] โดยทั่วไปอาหารพรีไบโอติก คือ อาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตบางชนิดโดยเฉพาะโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide)

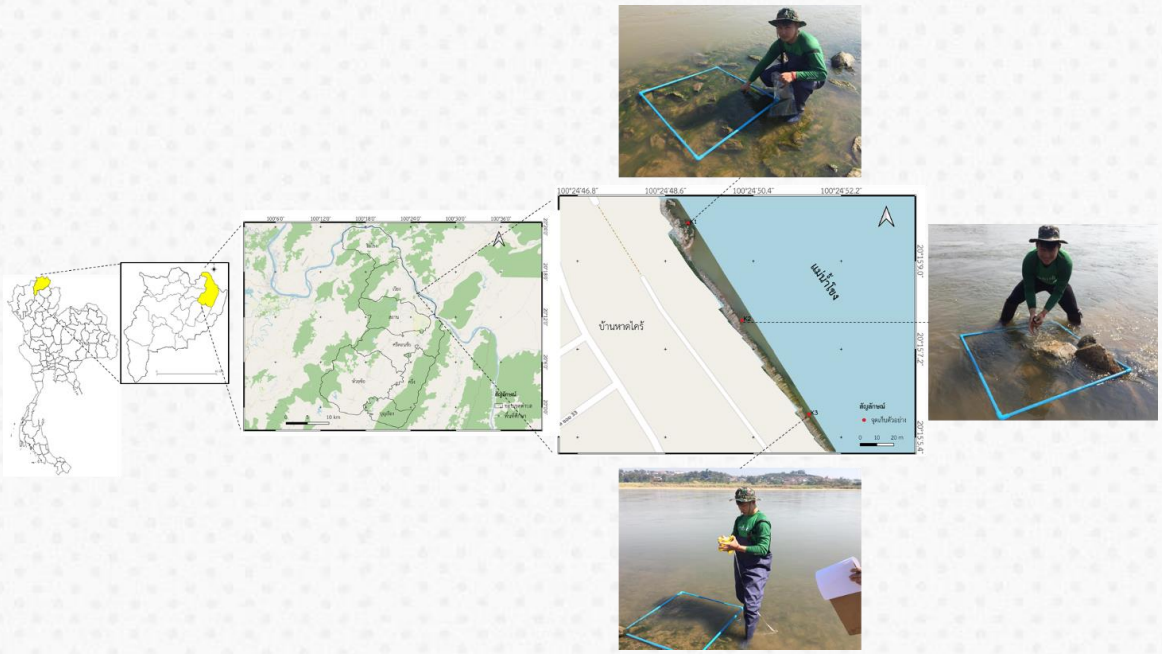
สาหร่ายไก เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นเส้นสายยาวลู่ไปตามสายน้ำ จัดอยู่ในดิวิชัน Chlorophyta สาหร่ายไกเป็นที่รู้จักกันดีในทางภาคเหนือของประเทศไทย [2] โดยเฉพาะชาวบ้านแถบแม่น้ำน่าน จังหวัดน่าน และชาวบ้านแถบแม่น้ำโขง จังหวัดเชียงราย โดยมีการนำสาหร่ายจากสองบริเวณมาแปรรูปเพื่อเป็นอาหารของมนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สาหร่ายไกแผ่นอบปรุงรส ผลิตภัณฑ์ไกยี นอกจากนี้ยังมีการนำสาหร่ายไกสดและไกแห้งไปเป็นส่วนประกอบของอาหารและยา โดยมีการรายงานว่าสารสกัดน้ำของสาหร่ายไก (*Cladophora glomerata*) มีเปอร์เซ็นตการยับยั้งเชื้อไวรัสสาเหตุของโรคเริมชนิดที่ 2 (Herpes simplex virus: HSV-2) เท่ากับ 97.2 [3] และมีรายงานว่าสาหร่ายไกน้ำจืด (*Cladophora glomerata*) มีสารสำคัญในกลุ่มของโพลีฟีนอลสูง (Polyphenols) ซึ่งสาร โพลีฟีนอลมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพคือ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบได้ดี ดังนั้นสาหร่ายไกจึงเป็นสาหร่ายที่มีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางได้ [4] นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสาหร่ายไกในปริมาณสูง (31%) เมื่อเทียบกับสารอาหารชนิดอื่น ๆ จากคุณสมบัติดังกล่าว จึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาถึงคาร์โบไฮเดรตในสาหร่ายไก โดยเฉพาะพอลิแซ็กคาไรด์เพื่อหาศักยภาพในการเป็นพรีไบโอติก [5] จังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีแม่น้ำโขงไหลผ่าน อำเภอเชียงแสน อำเภอเชียงของ และอำเภอเวียงแก่น รวมระยะทาง 84 กิโลเมตร ซึ่งบริเวณหาดหรือโขดหินที่แม่น้ำโขงไหลผ่านมักมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายไกทุกปี เช่น บ้านหาดไคร้ อำเภอเชียงของ และบ้านแจมป๋อง อำเภอเวียงแก่น เป็นบริเวณที่มีสาหร่ายไกเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ปีละ 2 ช่วงคือ ช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ (ฤดูหนาว) และช่วงเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนเมษายน (ฤดูร้อน) ทีมผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาชนิดของสาหร่ายไก และศึกษาศักยภาพของสาหร่ายไกในการเป็นพรีไบโอติกเพื่อจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพที่มีมูลค่าสูงต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 เก็บตัวอย่างสาหร่ายไก

ทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายไกบริเวณแม่น้ำโขง บ้านหาดไคร้ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย พิกัดภูมิศาสตร์อยู่ที่ละติจูด 20 องศา 15 ลิปดา 4 ฟิลิปดาเหนือ ถึง ละติจูด 20 องศา 15 ลิปดา 11 ฟิลิปดาเหนือ และ ลองจิจูด 100 องศา 24

ลิปดา 48 ฟิลิปดาตะวันออก ถึง ลองจิจูด 100 องศา 24 ลิปดา 52 ฟิลิปดาตะวันออก (ภาพที่ 1) เก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ทั้งหมด 3 จุด แต่ละจุดห่างกัน 100 เมตร โดยใช้แปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 1 ตารางเมตร และสุ่มเก็บตัวอย่างสาหร่ายไกจากก้อนหิน 10 ก้อน ที่อยู่ในแปลงสุ่มตัวอย่าง [6] และบันทึกข้อมูลทางนิเวศบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างสาหร่ายไกบริเวณแม่น้ำโขง บ้านหาดไคร้ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

2.2 ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของสาหร่ายไก

ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของสาหร่ายไกภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ได้แก่ รูปร่างเซลล์ ขนาดความกว้าง และความยาวของเซลล์ ลักษณะการจัดเรียงตัวของคลอโรพลาสต์ การแตกแขนง จากนั้นทำการบันทึกภาพ

2.3 การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไก (ดัดแปลงจากวิธีของ [7])

สกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไก ด้วยวิธีใช้น้ำร้อน (Hot water extraction)

2.3.1 นำสาหร่ายไกจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างมาล้างทำความสะอาด บีบน้ำออกให้หมาด ๆ แล้วนำไปชั่งบันทึกน้ำหนักสด และนำสาหร่ายไปอบให้แห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสาหร่ายที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งน้ำหนักอ่านค่าและบันทึกผล

2.3.2 ชั่งสาหร่ายไกแห้ง 1 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ทำการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.3.3 กรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วนำส่วนกากที่กรองได้มาทำการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์อีกครั้ง

2.3.4 นำสารละลายที่ได้จากการสกัดทั้งสองครั้งรวมกัน แล้วทำให้เข้มข้นขึ้นโดยเครื่องระเหยแห้ง (Evaporator) ให้เหลือปริมาตรของสารละลาย 1 ใน 4 ส่วนของปริมาตรเดิม

2.3.5 ทำการปั่นเหวี่ยงสารละลายที่เหลือด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4,500 rpm เป็นเวลา 5 นาที เพื่อกำจัดตะกอนของสารปนเปื้อนออก

2.3.6 นำสารละลายส่วนใสมาตกตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยเอทานอล 95% โดยเติมเอทานอลในอัตราส่วนสารละลายต่อเอทานอล 1: 2 โดยปริมาตร แล้วนำไปแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.3.7 เก็บตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์โดยการปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง ปั่นเหวี่ยงความเร็ว 6,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้อบให้แห้งที่ 55 องศาเซลเซียส

2.3.8 นำพอลิแซ็กคาไรด์แห้งมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์แห้ง โดยเทียบจากสาหร่ายเตาแห้ง 1 กรัม

2.4 ศึกษาศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกในการใช้เป็นพรีไบโอติก (ดัดแปลงจากวิธีของ [8])

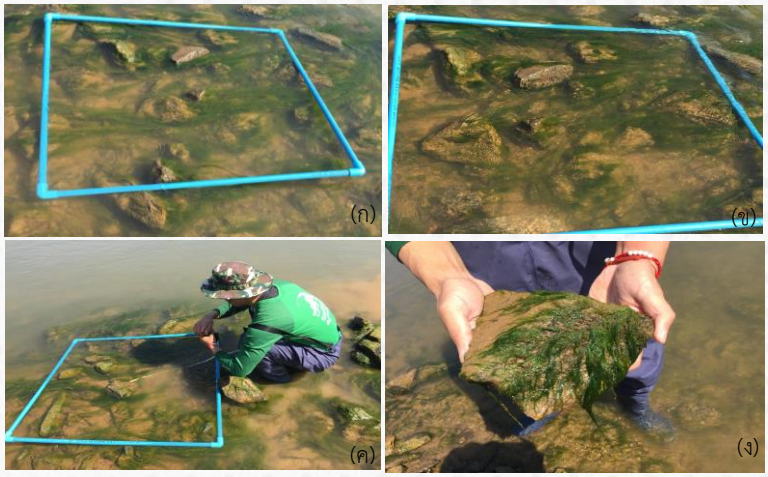
เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ basal medium ที่เติมแหล่งคาร์บอนต่าง ๆ กัน 3 ชนิด ได้แก่

1. Basal medium ที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน
2. Basal medium ที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอน
3. Basal medium ที่มีพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกเป็นแหล่งคาร์บอน

โดยมีปริมาณแหล่งคาร์บอน 1% (w/v) จากนั้นเตรียมเชื้อ *Lactobacillus plantarum* TISTR1465 และ *Escherichia coli* TISTR073 ให้มีความเข้มข้นของเชื้อแต่ละชนิดปริมาณ 10^8 CFU โดยละลายเชื้อใน NaCl 0.85% (w/v) ให้มีความขุ่นใกล้เคียงกับ McFarland No. 0.5 แล้วถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ basal medium ที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ทำการ spread plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และ EMB agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อแต่ละชนิดที่เจริญขึ้นบนจานอาหารแต่ละชนิด โดยจะสามารถสังเกตเห็นเชื้อ *L. plantarum* มีลักษณะโคโลนีสีขาวใสและอาหารจะมีสีเหลืองรอบ ๆ โคโลนีบน MRS agar และจะสังเกตเห็นโคโลนีของเชื้อ *E. coli* มีลักษณะเป็น metallic sheen บนอาหาร EMB agar

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ลักษณะทางนิเวศวิทยาที่พบการกระจายตัวของสาหร่ายไก



ภาพที่ 2 ลักษณะการกระจายตัวของสาหร่ายไก

(ก) สาหร่ายไกบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (ข) สาหร่ายไกบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 2
(ค) สาหร่ายไกบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (ง) สาหร่ายที่ยึดเกาะกับก้อนหิน

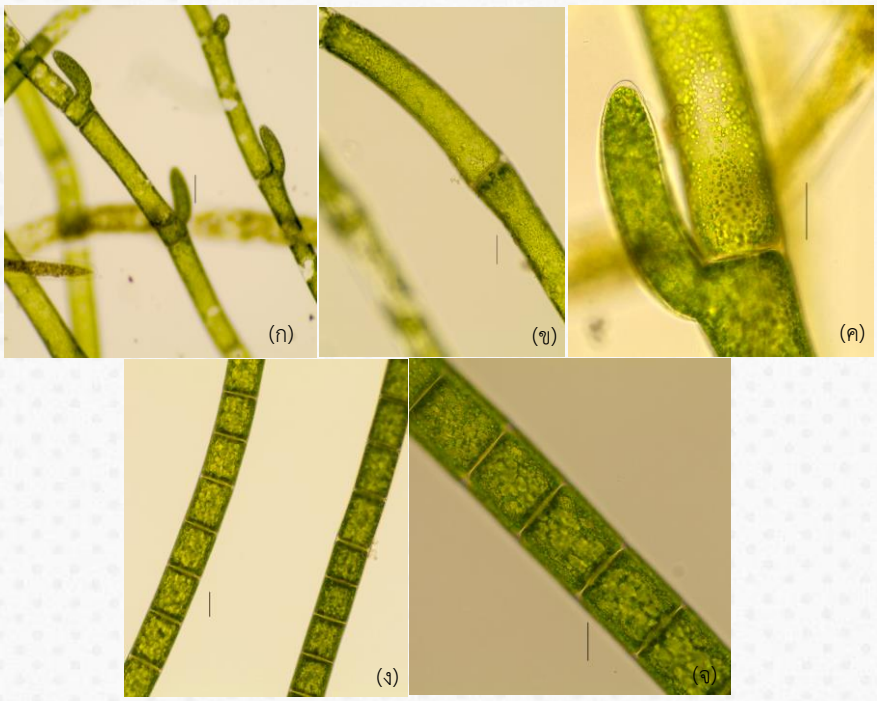
สาหร่ายไกมีการกระจายตัวค่อนข้างหนาแน่นในทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง โดยทัลลัสของสาหร่ายยึดเกาะกับก้อนหิน ส่วนเส้นสายลู่ตามกระแสน้ำ ลักษณะน้ำเป็นน้ำไหลเอื่อย ๆ น้ำใส และค่อนข้างเย็น (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับงานรายงานของ ยุวดี พีรพรพิศาล [2] ที่กล่าวว่าประเทศไทยสามารถพบสาหร่ายไกมากที่สุดใน 2 บริเวณ คือ แม่น้ำโขง บริเวณอำเภอเชียงของ เชียงแสน และเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย และแม่น้ำน่าน จังหวัดน่าน โดยสาหร่ายไกจะเริ่มเติบโตและพบได้ในช่วงปลายฤดูฝนที่น้ำในแหล่งต่าง ๆ เริ่มนิ่งหรือไหลช้า สภาพน้ำเริ่มใส โดยจะเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าน้ำจะแห้งไป แต่โดยทั่วไปจะไม่พบสาหร่ายไกในช่วงน้ำหลากของช่วงต้นฤดูฝน อาจเนื่องจากสภาพน้ำขุ่นมาก น้ำไหลแรง และมีความลึก สภาพดังกล่าวจึงไม่เหมาะสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายไก

ลักษณะสัณฐานวิทยาของสาหร่ายไก

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่ายไกพบสาหร่าย 2 ลักษณะอยู่ร่วมกัน โดยสาหร่ายชนิดแรกที่พบมีลักษณะเซลล์เป็นทรงกระบอกเรียงต่อกันเป็นเส้นสาย โดยความยาวมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า เซลล์สีเขียวสด คลอโรพลาสมีลักษณะเป็นร่างแหกระจายเต็มเซลล์ ทัลลัสมีการแตกแขนง ซึ่งเป็นลักษณะของสาหร่ายไก สกุล *Cladophora* sp. (ภาพที่ 3(ก) – 3(ค))

ส่วนลักษณะชนิดที่สองพบว่าเซลล์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกเรียงต่อกันเป็นเส้นสาย โดยความยาวและความกว้างมีขนาดแตกต่างกันไม่มากนัก ส่วนผนังเซลล์หนาซ้อนกันเป็นรูปตัว H คลอโรพลาสต์มีลักษณะเป็นร่างแหอยู่ที่ขอบเซลล์หรือเป็นแผ่นกระจายเต็มเซลล์ เซลล์สีเขียวสด ทัลลัสไม่มีการแตกแขนง ซึ่งเป็นลักษณะของสาหร่ายไก สกุล *Rhizoclonium* sp. (ภาพที่ 3(ง) – 3(จ)) ซึ่งเดิมทีมีรายงานว่าสาหร่ายไกประกอบด้วย 2 สกุล คือ *Cladophora* และ *Microspora* ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ สกุล *Cladophora* เส้นสายแตกแขนงเป็น 2 ง่าม ในขณะที่ *Microspora* เส้นสายไม่แตกแขนง [9], [10] ต่อมามีรายงานเกี่ยวกับการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาร่วมกับการใช้เทคนิคทางอณูชีววิทยาเพื่อระบุชนิดของสาหร่ายไกในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบสาหร่ายไก 2 ชนิดได้แก่ *Aegagropila linnaei* และ *Cladophora glomerata* (L) โดยพบ *A. linnaei* เฉพาะในน้ำโขงบริเวณสามเหลี่ยมทองคำทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนชนิด *C. glomerata* สามารถพบได้ทั่วไปในทุกบริเวณที่ทำการศึกษา [11] ต่อมามีรายงานในหนังสือสาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทยว่าสาหร่ายไกประกอบด้วย 2 สกุลคือ *Rhizoclonium* sp. และ *Cladophora* sp. ซึ่ง *Rhizoclonium* sp. จะเจริญเติบโตควบคู่กับสาหร่าย *Cladophora* sp. [12] ในปี 2014 มีรายงานว่าสาหร่ายไกประกอบด้วย 3 สกุล ได้แก่ *Rhizoclonium* spp., *Cladophora* spp. และ *Aegagropila* spp. ซึ่งจัดอยู่ใน Division Chlorophyta, Class Chlorophyceae, Order *Cladoporales*, Family *Cladophoraceae* [13]

จากการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกแห้งด้วยน้ำร้อน พบว่าได้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกแห้งคิดเป็น 7.55 % ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้นี้ มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีรายงานไว้ที่ 30.4% ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสกัดด้วยน้ำร้อนสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์เฉพาะในส่วนที่สามารถละลายน้ำได้ออกมาเท่านั้น แต่เนื่องจากสาหร่ายเตายังมีสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอื่นที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ [14] ทำให้ไม่สามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ประเภทที่ไม่ละลายน้ำด้วยวิธีการสกัดนี้ได้ จึงควรมีขั้นตอนการสกัดจากตัวทำละลายอื่นๆ เพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์เพิ่มขึ้นด้วย เช่น นำส่วนกากที่เหลือจากการสกัดด้วยน้ำร้อนแล้วมาสกัดด้วยกรดหรือด่างอีกครั้ง เป็นต้น ดังงานวิจัยของ Ray และ Lahaye [15] ได้ทำการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายทะเลสีเขียว *Ulva rigida* โดยใช้สารละลายในการสกัดหลายชนิด คือ oxalate, KOH 1 M และ 4 M และ sodium chlorite ทำให้ได้พอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ sulfated glucuronorhamnoxylo-glycans (ulvan), hemicellulosic (ประกอบด้วย glucuronans และ glucoxylans) และ sulfated polysaccharides (ประกอบด้วย glucose, xylose, mannose และ protein) [16]



ภาพที่ 3 ลักษณะเซลล์ของสาหร่ายไก

(ก) – (ค) สาหร่ายไกสกุล *Cladophora* (ง) – (จ) สาหร่ายไกสกุล *Rhizoclonium*

ศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกในการใช้เป็นพรีไบโอติก

ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ในสาหร่ายไก

จากการทดสอบความสามารถในการเจริญของเชื้อ *L. plantarum* TISTR1465 และ *E. coli* TISTR073 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ basal medium ที่มีแหล่งคาร์บอน 3 ชนิด พบว่าในอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอนในชั่วโมงที่ 12, 24 และ 36 แบคทีเรีย *L. plantarum* TISTR1465 มีการเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีจำนวนเซลล์มากสุดที่ในชั่วโมงที่ 36 และจำนวนเซลล์ลดลงในชั่วโมงที่ 48 ส่วนเชื้อ *E. coli* TISTR073 มีการเจริญอย่างต่อเนื่องและมีจำนวนเซลล์สูงที่สุดที่ชั่วโมง 24 และจำนวนเซลล์ลดลงในชั่วโมงที่ 36 และ 48 ตามลำดับ

สำหรับในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าในชั่วโมงที่ 12 และ 24 แบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ มีการเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีจำนวนเซลล์มากสุดที่ในชั่วโมงที่ 24 และจำนวนเซลล์ลดลงในชั่วโมงที่ 36 และ 48 ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกเป็นแหล่งคาร์บอนส่งเสริมให้จุลินทรีย์ *L. plantarum* TISTR1465 ได้ดีกว่าในอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอนในทั้งชั่วโมงที่ 0, 12, 24, 36 และ 48 ในขณะที่ เชื้อ *E. coli* TISTR073 ในชั่วโมงที่ 0, 12 สามารถเจริญได้ไม่แตกต่างกันในอาหารที่มีแหล่งคาร์บอน 3 ชนิด ในขณะที่ชั่วโมงที่ 24, 36 และ 48 พบว่าเชื้อ *E. coli* TISTR073 สามารถเจริญได้ดีที่สุดอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไก รองลงมาคือ อาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอน ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแลคติกและแบคทีเรียในลำไส้เนื่องจากพอลิแซ็กคาร์ไรด์ของสาหร่ายไกมีค่า degree of polymerization (DP) เท่ากับ 4.5 ซึ่งค่า DP อยู่ในช่วง 2 – 9 จัดเป็นกลุ่มโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ไม่ถูกย่อยสลาย และไม่ถูกดูดซึมในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก [17] แต่จะถูกหมักให้ย่อยสลายโดยแบคทีเรียโพรไบโอติกในลำไส้ใหญ่ [18] นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยัง สอดคล้องกับงานวิจัยของ

Chadseesuwan *et al*. [5] ที่ทำการศึกษาสารสกัดหยาบจากสาหร่ายน้ำจืด ได้แก่ *Spirogyra* sp. *Cladophora* sp. และสาหร่ายทะเล ได้แก่ *Caulerpa lentillifera* และ *Caulerpa corynephora* ที่ส่งเสริมแบคทีเรียแลคติก ซึ่งพบว่าสารสกัดจากสาหร่ายน้ำจืด *Spirogyra* sp. *Cladophora* sp. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติก (*Lactobacillus plantarum* TISTR862) และแบคทีเรียในลำไส้ (*Escherichia coli* TISTR073) ได้ดีกว่ากว่าสาหร่ายทะเล

ตารางที่ 1 การเจริญของเชื้อ *L. plantarum* TISTR1465 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ basal medium ที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนต่างๆ

แหล่งคาร์บอน	***L. plantarum* (log CFU/mL)**				
	0 ชั่วโมง	**12 ชั่วโมง**	**24 ชั่วโมง**	**36 ชั่วโมง**	**48 ชั่วโมง**
ไม่เติมแหล่งคาร์บอน	4.00±0.21	4.40±0.08	5.57±0.61	6.90±0.15	6.80±0.10
กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน	4.40±0.06	5.18±0.12	7.40±0.50	7.54±0.05	7.24±0.08
พอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกเป็นแหล่งคาร์บอน	4.62±0.07	6.48±0.10	7.70±0.12	7.65±0.21	7.30±0.15

ตารางที่ 2 การเจริญของเชื้อ *E. coli* TISTR073 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ basal medium ที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนต่างๆ

แหล่งคาร์บอน	***E. coli* (log CFU/mL)**				
	0 ชั่วโมง	**12 ชั่วโมง**	**24 ชั่วโมง**	**36 ชั่วโมง**	**48 ชั่วโมง**
ไม่เติมแหล่งคาร์บอน	6.08±0.20	7.48±0.21	7.54±0.06	6.91±0.23	6.11±0.07
กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน	6.81±0.15	7.48±0.10	7.64±0.10	7.26±0.21	6.72±0.08
พอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกเป็นแหล่งคาร์บอน	6.15±0.08	7.48±0.09	7.85±0.08	7.41±0.45	7.25±0.09

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์ในการใช้เป็นพรีไบโอติกของสาหร่ายไก ในแม่น้ำโขงอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งพบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกเป็นแหล่งคาร์บอนส่งเสริมให้แบคทีเรียแลคติก *L. plantarum* TISTR1465 และแบคทีเรียในลำไส้ *E. coli* TISTR073 ได้ดีกว่าในอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมแหล่งคาร์บอน ตามลำดับ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายไกในแม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย สามารถใช้เป็นสารพรีไบโอติกได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สัญญาหมายเลข B165001

6. เอกสารอ้างอิง

[1] J. Cao, Z. Yu, W. Liu, J. Zhao, H. Zhang, Q. Zhai, W. Chen, Probiotic characteristics of Bacillus coagulans and associated implications for human health and diseases. *Journal of Functional Foods*, 64 (2020) 103643. https://doi.org/10.1016/ j.jff.2019.103643.

[2] ยุวดี พีรพรพิศาล. บทความปริทรรศน์: งานวิจัยสาหร่ายน้ำจืดที่กินได้ในภาคเหนือของประเทศไทย. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการ*ประมง. 2(1)(2551)55 - 189.

[3] ยิ่งมณี ตระกูลพัว หฤทัย อันไธยสง เชิญขวัญ พื้นดี และรัชนีวรรณ ศรีหิรัญรัตน์. การยับยั้งเชื้อไวรัสก่อโรคเริมโดยสาหร่ายไก และสาหร่ายเตา : รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2551.

[4] J. Fabrowska, B. Łęska, G. Schroeder. Freshwater *Cladophora glomerata* as a new potential cosmetic raw material. *Science.* 69(8) (2015)645-647.

[5] U. Chadseesuwan, S. Puthong, P. Deetae. Growth promotion of some lactic acid bacteria by crude extract of *Spirogyra* sp., *Cladophora* sp., *Caulerpa lentillifera* and *Caulerpa corynephora*. *Food Research*. *4* (Suppl. 4)(2021)81 – 86.

[6] ปริญญา มูลสิน. ความหลากหลายของไดอะตอมพื้นท้องน้ำและสาหร่ายขนาดใหญ่และคุณภาพน้ำในแม่น้ำโขงส่วนที่ไหนผ่านจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานการวิจัยปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี. 2555.

[7] G. Paradossi, F. Cavalieri, L. Pizzoferrato, A.M. Liquori. A physico-chemical study on the polysaccharide ulvan from hot water extraction of the macroalga *Ulva*. *Biological Macromolecules*. 25(1999)309-315.

[8] M. Intarata. Feasibility of Utilizing Polysaccharides from Moo-Noi (*Cissampelpareira*) Leaves as Prebiotics. Master Thesis, Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai. 2007.

[9] ยุวดี พีรพรพิศาล. สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย. โชตนาพริ้นท์, เชียงใหม่. 2548.

[10] Y. Peerapornpisal, I. Pongsirikul, D. Kanjanapothi. Potential of Freshwater Macroalgae as Food and Medicine. Final report to Thailand Research Fund. Bangkok. 2005.

[11] S. Thiamdao, G. H. Boo, M.S. Boo, Y. Peerapornpisal. Diversity of Edible *Cladophora* (Cladophorales, Chlorophyta) in Northern and Northeastern Thailand, Based on Morphology and Nuclear Ribosomal DNA Sequences. *Chiang Mai Journal of Science*. 39(2) (2012)300-310.

[12] ยุวดี พีรพรพิศาล. สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย. โชตนาพริ้นท์, เชียงใหม่. 2556.

[13] L. Mungmai, S. Jiranusornkul, Y. Peerapornpisal, B. Sirithunyalug, P. Leelapornpisid, Extraction, Characterization and Biological Activities of Extracts from Freshwater Macroalga [*Rhizoclonium hieroglyphicum* (C.Agardh) KÜtzing] Cultivated in Northern Thailand. *Chiang Mai Journal of Science*. 41(1)(2014)14 – 26.

[14] นิธิยา รัตนาปนนท์. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร. 2553.

[15] B. Ray, M. Lahaye. Cell-wall polysaccharides from the marine green alga *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta) Extraction and chemical composition. *Carbohydrate Research*. 274 (1995)251-261

[16] กิตติยา ภิญโญ. ศักยภาพของพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายเตา [*Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing] ในการใช้เป็นพรีไบโอติก. รายงานการวิจัยวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (จุลชีววิทยาประยุกต์). คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2555.

[17] N. Saad, C. Delattre, M. Urdaci, J.M. Schmitter, P. Bressollier An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT - Food Science and Technology*. 50(1) (2013)1-16. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.014.

[18] M.F. de Jesus Raposo, A.M.M.B. de Morais, R.M.S.C. de Morais. Emergent sources of prebiotics: Seaweeds and microalgae. *Marine Drugs*. 14(2)(2016)1-27. https://doi.org/10.3390/md14020027

การสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

Constructing an innovative high kick meter In sepak takraw

ปริยาภัทร สาโถน[1*] สรัญญา เนตรธานนท์[1] และ จิราวัฒน์ ขจรศิลป์[1]

[1]สาขาวิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ (วิทยาเขตชลบุรี)

* Email: Priyapattk.07@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ 2) เพื่อทดลองใช้นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยวิธีการหาดัชนีความสอดคล้องของ Rovinelli และ Hambleton จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และหาความเชื่อมั่นด้วยวิธีการทดสอบซ้ำโดยเว้นระยะเวลาของการทดสอบห่างกัน 1 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความเชื่อมั่น เป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อหญิง โรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน ได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง หาค่าความเป็นปรนัยของเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้ผู้ดำเนินการทดสอบจำนวน 2 คน มาดำเนินการทดสอบคนละครั้ง และให้นักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี จำนวน 70 คน ทดสอบการเตะสูงจากนวัตกรรม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาเท่ากับ 0.94 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในระดับดีมาก มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในระดับดีมาก และมีค่าความเป็นปรนัยเท่ากับ 1.00 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในระดับดีมากเช่นกัน สามารถสรุปได้ว่า นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีมีคุณสมบัติที่จะสามารถใช้วัดการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อได้

คำสำคัญ: นวัตกรรม, เครื่องวัดการเตะสูง, นักกีฬาเซปักตะกร้อ, กีฬาตะกร้อ

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop innovative high kick meter in sepak takraw sports, 2) to test the innovative high kick meter in sepak takraw. Content validity was determined by Rovinelli and Hambleton's consistent index method from 5 experts. The reliability was determined by a repeat test, with a period of 1 week apart. The sample was asked to evaluate the reliability and consisted of 40 female Sepak Takraw athletes at Chonburi Sports School in the academic year 2020. The sample was selected based on a purposive sampling. The instrument with objective items was developed by the researcher. Each of two testers was asked to participate to conduct each test. The mean and standard deviation of the high kick of 70Sepak Takraw athletes at Chonburi Sports School were analyzed by mean ($\bar{X}$), standard deviation (S.D.) and Pearson correlation coefficient. The results of this research indicated

that the content validity of the developed innovative high kick meter in sepak takraw sports was 0.94, which was at a very good level with a reliability (correlation coefficient) of 0.96, indicating a very good level of correlation, and a statistically significant correlation level of .05. Objectivity was 1.00, which was at a very good level of correlation. The results of this research could be summarized that the developed innovative high kick meter could be practically used to measure the high kick of Sepak Takraw athletes.

Keywords: Innovative, high kick meter, Sepak takraw athletes, Takraw Sports

1. บทนำ

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ได้ให้ความสำคัญของการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิจัย และนวัตกรรมของประเทศไทย จำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องปรับรูปแบบการดำเนินงานให้มุ่งเน้นความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนในการลงทุน เพื่อการวิจัย และพัฒนาโดยกำหนดประเด็นวิจัยของชาติที่ตอบโจทย์การยกระดับศักยภาพการผลิตของภาคเกษตร อุตสาหกรรม และบริการที่เป็นฐานเดิม และการต่อยอดขยายฐานใหม่ด้วยการพัฒนานวัตกรรม รวมถึงการพัฒนานวัตกรรมที่ยกระดับคุณภาพสังคมและการดำรงชีวิตของประชาชน การส่งเสริมการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และทักษะสูง การพัฒนาหน่วยงานทดสอบและรับรองมาตรฐาน ในระดับสากล การดำเนินมาตรการเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิจัย และนวัตกรรมทั้งในด้านโครงสร้างพื้นฐานที่ทันสมัย ระบบแรงจูงใจและระบบสนับสนุนการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ กฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่ออำนวยความสะดวกการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและการรับเทคโนโลยีจากต่างประเทศ รวมทั้งมีระบบบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญาที่มีประสิทธิภาพขึ้นมารองรับเพื่อให้ประเทศไทยไม่อยู่ใน สถานะเป็นเพียงแค่ผู้ซื้อและผู้รับถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ แต่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีได้ด้วยตนเองในอนาคต (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2559) ที่สัมพันธ์กับแผนพัฒนาการกีฬาแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2560-2564) ได้กำหนดประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกีฬาเป็นยุทธศาสตร์ที่มุ่งเน้นด้านการสร้างและการพัฒนาสุขภาพของประชาชนและสมรรถภาพของนักกีฬาทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ โดยจัดให้มีโครงสร้างพื้นฐานที่มีมาตรฐานและเพียงพอต่อความต้องการ พร้อมทั้งส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกีฬาและสร้างความตระหนักและการนำองค์ความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับประชาชนและนักกีฬาทุกกลุ่ม (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2559)

ปัจจุบันกีฬาตะกร้อเป็นอีกหนึ่งชนิดกีฬาที่รู้จักและได้รับความสนใจเป็นอย่างแพร่หลาย ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นกีฬาที่สร้างชื่อเสียงให้กับประเทศไทย จากกระแสนิยมดังกล่าวส่งผลให้มีการจัดการแข่งขันทั้งในประเทศ เช่น เช่น ตะกร้อชิงถ้วยพระราชทาน พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 10 และชิงถ้วยพระราชทานสมเด็จพระเทพรัตน-ราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (สมาคมตะกร้อแห่งประเทศไทย) ตลอดจนเป็นกีฬามวลชนที่มีการแข่งขัน ในประเทศไทย เช่น กีฬาแห่งชาติ กีฬาเยาวชนแห่งชาติ กีฬานักเรียนนักศึกษา กีฬาโรงเรียนกีฬา กีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย ส่วนรายการแข่งขันระดับนานาชาติ อาทิเช่น ซีเกมส์ครองแชมป์ได้ 15 สมัย เอเชียนเกมส์ ครองแชมป์ได้ 6 สมัย และชิงแชมป์โลก ครองแชมป์ได้ 32 สมัย (สมาคมตะกร้อแห่งประเทศไทย) ซึ่งประเทศไทยประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก จึงทำให้ประเทศไทยเป็นที่ยอมรับของนานาชาติ

กีฬาเซปักตะกร้อมีการจัดการแข่งขันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ 1) ตะกร้อลีลาประกอบด้วย ตะกร้อลอดห่วงสากล ลอดห่วงไทย ตะกร้อชินลง และ 2) ตะกร้อข้ามตาข่าย ประกอบด้วย ตะกร้อประเภททีมเดี่ยว ประเภททีมชุด ประเภทตะกร้อคู่ ประเภทตะกร้อ 4 คน และประเภทตะกร้อชายหาด ที่มีการแข่งขันในระดับชาติและนานาชาติ ในเกมการเล่นและการแข่งขันกีฬาเซปักตะกร้อ ประเภททีมเดี่ยวและทีมชุดนั้น จะประกอบด้วยผู้เล่นข้างละ 3 คน คือ ผู้เล่นตำแหน่งหลัง (Back) ยืนใกล้

เส้นหลังสุด ตำแหน่งหน้าขวา (Right Inside) ยืนอยู่ด้านขวามือของผู้เล่นตำแหน่งหลัง และตำแหน่งหน้าซ้าย (Left Inside) ยืนอยู่ด้าน ซ้ายมือของผู้เล่นตำแหน่งหลังซึ่งแต่ละคนมีหน้าที่ในการเล่นแตกต่างกันไป การเล่นเซปักตะกร้อจะ เริ่มจากการโยนลูกโดยหน้าซ้ายหรือหน้าขวาตามความถนัดของตำแหน่งหลัง (ผู้เสิร์ฟ) เสิร์ฟลูกข้ามไป ฝั่งตรงข้าม ตามจุดต่าง ๆ ฝั่งตรงข้ามรับลูกเสิร์ฟ พร้อมทั้งตั้งหรือชงลูกเข้าหาตัวฟาดเพื่อทาการรุกกลับ (สุพจน์ ปราณี, 2551) การรุก เป็นการเล่นตะกร้อ ครั้ง 1, 2 หรือ 3 ก็ได้หากมีโอกาสหรือสร้างโอกาสได้เองหรือแล้วแต่สถานการณ์ของเกมการเล่นด้วยการรุกในท่าต่าง ๆ ที่ตนเองถนัดส่วนมากจะมีท่าการรุกที่ถนัดเป็นหลักในการรุกอยู่แล้วส่วนท่ารุกอย่างอื่นจะเป็นท่ารุก สำรอง แล้วแต่โอกาสที่จะนำออกมาใช้ เช่น การรุกโดยการกระโดดลอยตัวกลางอากาศ การกระโดดสลับเท้าด้านหลัง การกระโดดใช้ศีรษะกดลูกตะกร้อลง การกระโดดเหยียบด้วยฝ่าเท้า การกระโดดปาดด้านข้างด้วยฝ่าเท้า เป็นต้น (สุพจน์ ปราณี, 2550) โดยการเตะในท่าตีลังกา (การฟาด) โดยมีรูปแบบการเตะสูงอยู่ 3 รูปแบบ 1) เตะครึ่งรอบ เริ่มจากหันหลังชิดตาข่าย ใช้ขาข้างไม่ถนัด (ไม่ได้ใช้เตะลูก) ยกขึ้นสูงให้สุดเท่าที่จะทำได้ โดยจังหวะที่ขาข้างไม่ถนัดตกลงมาให้เหวี่ยงขาข้างที่จะใช้เตะลูกสวนทางขึ้นไปเพื่อเตะลูกในช่วงเริ่มต้นฝึก และเมื่อมีความชำนาญ มากขึ้น ให้พัฒนาเป็นการเหวี่ยงทั้งตัวและบิดเอวช่วยเพื่อเพิ่มความหนักหน่วงในการเตะ 2) เตะซันแบ็ค หันหลังชิดตาข่าย กระโดดพร้อมกับเตะขาข้างที่ไม่ถนัดขึ้นให้สูงที่สุดเพื่อทาให้ตัวลอยขึ้นจากพื้น หลังจากนั้นให้เหวี่ยงขาที่จะใช้ฟาดลูกสลับขึ้นมาตรง ๆ ตัวเพื่อเตะลูก และใช้ต้นขาเพื่อบังคับทิศทางว่าจะไปในทิศทางใด 3) เตะครบรอบ หากต้องอธิบายเป็นตัวหนังสือคงไม่เพียงพอสาหรับการฝึกขึ้นฟาด แต่หากคุณสามารถเตะครึ่งรอบได้แล้ว ก็สามารถต่อยอดได้ง่ายขึ้น โดยฝึกการกระโดดด้วยขาข้างไม่ถนัดแล้วใช้ขาถนัดเหวี่ยงข้ามเพื่อฟาดลูก โดยเริ่มจากกระโดดไม่ต้องสูงมาก แล้วพัฒนาขึ้นไปเรื่อย ๆ สามารถเริ่มจากการแขวนลูกตะกร้อ แล้วปรับระดับสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ หากมีพื้นนุ่ม ๆ หรือสนามหญ้า ก็ถือเป็นเรื่องดีที่จะช่วยให้เจ็บตัวน้อยลง (คู่มือผู้ฝึกสอนเซปักตะกร้อ B-LICENSE)

ในเชิงของการรุกนั้น นอกจากผู้เล่นในตำแหน่งรุกจะต้องพบกับความกดดันความวิตกกังวลหรือความไม่มั่นใจในตัวเองในการแก้ปัญหาที่กาลังจะเกิดขึ้นในขณะกาลังแข่งขัน การสกัดกั้นก็คือตัวปัญหาหรืออุปสรรคของการรุก (สุพจน์ ปราณี, 2550) ท่ากระโดดม้วนตัวเตะกลางอากาศหรือลูกฟาดมักนิยมใช้เป็นท่าหลักในการรุก เพราะมีความรุนแรงและรวดเร็วของลูกตะกร้อสาหรับลักษณะท่าทาง การฟาด ในการกระโดดเตะและการลงสู่พื้นนั้นอาจจะแตกต่างกันไป บางคนอาจกระโดดม้วนตัวเตะคล้ายตีหลังกา บางคนอาจจะกระโดดหันข้างคว่าตัวเตะ บางคนกระโดดขึ้นกลางอากาศแล้วคว่าตัวเตะแล้วแต่ผู้ฝึกหัดจะถนัดอย่างไร (วิชัย คำทอง; และ ชยกร พาลสิงห์, 2555) ท่ากระโดดม้วนตัวเตะกลางอากาศหรือลูกฟาดตะกร้อเหนือตายข่าย จะใช้เท้าหรือขาข้างที่ไม่ถนัดเป็นขาหลัก ที่ใช้ในการเหวี่ยงลอยตัวเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหว ให้เป็นไปตามทิศทางของลูกตะกร้อ และใช้เท้าข้างที่ถนัดเป็นเท้าหลักที่ใช้ในการกระโดดลอยตัวขึ้นพร้อมกับเหวี่ยงขาด้วยความเร็วให้หลังเท้าเตะลูกตะกร้อในจุดที่สูงที่สุด การกระโดดเตะสูงจะสามารถเตะท่วมการสกัดกั้นของคู่ต่อสู้ได้และสามารถเลือกมุมเตะลูกที่จะลงในสนามได้ดีมีโอกาสที่จะเป็นแต้มมีสูงเพราะถ้ากระโดดต่ำโอกาสที่จะเตะโดนฝั่งตรงข้ามที่สกัดกั้นมีสูงถ้าเตะโดนการสกัดกั้นบ่อยก็จะทาให้คนที่เตะมีสภาพจิตใจเริ่มไม่ดีจะเริ่มระแวงว่าจะโดนคู่ต่อสู้สกัดกั้นได้อีก นอกจากนี้แล้ว (อำนวย จันทมนตรี, 2563) ได้กล่าวไว้ว่าควรเลือกที่จะใช้เท้ากระโดดเตะ (จุดที่เท้าสัมผัสกับลูกตะกร้อกลางอากาศ) ในจุดที่สูง เพื่อหลีกเลี่ยงการสกัดกั้น สอดคล้องกับ (สุพจน์ ปราณี, 2550) ประโยชน์ในการเตะลูกสูงสามารถเตะข้ามการสกัดกั้นของฝั่งตรงข้ามได้และคู่ต่อสู้อ่านทางตะกร้อในการเตะยากขึ้น มุมที่ขึ้นไปเตะในการบิดลำตัวหรือแทรกลาตัวของการเตะไปยังทิศทางต่าง ๆ จะได้เปรียบ เพราะการรุกมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการทาคะแนนของฝ่ายรับ ในปัจจุบันเกมการแข่งขันจะต้องเปลี่ยน รับ-ส่ง ทีมละ 3 คะแนน ดังนั้นผู้เล่นตำแหน่งตัวเตะจะต้องมีขีดความสามารถในการรุกสูง เพราะโอกาสที่จะผิดพลาดหรือฆ่าตัวตายมีสูงมาก โดยเฉพาะการเตะที่ขาดความรุนแรง ขาดความแม่นยา การเตะติดตาข่ายหรือการสกัดกั้น (Block) บางคะแนนต้องขึ้นเตะ 2-3 ครั้งถ้าการสกัดกั้นนั้นเป็นผล ซึ่งความผิดพลาดในการรุกแต่ละครั้งหมายถึงคะแนนที่จะต้องเสียไปให้กับฝ่ายตรงข้าม (สถาบันพัฒนากีฬาตะกร้อนานาชาติ, 2548) ปัจจุบันผู้เล่นตำแหน่งตัวเตะในกีฬาตะกร้อและผู้ฝึกสอนไม่สามารถทราบความสูงของจุดเตะตะกร้อในขณะฝึกซ้อมได้และยังไม่มีอุปกรณ์ที่จะวัดการเตะสูงทำให้การตอบสนองต่อพัฒนาการในการฝึกซ้อมการเตะสูงของนักกีฬา

ยังไม่เพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของอุปกรณ์เครื่องมืออำนวยความสะดวกและส่งเสริมการพัฒนาทักษะการเตะสูงของนักกีฬายังมีน้อย ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงสามารถเพิ่มประสิทธิในการรุกหรือการเตะหน้าตาข่ายของนักกีฬาเซปักตะกร้อและจะนำไปสู่พัฒนานักกีฬาในระดับสูงขึ้น

จากหลักการเหตุผลดังกล่าวในฐานะผู้วิจัยเป็นนักกีฬาตะกร้อหญิงและผู้ฝึกสอน ได้เห็นว่าองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการเตะเพื่อเพิ่มประสิทธิในการรุกหรือการเตะหน้าตาข่ายนั้น คือ การกระโดดเตะที่จุดสูงสุด เพื่อหลบหลีกการสกัดกั้นของฝั่งตรงข้ามได้และคู่ต่อสู้อ่านทางตะกร้อ ในการเตะยากขึ้น มีมุมที่ขึ้นไปเตะหรือแทรกลาตัวของการเตะไปยังทิศทางต่าง ๆจะได้เปรียบ ถ้าหากนำนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูง มาใช้เป็นเครื่องมือสาหรับการวัดการกระโดดเตะจุดสูงสุดก่อนการฝึกซ้อม เพื่อให้ผู้ฝึกซ้อมและผู้ฝึกสอนได้ทราบจุดเตะสูงสุดของนักกีฬาก่อนฝึกซ้อมก็จะทำให้ผู้ฝึกซ้อมและผู้ฝึกสอนนำผลที่ได้ไปฝึกซ้อมและพัฒนาการกระโดดเตะตะกร้อกลางอากาศในจุดที่สูงและพัฒนาเทคนิคในการฝึกซ้อมให้ประสบความสำเร็จได้ง่ายและรวดเร็วอีกทั้งยังเป็นการสร้างแรงจูงใจให้กับ ผู้เล่นกีฬาเซปักตะกร้อเป็นอย่างดี ดังนั้นในฐานะผู้วิจัย จึงมีความสนใจและเห็นความสำคัญที่จะสร้างและพัฒนานวัตกรรมการวัดความสูงของการเตะตะกร้อเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อนักกีฬาและผู้นำไปใช้ เพื่อพัฒนาต่อยอดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ
2. เพื่อทดลองใช้นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ เพื่อใช้ทดสอบและพัฒนาความสามารถในการเตะสูง การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี ปีการศึกษาที่ 2563 จำนวน 70 คน

กลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือเป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อหญิงของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี ปีการศึกษาที่ 2563 จำนวน 40 คน ได้มาโดยเลือกแบบเจาะจง (Purposively Selected)

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาผลการใช้เครื่องมือเป็นนักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี 70 คน วัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ขั้นตอนการสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อโดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาและค้นคว้าหนังสือ ตำรา ผลงานทางวิชาการและรายงานการวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องวัดในกีฬาชนิดต่าง ๆ รวมทั้งการสอบถามจากที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญ และผู้มีประสบการณ์เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างนวัตกรรมเครื่องมือวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

ขั้นที่ 2 ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงแล้วนำไปปรึกษาคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และทำการเขียนแบบ เพื่อทำการสร้างต่อไป

ขั้นที่ 3 สร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงและนำนวัตกรรมเครื่องวัดที่สร้างขึ้นไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบกลไกการทำงานของนวัตกรรมเครื่องมือวัดการเตะสูง โดยเลือกวัสดุที่แข็งแรง และทำให้มีความเหมาะสมในด้านความ

เที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย และความปลอดภัยสำหรับการทดสอบในผู้ทดสอบ โดยผู้วิจัยสามารถอธิบายวิธีการสร้างนวัตกรรมเครื่องมือวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

ขั้นที่ 4 นำนวัตกรรมเครื่องวัดที่สร้างขึ้นไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบกลไกการทำงานของนวัตกรรมเครื่องมือวัดการเตะสูง

ขั้นที่ 5 นำนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และนำข้อบกพร่องจากการพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษาไปปรับปรุงแก้ไข (กรณีนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูง ไม่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จำนำนวัตกรรมดังกล่าวไปปรับปรุงใหม่ ภายใต้คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

ขั้นที่ 6 นำนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่แก้ไขปรับปรุงแร้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ตรวจสอบหาความความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

ขั้นที่ 7 นำนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงไปหาความเชื่อมั่น (reliability) โดยวิธีการทดสอบซ้ำ (Test- retest method) โดยนำเครื่องชุดเดียวไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกันสองครั้ง โดยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ห่างกันประมาณ 1 สัปดาห์ วิธีการในการหาค่าสถิติของการทดสอบซ้ำจะใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ เพียร์สัน (Pearson Correlation Product Moment)

ขั้นที่ 8 หาค่าความเป็นปรนัย (Objectivity) ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้ผู้ดำเนินการทดสอบ (tester) 2 คนมาดำเนินการทดสอบคนละครั้ง และนำคะแนนทดสอบที่ได้จากผู้ดำเนินการทดสอบทั้ง 2 คน มาหาค่าความเป็นปรนัยโดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยวิธี (Pearson Product-Moment Correlation) และนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดสอบของผู้ทดสอบทั้งสองคน มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการประเมินผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของ (Kirkendall et al. 1987)

ขั้นที่ 9 รวบรวมข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการตรวจการประเมินความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่นและความเป็นปรนัย ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

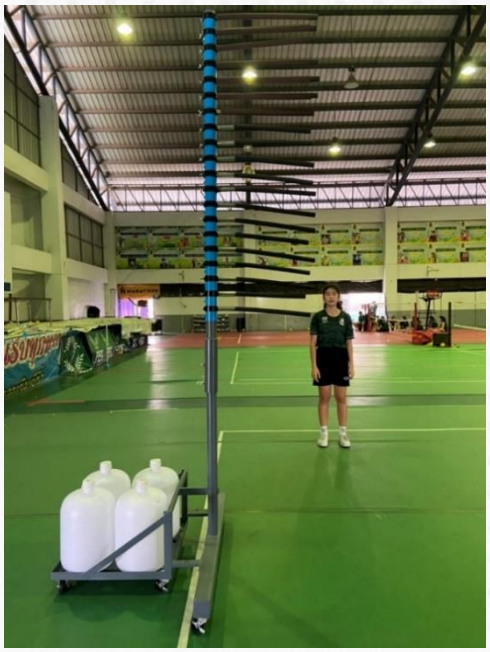
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ขั้นตอนการทดสอบ

โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ติดตั้งนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นที่สนามตะกร้อ และทดสอบตามขั้นตอนดังต่อไปนี้
2. ซักซ้อมทำความเข้าใจกับผู้เข้ารับทดสอบในการวิจัยเกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติรายละเอียดต่าง ๆ ในการทดสอบ
3. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบอบอุ่นร่างกายก่อนการทดสอบ
4. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนห่างจากจุดเตะในระยะ 2 เมตร เพื่อหาจังหวะในการกระโดดเตะ
5. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบทดลองเตะ 3 ครั้ง โดยการกระโดดวอร์มเตะ
6. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบ จำนวน 40 คน
7. ทำการทดสอบ 2 ครั้ง บันทึกผลคะแนนครั้งที่ทำได้ดีที่สุดในแบบบันทึก
8. หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ ปฏิบัติเช่นเดียวกันนี้ซ้ำอีกครั้งโดยใช้ขั้นตอนเช่นเดียวกันกับการทดสอบครั้งแรก แล้วบันทึกข้อมูลไว้
9. นำข้อมูลที่ได้ทั้ง 2 ครั้งมาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วัดความเชื่อมั่นด้วยวิธี Pearson Product-Moment Correlation ของคะแนนการกระโดดเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อหญิง
10. ศึกษาผลการใช้เครื่องมือโดยให้นักกีฬาเซปักตะกร้อโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรีทำการทดสอบการเตะสูงของของเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ จำนวน 70 คน



ภาพที่ 1 ผู้ทดสอบยืนห่างจากจุดเตะในระยะ 2 เมตร



ภาพที่ 2 ผู้ทดสอบกระโดดเตะสูง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมด้วยตนเอง โดยขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดของการทดสอบการเตะสูง เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนต่างๆ ในการปฏิบัติในการเก็บข้อมูล

2. ติดต่อขอหนังสือจาก มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตชลบุรี เพื่อขอหนังสือกลับไปขอความร่วมมือในการทำวิจัยต่อบุคคลที่เกี่ยวข้อง

3. นำนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

4. จัดเตรียมสถานที่และอุปกรณ์ในการทำการทดสอบและเก็บข้อมูล

5. นัดหมายวันและเวลาในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้ฝึกสอนกีฬาตะกร้อและนักกีฬาตะกร้อที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

6. นำนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงไปหาความเชื่อมั่น (reliability) โดยวิธีการทดสอบซ้ำ (test-retest) ในระยะห่าง 1 สัปดาห์ กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาเซปักตะกร้อหญิงโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 ได้มาโดยเลือกแบบเจาะจง (Purposively Selected) โดยมีขั้นตอนในการทดสอบ

7. หาค่าความเป็นปรนัย โดยใช้ผู้ดำ เนินการทดสอบ (tester) 2 คน มาดำเนินการทดสอบคนละครั้ง นำคะแนนที่ได้จากการผู้ดำเนินการทดสอบทั้ง 2 คน มาหาค่าความเป็นปรนัย

8. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี จำนวน 70 คน

9. รวบรวมข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการตรวจการประเมินความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่นและความเป็นปรนัย ของนวัตกรรมเครื่องมือวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลไปคำนวณ และวิเคราะห์โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. หาค่าความความความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบพิจารณานวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้สูตรแล้วนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์

2. หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของ ผลการทดสอบครั้งที่ 1 และผลการทดสอบครั้งที่ 2 และผู้ทดสอบคนที่ 1 และผู้ทดสอบคนที่ 2

3. หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) ใช้วิธีการทดสอบซ้ำ (Test – retest method) โดยนำ ข้อมูลที่ได้ คือ นำนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงไปทดสอบกับกลุ่มทดลองเดียวกัน 2 ครั้ง โดยวิธีการในทดสอบซ้ำโดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการประเมินผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ (Kirkendall et al. 1987)

4. ความเป็นปรนัยโดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยวิธี (Pearson product-moment correlation coefficient)

5. หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงมาตรฐาน (S.D.) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ในการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในการดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ นี้ผู้วิจัยได้แบ่งการการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาคุณภาพนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

ผลการวิจัยที่ 1.1 ศึกษาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ผลปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมีความคิดเห็นแตกต่างกันไป แต่พอสรุปได้ว่านวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีคุณสมบัติที่สามารถใช้วัดได้ตามเป้าหมายที่ต้องการจะวัดและมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงค่าดัชนีสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ

รายการขอความคิดเห็น	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	IOC
1. มีความปลอดภัยในการใช้งาน	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.80
2. เหมาะกับการวัดการเตะสูง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. พกพาสะดวก เก็บง่าย ใช้ง่าย	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.80
4. ได้มาตรฐาน แข็งแรง ทนทาน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5. เป็นเครื่องมือทันสมัย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6. การทำงานของเครื่องมือ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7. ความเหมาะสมของการออกแบบ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

จากตารางที่ 1 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายละเอียดของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อกับวัตถุประสงค์ โดยการพิจารณาตรวจสอบและให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีค่าดังนี้ คือ ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นคือ ด้านเหมาะกับการวัดการเตะสูง ด้านได้มาตรฐาน แข็งแรง ทนทาน ด้านเป็นเครื่องมือทันสมัย ด้านการทำงานของเครื่องมือ ด้านความเหมาะสมของการออกแบบ มีเท่ากับ 1.00 และมีค่าเท่ากับ 0.80 ในด้านมีความปลอดภัยในการใช้งาน และด้านพกพาสะดวก เก็บง่าย ใช้ง่าย โดยมีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.94

ผลการวิจัยที่ 1.2 หาความเชื่อถือได้ (reliability) ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 40 คน โดยการทดสอบซ้ำ (test-retest) ในระยะเวลาห่างกัน 1 สัปดาห์ เสนอในรูปตารางและความเรียง ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเชื่อมั่นของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ในการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

รายการทดสอบ	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ค่าความเชื่อมั่น (r)	เกณฑ์
นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น	175.50	177.50	0.964*	ดีมาก

*P < .05

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเชื่อถือได้ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ เมื่อนำผลรวมการทดสอบของการวัดการเตะสูง โดยให้ผู้ทดสอบกระโดดเตะสูง 2 ครั้ง เอาครั้งที่ดีที่สุด พบว่ามีความเชื่อถือได้เท่ากับ (r =0.964) อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ผลการวิจัยที่ 1.3 หาค่าความเป็นปรนัย (objectivity) ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้ผู้ดำเนินการทดสอบ (tester) 2 คน มาดำเนินการทดสอบคนละครั้ง และนำคะแนนที่ได้จากการผู้ดำเนินการทดสอบทั้ง 2 คน มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียรสัน (Pearson product-moment correlation coefficient) นำผลมาเปรียบเทียบกัน

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ด้วยนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อของผู้ดำเนินการทดสอบ (tester) 2 ท่าน มาดำเนินการทดสอบคนละครั้ง ผู้วิจัยนำเสนอในรูปตารางและความเรียง ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลรวมการทดสอบของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อในการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2	ค่าความเป็นปรนัย	เกณฑ์
นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น	175.50	175.50	1.000*	ดีมาก

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเป็นปรนัยของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาตะกร้อ เมื่อนำผลรวมการทดสอบของอาจารย์ทั้ง 2 ท่าน มาดำเนินการทดสอบคนละครั้ง โดยการวัดการเตะสูง แล้วนำ มาวิเคราะห์หาค่าสถิติ พบว่า มีความเป็นปรนัย เท่ากับ 1.000 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

ตารางที่ 4 แสดงมาตรฐานการประมินผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น และความเป็นปรนัย

สัมประสิทธิ์	ความเที่ยงตรง	ความเชื่อมั่น	ความเป็นปรนัย
ดีมาก	0.80-1.00	0.90-1.00	0.95-1.00
ดี	0.70-0.79	0.80-0.89	0.85-0.94
ปานกลาง	0.60-0.79	0.50-0.69	0.70-0.84
ต่ำ	0.00-0.59	0.00-0.49	0.00-0.69

ที่มา: Kirkendall et al. (1987)

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

ผลการวิจัยที่ 2.1 หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อของโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี จำนวน 70 คน

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ของนักกีฬาเซปักตะกร้อที่เข้ารับการทดสอบ

รายละเอียด	$\bar{x}$	S.D.
อายุ	15.38	1.67
น้ำหนัก	53.71	5.20
ส่วนสูง	159.60	5.04

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง มีค่าเท่ากับ 15.38 53.71 และ 159.60 ตามลำดับ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของออายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เท่ากับ 1.67 5.20 และ 5.04 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลการทดสอบการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อ วัดโดยนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูง เพื่อวัดการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

รายละเอียด	$\bar{x}$	S.D.
การทดสอบการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อ	182.71	14.08

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 182.71 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 14.08

อภิปรายผลการวิจัย

1. เพื่อสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

จากการพัฒนานวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาตะกร้อพบว่า มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ เพราผู้วิจัยได้ศึกษาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการพิจารณาตรวจสอบและให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน การพิจารณาและตัดสินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency – IOC) ของการเตะสูง โดยมีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.94 ซึ่งสอดคล้องกับ (สุรีพร อนุศาสนนันท์, 2554) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ .50 -1.00 เก็บไว้ใช้ได้ และข้อสอบที่มีค่า IOC ต่ำกว่า .50 ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง และสอดคล้องกับ Hermawan (2019) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องลำเลียงลูก (DBH 2MCS) เพื่ออำนวยความสะดวกในการฝึกซ้อมการบริการนักกีฬาระดับเริ่มต้นในเซปักตะกร้อ ใน SUMEDANG REGENCY การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินในด้านวัสดุผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนเครื่อง "ดีมาก" ด้วยคะแนน 84 การประเมินโดยผู้ฝึกสอนเครื่องมือนี้ได้รับการพิจารณาว่า "ดีมาก" ด้วยคะแนน 87 การประเมินในด้านเครื่องจักรผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนว่า "ดีมาก" ด้วยคะแนน 89 ข้อสรุปของการศึกษานี้คือ เครื่องเซปักตะกร้อ (DBS 2MCS) สามารถใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการฝึกซ้อมการบริการนักกีฬาสำหรับผู้เริ่มต้นได้

การตรวจประเมินความเชื่อมั่นของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดความคงที่ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูง เครื่องมือสามารถวัดจุดเตะสูงสุดที่มีผลเท่าเดิมหรือใกล้เคียงกัน ในการเตะแบบตีลังกาหรือการเตะสลับหลัง (ซันแบ็ค) ด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.96 โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับมาตรฐานการประเมินผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามวิธี Kirkendall et al. (1987) ที่กำหนดเกณฑ์ไว้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.90-1.00 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 0.80-0.89 อยู่ในเกณฑ์ดี 0.50-0.69 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ 0.00-0.49 อยู่ในเกณฑ์ต่ำ เครื่องมือสามารถวัดจุดเตะสูงสุดที่มีผลเท่าเดิมหรือใกล้เคียงกัน เช่นเดิม สอดคล้องกับงานวิจัยของลัคนา พิมพ์จันทร์; และคนอื่น ๆ (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องวัดแรงจากทักษะมวยไทย ได้ทดสอบความเชื่อมั่นโดยการทดสอบการเตะที่เครื่องวัดแรงในทักษะมวยไทย 2 ช่วง แต่ละช่วงทดสอบห่างกัน 1 สัปดาห์ การทดสอบแต่ละช่วงทำการเตะ 3 ครั้งนำครั้งที่ได้มากที่สุดมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ความเชื่อมั่น มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงเช่นกัน (r = 0.89)

การตรวจประเมินความเป็นปรนัย ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงที่วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้ผู้ดำเนินการทดสอบจำนวน 2 คน พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเป็นปรนัย เท่ากับ 1.00 โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความปรนัย กับ

มาตรฐานการประเมินผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามวิธี Kirkendall et al. (1987) ที่กำหนดเกณฑ์ไว้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความเป็นปรนัยอยู่ระหว่าง 0.95-1.00 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 0.85-0.94 อยู่ในเกณฑ์ดี 0.70-0.84 อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ 0.00-0.69 อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และสอดคล้องกับ (สุทธิวรรณ พีรศักดิโสภณ, 2557) ได้กล่าวถึงความเป็นปรนัยของแบบทดสอบนั้นไม่ว่าใครจะเป็นคนตรวจข้อสอบของผู้ทดสอบผลที่ได้ควรจะใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า ความเป็นปรนัย คือ ความชัดเจนในการทดสอบ ความคงที่ในการตรวจให้คะแนนได้ตรงกันไม่ว่าจะให้ใครตรวจก็ตาม ผลคะแนนที่ได้สามารถแปลความหมายได้ตรงกัน

สรุปได้ว่านวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีคุณสมบัติเป็นที่ยอมรับได้ในเรื่องความเที่ยงตรง คือ สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และเป็นที่ยอมรับในความถูกต้องของผลการวัดได้ นอกจากนี้เป็นที่ยอมรับได้ในเรื่องความเชื่อถือได้และความเป็นปรนัย คือ สามารถวัดผลได้อย่างเที่ยงตรงทุกครั้ง ทุกสถานที่ และทุกผู้ดำเนินการทดสอบ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่านวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ประเมินวัดการเตะสูงในกีฬาตะกร้อได้

2. เพื่อทดลองใช้นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

จากการนำนวัตกรรมนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อไปใช้ในกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาเซปักตะกร้อโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี สามารถสรุปได้ว่านวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีคุณสมบัติที่จะสามารถใช้วัดการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อได้ สอดคล้องกับ ชุติไชย วิวัฒน์บุตรสิริ (2555) ที่ได้สร้างเครื่องมือวัดความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างและต้นขาด้านหลังแบบประยุกต์ ที่สรุปได้ว่าเครื่องมือวัดความอ่อนตัวที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในการใช้วัดความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างและต้นขาด้านหลังในกลุ่มตัวอย่างของนิสิตภาคปกติที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาพลศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ได้

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. เพื่อสร้างนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ ดังนี้

1.1 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายละเอียดของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในเซปักกีฬาตะกร้อ กับวัตถุประสงค์ โดยการพิจารณาตรวจสอบและให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีค่าดังนี้ คือ ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาตะกร้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นคือ ด้านเหมาะกับการวัดการเตะสูง ด้านได้มาตรฐาน แข็งแรง ทนทาน ด้านเป็นเครื่องมือทันสมัย ด้านการทำงานของเครื่องมือ และด้านความเหมาะสมของการออกแบบ มีเท่ากับ 1.00 และมีค่าเท่ากับ 0.80 ในด้านมีความปลอดภัยในการใช้งาน และด้านพกพาสะดวก เก็บง่าย ใช้ง่าย โดยมีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.94

1.2 ค่าความเชื่อถือได้ของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ เมื่อนำผลรวมการทดสอบของการวัดการเตะสูง โดยให้ผู้ทดสอบกระโดดเตะสูง 2 ครั้ง เอาครั้งที่ดีที่สุด พบว่ามีความเชื่อถือได้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก (r =0.964) อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 ค่าความเป็นปรนัยของนวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ เมื่อนำผลรวมการทดสอบของอาจารย์ทั้ง 2 ท่าน มาดำเนินการทดสอบคนละครั้ง โดยการวัดการเตะสูง แล้วนำ มาวิเคราะห์หาค่าสถิติ พบว่า มีความเป็นปรนัยเท่ากับ 1.000 อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

2. เพื่อทดลองใช้นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อ

2.1 ข้อมูลพื้นฐานของนักกีฬาเซปักตะกร้อโรงเรียนกีฬาจังหวัดชลบุรี ดังนี้

ค่าเฉลี่ยของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง มีค่าเท่ากับ 15.38 53.71 และ 159.60 ตามลำดับ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เท่ากับ 1.67 5.20 และ 5.04 ตามลำดับ

2.2 ค่าเฉลี่ยการเตะสูงของนักกีฬาเซปักตะกร้อ มีค่าเท่ากับ 182.71 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 14.08

จากผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมเครื่องวัดการเตะสูงในกีฬาเซปักตะกร้อสามารถนำไปใช้ได้จึงควรนำไปเสนอให้ผู้อำนวยการโรงเรียน ผู้ฝึกสอน นักกีฬาและผู้ที่สนใจนำไปใช้ในการดำเนินการทดสอบนักเรียนเข้าศึกษาต่อได้และนำไปใช้วัดการกระโดดสูงเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาให้มีความสามารถดีขึ้น

จากการดำเนินการวิจัยครั้งที่ผู้ทำการวิจัยพบประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบก่อนการทดสอบจริงผู้วิจัยได้เห็นปัญหาของเครื่องมือคือโฟมเส้นที่ใช้เป็นจุดเตะสูงนักตะกร้อสั้นเกินไปทำให้อาจเกิดอันตรายแก่นักกีฬาได้ ผู้วิจัยจึงต้องนำกับไปแก้ไขให้มีความปลอดภัยในการใช้งาน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีพัฒนานวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับทักษะในกีฬาอื่นๆ เช่น ทักษะการกระโดดการสกัดกั้นของกีฬาวอลเลย์บอล ทักษะการปัดบอลเข้าห่วงประตูของกีฬาบาสเกตบอล

2. ควรมีการศึกษาการนำนวัตกรรมการเตะสูงในกีฬาตะกร้อกับนักกีฬาทีมชาติไทย

3. เครื่องมือวัดการเตะสูงที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ เป็นเครื่องต้นแบบหากนำไปปรึกษาวิศวกรให้พัฒนาเครื่องวัดการเตะสูงเป็นระบบเซนเซอร์ เพื่อนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ และทันสมัยมากยิ่งขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือผู้ฝึกสอนกีฬาเซปักตะกร้อ T-Certificate. (2555). หลักการฝึกสมรรถภาพทางกาย. สืบค้นจาก https://www.dpe.go.th/dwl-files-401291791808.

[2] ชุติไชย วิวัฒน์บุตรสิริ. (2555). การสร้างเครื่องมือวัดความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างและต้นขาด้านหลังแบบประยุกต์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์.

[3] ลัคนา พิมพ์จันทร์; และคนอื่น ๆ. (2562). การพัฒนาเครื่องวัดแรงจากทักษะมวยไทย. วารสารคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ 22 เล่มที่ 1.

[4] สุรีพร อนุศาสนนันท์. (2554). การวัดและประเมินในชั้นเรียน.ชลบุรี: เก็ทกู๊ดครีเอชั่น. ประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 20. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[5] กระทรวงท่องเที่ยวและกีฬา. (2559). แผนพัฒนาการกีฬาแห่งชาติฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2560 - 2564). กรุงเทพมหานคร: กิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

[6] วิชัย คำทองและ ชัยกร พาลสิงห์. (2555). เซปักตะกร้อ. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ.

[7] สถาบันพัฒนากีฬาตะกร้อนานาชาติ. (2548). การฝึกทักษะกีฬาเซปักตะกร้อ. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

[8] สุพจน์ ปราณี. (2550). คู่มือกลยุทธ์การฝึกทักษะกีฬาเซปักตะกร้อ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[9] สุพจน์ ปราณี. (2551). ยุทธศาสตร์การฝึกทักษะกีฬาเซปักตะกร้อสู่ความเป็นเลิศ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[10] สุทธิวรรณ พีรศักดิ์โสภณ. (2557). การสรางเครื่องมือวัดผลทางการเรียน. สืบค้นจาก http://www.mathayom9.go.th/nitad/analyze/achiev-1.pdf

[11] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่ 12 (พ.ศ.2560 - 2564). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

[12] อำนวย จันทมนตรี (2563). เอกสารประกอบการสอนกีฬาเซปักตะกร้อ. กรุงเทพมหานคร :มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

[13] Hermawan, D. B., Asmawi, M., & Tangkudung, J. (2019). Developing machine training (DBH 2MCS) to improve beginner athlete service in Sepak Takraw in sumedang regency. Journal of Education, Health and Sport, 9(4), 42-54.

[14] Kirkendall, D.R., J.J Gruber and R.E. Johnson. Measurement and Evaluation for Physical Education Illinois: Human Kineties Publisher, 1987.

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง
Development of Bio-packaging Made by Pectin Extracted from Pomelo Peels for Sustaining the Quality of Ground Coffee

นภัสสร เพชรธำรงกุล[1*] เจนนิษา เฟื่องชูนุช[1] และ ศุมาลี กลิ่นพิมล[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: patarika.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ เพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ศึกษาความสามารถของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอในการเก็บรักษากาแฟผง และความสามารถในการย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว พบว่าเพคตินจากเปลือกส้มโอที่ได้ละลายในน้ำและดียิ่งขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ มีปริมาณเมธอกซิล 4.65% ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 83.20% อยู่ในช่วงเพคตินเกรดห้องปฏิบัติการ และมีปริมาณ Degree of Esterification 63.63% อยู่ในช่วงเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม เมื่อขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ด้วยการใช้เพคติน 20.16% แป้งมันสำปะหลังสุก 39.92% และกลีเซอรอล 39.92% ได้ซองบรรจุภัณฑ์มีลักษณะทางกายภาพเป็นแผ่นฟิล์มเรียบ ใส สีครีม มีความสามารถคงรสชาติของกาแฟได้ หากไม่นานเกิน 1 เดือน จากการทดลองชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายได้ง่าย

คำสำคัญ: เพคติ บรรจุภัณฑ์ชีวภาพ เปลือกส้มโ กาแฟผง

Abstract

This research is a development of bio-packaging with pectin from pomelo peels to maintain the quality of coffee powder. The purposes are to study the physical and chemical qualities of pectin from pomelo peels, the capability of the bio-packaging in maintain to store coffee powder, and the degradability of such packaging. The study was that the pectin from the pomelo peels could dissolve in water even better with higher temperature. Its methoxyl content was 4.65%, which is in the same range as industrial pectin and the galacturonic acid content was 83.20% in the range of laboratory-extracted pectin, whereas the degree of esterification was 63.63% in the industrial pectin range. When forming the packaging composed of 20.16% pectin, 39.92% ripe cassava starch, and 39.92% glycerol, the packaging had a physical appearance as a smooth, clear, creamy film, with the ability to maintain the flavor of coffee under not last longer than 1 month). From all experiments, it could be suggested for the

possibility of developing bio-packaging with pectin from pomelo peels with environmentally friendliness and biodegradability

Keywords: Pectin, Bio-packaging, Pomelo Peel, Ground Coffee

1. บทนำ

ปัจจุบันเกิดกระแสความตื่นตัวในการลดการใช้พลาสติกและโฟมในการบรรจุอาหารที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกต้องใช้เวลาย่อยสลายถึง 450 ปี และหากนำไปเผาจะทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน มีผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน หรือบรรจุภัณฑ์โฟมจะมีสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนมีผลทำให้โอโซนชั้นบรรยากาศลดน้อยลง และทำให้เกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน หลายประเทศทั่วโลกจึงมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตสินค้าให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้น คือ “พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic)” เพื่อทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชีวภาพมีคุณสมบัติการใช้งานได้เทียบเคียงกับพลาสติกแบบเดิม แต่จะไม่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และส่งผลให้ปริมาณ ขยะในประเทศลดน้อยลงอีกด้วย พลาสติกชีวภาพ เป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ สำหรับวัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลากหลายชนิด ส่วนใหญ่จะมาจากพืช เช่น เซลลูโลส (Cellulose) คอลลาเจน (Collagen) เคซีน (Casein) พอลิเอสเตอร์ (Polyester) แป้ง (Starch) เพคติน (Pectin) และโปรตีนจากถั่ว (Soy protein) เป็นต้น ซึ่งแป้งเป็นวัสดุธรรมชาติที่นิยมนำมาผลิตพลาสติกมากที่สุด เนื่องจากหาได้ง่าย มีปริมาณมาก และราคาถูก เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลังเป็นต้น [1]

โครงสร้างของเพคตินเพคตินเป็นสารจำพวกพอลิแซ็คคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และมีโครงสร้างหลักที่ประกอบด้วยกรดกาแลคทูโรนิก (D-galacturonic acid) ที่ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 14 ไกลโคซิดิค (G-1,4 glycosidic) สารประกอบเพคตินพบมากบริเวณระหว่างผนังเซลล์ของพืชทั่วๆ ไป ในส่วนของ Extracellular Matrix โดยเฉพาะผลไม้จำพวกตระกูลส้ม เช่น ส้มโอ ส้มเขียวหวาน นอกจากนี้ยังพบในพืชชนิดอื่นๆ อุตสาหกรรมการผลิตเพคตินส่วนใหญ่สกัดจากเปลือกด้านใน (Albedo) ซึ่งส้มโอเป็นพืชตระกูลส้ม ซึ่งมีปริมาณเพคตินในเปลือกของส้มโออยู่ปริมาณ 30%-40% [2] สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจะสกัดได้โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.05 mol วิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ คือ การสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก เนื่องจากค่าระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชั่นปริมาณ เมทอกซิล และปริมาณกรดแลคทูโรนิค มีค่าใกล้เคียงกับทางการค้า [3] ซึ่งเพคตินที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืชเหล่านี้มีสมบัติในการเกิดเจลได้เมื่อเติมกรดและน้ำตาลในปริมาณที่เหมาะสม ชนิดของเพคติน โดยแบ่งชนิดของเพคตินตามระดับเมทิลเลชั่น (Degree of Methylation : % DM) การขึ้นรูปซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพโดยการนำเพคตินที่สกัดได้ไปผสมกับแป้ง และกลีเซอรอล จะทำให้แผ่นฟิล์มที่จะนำมาทำซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพนั้นมีความยืดหยุ่น และสารมารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ และซองบรรจุภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติทางกายภาพดี จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลัง : กลีเซอรอล : เพคติน ในอัตราส่วน (2:2:1) [4] กาแฟเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่นิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมเกษตร ประเภทกาแฟคั่วซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน กาแฟที่นิยมปลูก มี 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์โรบัสตา (*Coffea canephora* var. *robusta*) ปลูกในภาคใต้ คิดเป็น 99% ของกาแฟที่ปลูกในประเทศไทย เนื่องจากเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับน้ำทะเลและในเขตร้อนชื้น ให้ผลผลิตสูง และทนทานต่อโรคราสนิม คุณภาพด้านรสชาติด้อยกว่ากาแฟพันธุ์อาราบิกา [5] ส่วนกาแฟพันธุ์อาราบิกา (*Coffea arabica*) ปลูกในภาคเหนือ คิดเป็น 1% เจริญเติบโตที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 600-1,600 m [20] ระยะเวลาตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งผลกาแฟสุก ใช้เวลาประมาณ 6-8 เดือน ผลกาแฟดิบมีสีเขียว ผลกาแฟสุกมีสีเหลือง ส้ม แดง หรือแดงเข้ม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์กาแฟ [6]

เปลือกส้มโอเป็นวัตถุดิบเหลือใช้การบริโภคส้มโอจะบริโภคเฉพาะเนื้อขณะที่เปลือกซึ่งเป็นส่วนที่ไม่นิยมบริโภคและมีปริมาณค่อนข้างมากจะถูกทิ้งไป แต่เนื่องจากในเปลือกส้มโอมีสารเพคตินสามารถนำมาทำซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพได้ เพคตินที่สกัดได้จากวิธีต้มสกัดด้วยอ่างน้ำร้อนภายใต้สภาวะเหมาะสมที่ค่าความ อุณหภูมิ 80 °C และระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ให้ปริมาณผลผลิตรวม 19.56% [7] และพบว่าค่า DM ของเพคตินจากส้มโอสายพันธุ์ทองดีที่ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 1 เดือน ซึ่งสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่า DM มากที่สุด 67.89% และสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ซึ่งสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีค่า DM น้อยที่สุด 53.68% [8] จึงเลือกใช้ส้มโอสายพันธุ์ทองดีในการสกัดเพคติน เนื่องจากมีค่า DM ที่สูงเหมาะสมกับการนำมาทำซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพแทนซองพลาสติกที่ย่อยสลายยาก เพื่อลดภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้พลาสติก และยังสามารถลดมลภาวะที่เกิดจากการเน่าเปื่อยจากวัสดุเหลืองได้ทิ้งอีกด้วย

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงมีความตระหนักถึงความสำคัญของการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของเปลือกส้มโอที่เหลือทิ้งและการรักษาคุณภาพกาแฟผง จึงทำให้เกิดแนวคิดในการทำซองบรรจุภัณฑ์รักษาคุณภาพของกลิ่นของกาแฟ ใช้บรรจุกาแฟผง โดยนำเปลือกส้มโอที่เป็นวัสดุเหลือจากการเกษตร มาใช้ในการสกัดเพคติน นำมาพัฒนาเป็นซองบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดปัญหาขยะพลาสติกที่ย่อยสลายได้ยาก เกิดมลพิษในขั้นตอนกำจัดขยะพลาสติก เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

1. การสกัดเพคติน

นำเปลือกส้มโอเฉพาะด้านในสีขาว 1 Kg มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และล้างด้วยน้ำสะอาด ปั่นเปลือกส้มโอให้ละเอียด นำไปต้มในเอทานอล ปริมาตร 1000 mL อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปตากแดดให้แห้งสนิท นำเปลือกส้มโอแห้งมาปั่นให้จนเป็นผงละเอียดและนำเปลือกส้มโอบดแห้งปริมาณ 100 g ใส่บีกเกอร์ เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 N ปริมาตร 1,200 mL สกัดที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 1 ชั่วโมง ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เย็น และกรองผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำน้ำส่วนที่กรองได้มาตกตะกอนด้วยเอทานอล ปริมาตร 1:2 โดยปริมาตร คนผสมให้เข้ากันและนำเข้าตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 15 นาที นำมาล้างตะกอนด้วยอะซิโตน เข้มข้น 80% จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 50 mL และใส่ถาดตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้อะซิโตนระเหย อบตะกอนที่ได้ให้แห้งที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วปั่นให้ละเอียดเป็นผง เก็บใส่ภาชนะไม่ให้อากาศเข้า

2. การทดสอบคุณภาพเพคติน

2.1 การตรวจสอบเพคตินเบื้องต้น

ชั่งตัวอย่างที่ต้องการทดสอบมา 0.01 g ละลายในน้ำกลั่น 100 mL เติมสารกรดไฮดรอกซาลมีนเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 1 mL และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 1 mL แล้วรอทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จึงเติมกรดไฮโดรคลอริคปริมาตร 1 mL และสารเฟอริคคลอไรด์เข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 1 mL ถ้าสารละลายที่ได้มีตะกอนไม่ละลายน้ำเกิดขึ้นแสดงว่ามีเพคติน

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณเมทอกซิล

นำสารละลายที่ผ่านการหาน้ำหนักสมมูลแล้ว มาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.25 N ปริมาตร 25 mL จนเป็นสีชมพูเข้ม แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เติมสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 N ปริมาตร 25 mL เขย่าจนสารละลายเปลี่ยนสีจากสีชมพูเข้มเป็นสีเหลือง นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N โดยใช้ฟีนอลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ไตเตรทจนกระทั่งถึงจุดยุติคำนวณหาปริมาณเมทอกซิลจากสูตร [9]

$$\text{ร้อยละปริมาณเมธอกซิล (\%w/w)} = \frac{V_{รวม} \times 15.52}{\text{ปริมาณตัวอย่าง (mg)}} \times 100$$

2.3 การวิเคราะห์หาค่ากรดกาแลคทูโรนิก

ชั่งเพคติน 5 g เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้นปริมาตร 5 mLและแอลกอฮอล์เข้มข้น 60% ปริมาตร 100 mL ใช้แท่งแก้วคนประมาณ 10 นาที กรองและล้างกรดไฮโดรคลอริกด้วยแอลกอฮอล์ครั้งละ 15 mL รวม 6 ครั้ง แล้วล้างด้วยสารละลายแอลกอฮอล์ 60% จนตะกอนไม่มี คลอไรด์ และล้างด้วยแอลกอฮอล์อีก 20 mL จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงครึ่ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้งนำเพคตินที่เตรียมไว้มา 1 ใน 10 ของน้ำหนักแห้ง เติมแอลกอฮอล์ ปริมาตร 2 mL และเติมน้ำเดือดที่เย็นแล้วปริมาตร 100 mL เขย่าจนได้สารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ฟินอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ จนได้ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้เท่ากับ V1 เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 20 mL เขย่าจนไม่มีสีชมพูเติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N จนได้สีชมพูอ่อน ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เท่ากับ V2 คำนวณจากสูตร [10]

V1 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1

V2 = สารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2

$V_{รวม}$= V1 + V2

$$\text{ร้อยละปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (\%w/w)} = \frac{V_{รวม} \times 97.07}{\text{ปริมาณตัวอย่าง (mg)}} \times 100$$

2.4 การวิเคราะห์หาค่า Degree of Esterification

ชั่งน้ำหนักผงเพคติน 0.5 g เติมเอทานอลลงไปปริมาตร 2 mL ละลายด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 100 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนลงไป 5 หยด นำไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็น V1 จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N ปริมาตร 10 mL แล้วเขย่าแรงๆ ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำไปเติมสารละลาย กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N จากนั้นเขย่าจนกระทั่งสีชมพูจางหาย เติมฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด นำไปไตเตรทด้วยสารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 N จนสีชมพูเริ่มปรากฏ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็น V2 แล้วบันทึกผลคำนวณหาค่า Degree of Esterification จากสูตร [10]

V1 = ปริมาตรของสารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 1

V2 = ปริมาตรของสารลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ครั้งที่ 2

$$\text{ร้อยละระดับ Degree of Esterification (\%DE)} = \frac{V2}{V1+V2+10} \times 100$$

3. การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

นำเพคตินใส่บีกเกอร์ แล้วชั่งให้ได้ 10 g นำแป้งมันสำปะหลังใส่บีกเกอร์ขนาด แล้วชั่งให้ได้ 20 g นำเพคตินที่ชั่งได้มาผสมกับน้ำกลั่น 200 mL ผสมแป้งมันสัมปะหลังกับเพคตินเข้าด้วยกัน แล้วนำไปต้มแป้งมันสำปะหลังและเพคตินเข้าด้วยกัน 60 นาที ที่อุณหภูมิ 100°C แป้งจะมีลักษณะข้นและหนืดนำไปกรองด้วย ผ้าขาวบางเพื่อแยกตะกอนออก นำส่วนผสมที่กรองแล้ว มาเติมน้ำกลั่นเพิ่มอีก 100 mL หลังจากนั้นใส่กลีเซอรอลในส่วนผสม 20 mL ต้มส่วนผสมทั้งหมด 30 นาที ที่อุณหภูมิ 100°C จนสุกเทส่วนผสมลงใน ถาดซิลิโคน แล้วเกลี่ยให้สม่ำเสมอกัน นำเข้าตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 60-70°C

เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะได้เป็นแผ่นฟิล์ม นำมาตัดให้ได้ขนาด 5.8 x 7 cm^2 นำไปซีลปิดปากทั้ง 3 ด้าน จะได้เป็นซองตามต้องการ

4. การทดสอบการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์

เตรียมภาชนะมีฝาปิด เพื่อใช้ทดสอบการดูดความชื้นของบรรจุภัณฑ์ นำสำลีชุบน้ำอุณหภูมิ 40°C ให้ชุ่มนำไปใส่ในภาชนะรอให้มีความชื้นเพียงพอในภาชนะที่จะใช้สังเกตการเปลี่ยนแปลงในเวลา 1 ชั่วโมง นำซองบรรจุภัณฑ์ไปชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและวางซองบรรจุภัณฑ์ลงบนฐานในภาชนะให้เหนือกว่าสำลี ปิดฝาภาชนะให้แน่น สังเกตการเปลี่ยนแปลงของบรรจุภัณฑ์และผงกาแฟด้านใน เมื่อเวลาผ่านไป 3 และ 6 ชั่วโมง และทุก 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 15 วัน เปรียบเทียบกับก่อนได้รับความชื้น เอากาแฟที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอเพื่อศึกษาเส้นใยของกาแฟ

$$\text{ค่าร้อยละการดูดความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักซองบรรจุภัณฑ์หลังทดลอง} - \text{น้ำหนักซองบรรจุภัณฑ์ก่อนทดลอง})}{\text{น้ำหนักซองบรรจุภัณฑ์เริ่มต้น}} \times 100$$



ภาพที่ 1 การทดสอบการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์

5. การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

5.1 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่วางลงบนผิวดิน

ใส่ดินทางการเกษตรลงในภาชนะลึก 10 cm ตัวอย่างละ 3 ภาชนะ เปรียบเทียบกับตัวควบคุมซึ่งเป็นซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้าอีก 1 ภาชนะ วางซองบรรจุภัณฑ์ลงบนผิวดิน รดน้ำ ปริมาตร 100 mL เช้า-เย็น โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงจนกว่าจะย่อยสลายหมด

5.2 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอที่ฝังในดินลึก 2 cm จากผิวดิน

ใส่ดินทางการเกษตรลงในภาชนะลึก 10 cm ตัวอย่างละ 3 ภาชนะ เปรียบเทียบกับตัวควบคุมซึ่งเป็นซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้าอีก ภาชนะ วางตำแหน่งให้สอดคล้องตามภาพ (ภาพที่ 3) วางซองบรรจุภัณฑ์ลึกลงไปในดิน 2 cm จากผิวดิน รดน้ำ ปริมาตร 100 mL เช้า-เย็น โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงจนกว่าจะย่อยสลายหมด

6. การศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

นำกาแฟเก็บใส่ซองบรรจุภัณฑ์ ตามระยะเวลาดังต่อไปนี้ ซองที่ 1 เก็บไว้ระยะเวลา 4 สัปดาห์, ซองที่ 2 เก็บไว้ระยะเวลา 3 สัปดาห์, ซองที่ 3 เก็บไว้ระยะเวลา 2 สัปดาห์ และซองที่ 4 เก็บไว้ระยะเวลา 1 สัปดาห์ และเปรียบเทียบกับตัวควบคุมซึ่งเป็นซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า จากนั้นให้ผู้เข้าร่วม จำนวน 20 คน ทำแบบสอบถามความพึงพอใจและเนื่องจาก

ที่ทดสอบความพึงพอใจแล้วจึงได้เอากาแฟที่เก็บใส่ซองบรรจุภัณฑ์เป็นเวลา 1 เดือน มาส่องกล้องสเตอริโอเพื่อดูเส้นใยกาแฟที่เก็บไว้ในซองบรรจุภัณฑ์และซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า

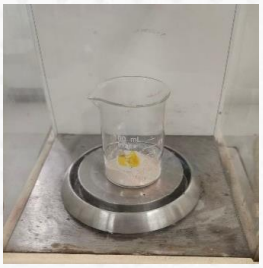


ภาพที่ 2 ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพตามระยะเวลา 1-4 สัปดาห์และซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การสกัดเพคติน

ผลการทดลองสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ เพื่อการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อรักษาคุณภาพของกาแฟผง เปลือกส้มโอสด 1 Kg เมื่อน้ำไปตากแดดจนแห้งสนิท จะได้เปลือกส้มโอแห้ง 65 g เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอมีลักษณะคล้ายนมผง แต่เนื้อมีความละเอียดน้อยกว่านมผง สีครีมอมน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย ละลายน้ำได้และละลายได้ดีในน้ำร้อน (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ผงเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ

2. ผลการทดสอบคุณภาพเพคติน

จากการทดสอบตุณภาพเพคตินเปลือกส้มโอที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 90 นาที มาตรวจสอบเพคตินวิธีเบื้องต้น พบว่ามีตะกอนเกิดขึ้นแสดงให้ทราบว่ามีสารเพคตินในเพคตินจากเปลือกส้มโอ และเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเพคตินทางการค้า เรียงลำดับความบริสุทธิ์จากน้อยไปมากดังนี้ เพคตินมาตราฐาน, โรงงานอุตสาหกรรม, ห้องปฏิบัติการ

ได้ผลทดสอบ (ดังตารางที่ 1) จากตารางพบว่าเพคตินจากเปลืองส้มโอที่สกัดได้มีปริมาณเมธอกซิลใกล้เคียงกับเพคตินโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกมีค่าใกล้เคียงกับเพคตินห้องปฏิบัติการ Degree of Esterificationมีค่าใกล้เคียงกับเพคตินโรงงานอุตสาหกรรม จากผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอมีคุณภาพที่ได้มาตราฐาน สามารถนำมาขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพได้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเพคตินเปลือกส้มโอที่สกัดได้กับเพคตินทางการค้k

คุณสมบัติ	ชนิดของเพคติน			
	เพคตินจากเปลือกส้มโอ	เพคตินเกรดมาตรฐาน	เพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม	เพคตินเกรดห้องปฏิบัติการ
ร้อยละเมทอกซิล	4.65	>2.5	5.08	6.29
ร้อยละกรดกาแลคทูโรนิก	83.20	>65	69.89	78.54
ร้อยละดีกรีออฟเอสเทริฟิเคชัน	63.63	-	55-65	-

3. การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์

จากการทดลองขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ ในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ด้วย ถาดซิลิโคน 1 ถาด ใช้เพคตินปริมาณ 10.10 g สามารถขึ้นรูปซองบรรจุภัณฑ์ได้ 6 ซอง ขนาดซองที่ไว้สำหรับใส่กาแฟผง 5.8 × 7 cm^2 (ดังภาพที่ 6) ลักษณะซองบรรจุภัณฑ์เป็นแผ่นฟิล์มใส มีความยืดหยุ่นและเหนียว ไม่มีกลิ่น สีน้ำตาลอ่อน เนื้อเรียบมันเงาและเกิดฟองขนาดเล็ก



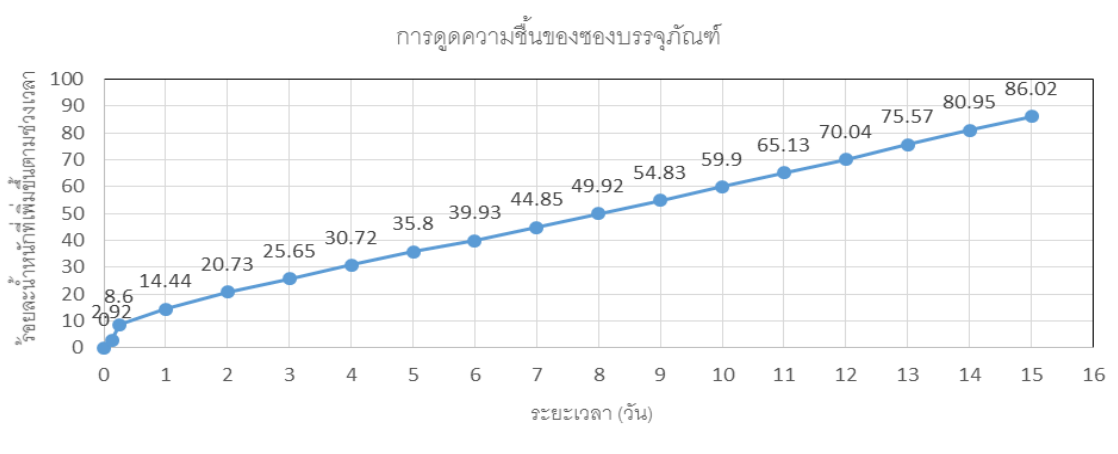
ภาพที่ 5 ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ

4. ผลการทดสอบการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

ลักษณะซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพก่อนได้รับความชื้นมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มใสและมีฟองอากาศขนาดเล็ก, เนื้อซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ ลักษณะซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพหลังได้รับความชื้น มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มใส เนื้อของซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีความนิ่มลง เนื่องจากความชื้นที่ได้รับทำให้ซองมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา

ลักษณะกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพก่อนได้รับความชื้นมีลักษณะเป็นผงกาแฟละเอียด, ไม่จับตัวกันเป็นก้อนและไม่ละลายรวมกับซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ, ลักษณะกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพหลังได้รับความชื้นมีลักษณะเป็นผงกาแฟละเอียด, ไม่จับตัวกันเป็นก้อนและไม่ละลายรวมกับซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

ในการทดสอบการดูดความชื้น พบว่าซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเนื่องจากซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพค่อยข้างมีฟองขนาดเล็กทำให้ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีอากาศเข้าข้างในซองจึงทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 6 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการดูดความชื้นของซองบรรจุภัณฑ์ตามช่วงเวลา

5. ผลการทดลองการย่อยสลาย

พบว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่ฝังในดินลึก 2 cm จากผิวดิน มีการย่อยสลายเร็วกว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่วางลงบนผิวดิน 7 วัน และพบว่าซองบรรจุภัณฑ์ที่ฝังลงในดินลึก 2 cm และซองบรรจุภัณฑ์เมื่อเทียบกับซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า จะพบว่าซองบรรจุภัณฑ์มีการย่อยสลายเร็วกว่าซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า

6. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพด้วยเพคตินจากเปลือกส้มโอ

จากการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ ตามระยะเวลาดังต่อไปนี้ ซองที่ 1 เก็บไว้ระยะเวลา 4 สัปดาห์, ซองที่ 2 เก็บไว้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ซองที่ 3 เก็บไว้ระยะเวลา 2 สัปดาห์และซองที่ 4 เก็บไว้ระยะเวลา 1 สัปดาห์ ผลการศึกษาจากผู้เข้าร่วม จำนวน 20 คน เพศหญิง 16 คน เพศชาย 4 คน ระหว่างช่วงอายุ 10-60 ปี ได้แก่ อายุ 10-20 ปี 11 คน, 21-30 ปี 5 คน, อายุ 41-50 ปี 2 คน, อายุ 51-60 ปี 1 คน และอายุ 60 ปี ขึ้นไป 1 คน

4. บทสรุป

ผลการทดลองสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.05 N ที่อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 90 นาที จากการตรวจสอบเพคตินวิธีเบื้องต้น พบว่ามีตะกอนเกิดขึ้นแสดงให้ทราบว่ามีสารเพคตินในสารที่สกัดได้จากเปลือกส้มโอ และพบว่า เพคตินที่ได้มีปริมาณเมธอกซิล 4.65% อยู่ในช่วงเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก 83.20% อยู่ในช่วงเพคตินเกรดห้องปฏิบัติการ และค่า Degree of Esterification 63.63% อยู่ในช่วงเพคตินเกรดโรงงานอุตสาหกรรม

การทดสอบการดูดความชื้นของบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาโดยพบว่ามีน้ำหนัก เพิ่มขึ้นร้อยละ 5-6 ภายใน 6 ชั่วโมง แล้วอิ่มตัว จากการทดสอบพบว่าซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ เมื่อผ่านไป 1 วัน น้ำหนักเพิ่มขึ้น 5.83% และการดูดความชื้นจะคงที่ในเวลา 15 วัน ทำให้เกิดการทดลองเพิ่มเติม เพื่อดูการดูดความชื้นของกาแฟที่ไม่ได้อยู่ซอง และกาแฟที่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ พบว่ากาแฟที่ไม่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์จะมีการดูดความชื้นเพิ่มมากขึ้นกว่ากาแฟที่อยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ ทำให้ซองบรรจุภัณฑ์มีการกันความชื้นจากภายนอกเข้าสู่กาแฟได้

ความสามารถการย่อยสลายซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเพคตินของเปลือกส้มโอ สามารถย่อยสลายได้ง่ายกว่าซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้า ซึ่งซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเปล่าจะสามารถย่อยสลายได้ภายใน 11 วัน และซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ใส่กาแฟผงไว้จะย่อยสลายภายใน 10 วัน หากฝังในดินลึก 2 cm สามารถย่อยสลายได้ภายใน 4 วันทั้งสองประเภท พบว่าการย่อยสลายในดินสามารถย่อยสลายได้ไวกว่าการย่อยสลายบนดิน 7 วัน และย่อยสลายเร็วกว่าซองกาแฟสำเร็จรูปทางการค้าอย่างเห็นได้ชัด

การศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเพคตินของเปลือกส้มโอ จากกลุ่มผู้ร่วมทดสอบ จำนวน 20 คน ความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์ในด้านต่างๆ ดังนี้ สมรรถภาพการเก็บสีของกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 89% สมรรถภาพการเก็บกลิ่นกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 67% สมรรถภาพการรักษารสชาติกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ 60% ความชื่นชอบซองบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วย่อยสลายได้ง่าย 88% ความชื่นชอบรูปทรงและขนาดซองบรรจุภัณฑ์ 86% ดังนั้นสรุปได้ว่าสมรรถภาพการเก็บกลิ่นกาแฟและสมรรถภาพการรักษารสชาติกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ มีความพึงพอใจค่อนข้างน้อย จากการที่เก็บกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจำเพคตินของเปลือกส้มโอ ในระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากาแฟที่ดูด้วยตาเปล่าเป็นลักษณะเนื้อละเอียดมีสีน้ำตาลเข้มไม่ติดกันเป็นก้อน เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอพบว่ากาแฟมีลักษณะเป็นก้อน มีสีน้ำตาลเข้มและมีความมันวาว เนื่องจากมีฟองอากาศปนอยู่ในซองบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ ทำให้มีอากาศเข้าจึงมีผลทำให้รสชาติกาแฟและกลิ่นกาแฟลดลงอย่างมาก และในสมรรถภาพการเก็บสีของกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์จากการที่เก็บกาแฟในซองบรรจุภัณฑ์ในระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากาแฟที่ดูด้วยตาเปล่าเป็นลักษณะเนื้อละเอียดมีสีน้ำตาลเข้มไม่ติดกันเป็นก้อน เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องสเตอริโอพบว่ากาแฟมีลักษณะเป็นก้อน มีสีน้ำตาลเข้มและมีความมันวาว เนื่องจากลักษณะตัวซองบรรจุภัณฑ์มีสีใส โปร่งแสง จึงทำให้แสงส่องผ่านและเกิดการกระทบของแสง ทำให้สมรรถภาพสีของกาแฟลดน้อยลงเมื่อนำไปชงทานในน้ำร้อน จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาปรับปรุงวิธีการขึ้นรูปต่อไป และพบว่าผู้เข้าร่วมทดสอบมีความชื่นชอบขนาด รูปทรงและการย่อยสลายได้ง่ายของซองบรรจุภัณฑ์มีความพึงพอใจมาก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วิลาส รัตนานุกูล. พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

[2] ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร และคณะ. (2559). สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริก. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

[3] หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน. (2562). การสกัดและการประยุกต์ใช้เพคตินจากเปลือกทุเรียน. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพรพรรณี.

[4] กนกพร สังขรักษ์ และเจนจิรา โตะแบ. (2552). เพคตินจากเศษผักกาดขาวและการประยุกต์ใช้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[5] ธนาวรรณ สุขเกษม. (2557). การสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) ภูทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์. สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

[6] ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร และคณะ. (2559). สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริก. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

[7] พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์, บัณฑูรย์ วาฤทธิ์ผู้. (2542). การปลูกและผลิตกาแฟอาราบีก้าบนที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[8] ชญานิน กำลัง และคณะ. (2546). ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของเพคตินจากเปลือกส้มโอ. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[9] วัชระ เวียงแก้ว. (2549). การสกัดเพคตินด้วยไอน้ำจากเปลือกส้มโอ. ภาควิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์.

[10] พีระศักดิ์ เภาประเสริฐ. (2556). พอลิเมอร์จากแหล่งชีวภาพ: การทบทวนวรรณกรรม, KKU Research Journal.

การพัฒนาเจลบำรุงผิวหน้าจากสารสกัดเปลือกมะละกอที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Development of facial gel from papaya peel extract as antioxidant activity

กัญญ์วรา ยอดรัก[1] ปุณณ์ลภัส เจริญพิพัฒนกุล[1] และ วรรณิสา แก้วบ้านกรูด[1*]

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
*Email: wannisa.k@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของการสกัดเปลือกมะละกอ (*Carica Papaya* L.) ด้วยวิธีการแช่หมักด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล (1:4) ร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบ เท่ากับ 14.41 ± 3.30, 7.93 ± 3.33 g/ crude extract ตามลำดับ จากการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น พบว่า สารซาโปนินและแทนนินในสารสกัดเปลือกมะละกอ ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent assay พบว่าสารสกัดด้วยเมทานอลมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 36.93 ± 2.00 mg GAE/ g crude extract ผลการหาปริมาณฟลาโวนอยด์ของสารสกัดด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric assay พบว่าสารสกัดด้วยเมทานอลมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 13.94 ± 1.16 mg QE/ g crude extract การวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity รายงานผลด้วยค่า IC_{50} พบว่า สารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลมีค่ามากที่สุด 67.87 ± 4.93 mg/ml ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดหยาบเปลือกมะละกอ พบว่า การใช้ Poly Gel เป็นสารก่อเจล มีลักษณะเนื้อเจลใส กระจายเข้าสู่ผิวได้ดีที่สุด และความเข้มข้นของสารสกัด 0.5%w/w ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด มีค่าความชุ่มชื้นสูงสุดเท่ากับ 317 uS และค่าการสูญเสียน้ำในผิวน้อยที่สุดเท่ากับ 1.84 g/m^2/h

คำสำคัญ: มะละกอ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เจลบำรุงผิวหน้า

Abstract

The research aims to study the antioxidant activity of papaya peel (*Carica Papaya* L.) by maceration method with methanol and ethanol solvents (1:4). The yield percentage of crude extracts equal to 14.41 ± 3.30, 7.93 ± 3.33 g/ crude extract, respectively. An analysis of total phenolic content with Folin-Ciocalteu reagent assay showed that methanol extract was the greatest value equal to 36.93 ± 2.00 mg GAE/ g crude extract and total flavonoid content with aluminium chloride colorimetric assay showed that methanol extract was the greatest value equal to 13.94 ± 1.16 mg QE/ g crude extract. The results of antioxidant activity with DPPH radical scavenging activity, reporting results with IC_{50}, found that methanol solvent extract was the most valuable equal to 67.87 ± 4.93 mg/ml. The development of gel products containing papaya peel crude extract found that Poly Gel was the best gelling agent in

formation, clear gel texture and suitable concentration of crude extract 0.5%w/w was optimal performance. The result of test hydration after using product for 1 month found that the skin surface was increase moisturizing equal to 317 uS and decrease transepidermal water loss (TEWL) equal to 1.84 g/m^2/h.

Keywords: Papaya peel extract, Antioxidant activity, Gel product

1. บทนำ

สารอนุมูลอิสระ (Free radical) เป็นอะตอมที่ไม่เสถียร ที่เกิดขึ้นจากระบบภายในร่างกายมีการหลั่งสารอนุมูลอิสระออกมาเอง หรือได้รับจากปัจจัยกระตุ้นจากภายนอก การสูบบุหรี่ มลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิด ความเสื่อมของร่างกายหรือความชรา(Aging) ก่อนวัยอันควรได้ ซึ่งความรุนแรงของโรคเกิดขึ้นจากระดับของสารอนุมูลอิสระสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระจนร่างกายไม่สามารถควบคุมสมดุลได้ทำให้เกิดสภาวะความเครียดของออกซิเจน เรียกว่า “Oxidative stress” กระทบต่อกระบวนการเมตาบอไลท์ธาตุออกซิเจน ในร่างกายจนเกิดอิเล็กตรอนโดดเดี่ยวที่วงนอกสุดและกลายเป็นอนุมูลอิสระที่ไม่เสถียร มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยพยายามเข้าแย่งดึงอิเล็กตรอนจาก โมเลกุลข้างเคียง ทำให้โมเลกุลข้างเคียงขาดอิเล็กตรอนในลำดับถัดไปแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารชีวโมเลกุลในร่างกาย ซึ่งในแต่ละวันร่างกายได้รับปัจจัยเสี่ยงต่างๆมากมายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระและมีผลทำลายสุขภาพของมนุษย์ ปัจจุบันจึงมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชธรรมชาติ (Natural antioxidants) มากขึ้น เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่พบในพืชสามารถเข้ากำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีผลข้างเคียงต่ำต่อสุขภาพมนุษย์เมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์จำพวกฟีนอลิก ได้แก่ Butylated hydroxytoluene (BHT) และ Butylated hydroxyanisole (BHA) ที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และการรักษา เนื่องจากพบว่ากระบวนการเมตาบอไลท์สาร BHT และ BHA ก่อให้เกิดสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็งและหากได้รับสารในปริมาณที่สูงเกินไปจะสะสมในร่างกายจนเป็นพิษต่อปอด ตับและไต [1] สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นเอนไซม์ (Enzyme) และสารที่ไม่ใช่เอนไซม์ (Nonenzymatic) โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มักพบในพืชธรรมชาติ ได้แก่ ascorbic acid หรือ วิตามินซีและกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) จำพวกฟีนอล (phenol) ฟีนอลิก (phenolic acids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แทนนิน (tannins) ไกลโคไซด์ (glycosides) อัลคาลอยด์ (alkaloids) ลิกนิน (lignins) และอื่นๆ [2] จากงานวิจัยทางการแพทย์ พบว่า พืชสมุนไพรไทยหลายชนิดมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยกตัวอย่างเช่น อัญชัน ขมิ้น ใบเตย มะรุม กระเจี๊ยบ โหระพา สะระแหน่ มะตูม ข่า ขิง มะขาม กะเพรา ตะไคร้ แมงลัก และมะนาว เป็นต้น [3]

มะละกอเป็นสมุนไพรที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ ประกอบด้วย แคโรทีน วิตามินซี สารฟลาโวนอยด์ สารโฟเลต กรดแพนโทเทนิก ธาตุโพแทสเซียม แมกนีเซียม และเส้นใยอาหาร เป็นต้น สารอาหารเหล่านี้บำรุงสุขภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด และป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่อีกด้วย นอกจากนี้มะละกอมีเอนไซม์ปาเปน สามารถนำมาใช้ด้านการแพทย์เพื่อรักษาอาการบาดเจ็บทางการกีฬา จากงานวิจัยฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าในเมล็ดและเปลือกมีสารอนุมูลอิสระสูง แต่มีค่าน้อยกว่าสารมาตรฐาน α-tocopherol, ascorbic acid และ BHA [4] ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสกัดสารสำคัญจากเปลือกมะละกอในประเทศไทย มาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และนำสารสกัดที่ได้มาประยุกต์ในตำรับผลิตภัณฑ์เจล เพื่อเป็นการนำส่วนที่เหลือใช้จากพืชมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ สามารถเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรที่เพาะปลูกมะละกอ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้ใช้เปลือกมะละกอ (*Carica Papaya* L.) จากตลาดสวนพลู จังหวัดกรุงเทพมหานคร สารเคมีทั้งหมดประกอบด้วย เอทานอล (KEMAUS), เมทานอล (Ajex Finechem), โฟลิน-ซิโอแคลทูรีเอเจนต์ (KEMAUS), บิวทีลีนไกลคอล (CHEMIPAN) กรดแกลลิก (SIGMA-ALDRICH) โซเดียมคาร์บอเนต (KEMAUS) เควอซิทิน (CHEMIPAN) 2,2-ไดฟีนิล-1-ฟีคิลไฮดราซิล-ไอเดรต (SIGMA-ALDRICH) กรดแอสคอร์บิก (KEMAUS) โซเดียมไนเตรด (KEMAUS) คาร์โบเมอร์ (CHEMIPAN) อลูมิเนียม คลอไรด์ (KEMAUS) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (KEMAUS) ไตรเอทาโนลาไมน์ (KEMAUS) พีน็อกซ์เอทานอล (CHEMIPAN) กลีเซอรีน(CHEMIPAN) น้ำ DI (CHEMIPAN) โซเดียม อีดีทีเอ (CHEMIPAN) คาร์โบเมอร์ (CHEMIPAN) โพลี เจล (CHEMIPAN) อริสโทเฟล็ก เอวีซี (CHEMIPAN) เฟอริคคลอไรด์ (KEMAUS) เครื่องมือประกอบด้วย เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (BUCHI) เครื่องวัดค่าดูดคลื่นแสง (EMC LAB)

2.2 เตรียมสารสกัดหยาบจากเปลือกมะละกอ

นำมะละกอมาล้างให้สะอาดแยกส่วนเปลือก จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 1x1 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50˚C โดยใช้เครื่องตู้อบความร้อน เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดให้ละเอียด แล้วนำมาสกัดด้วยวิธีการหมัก (Maceration technique) โดยชั่งผงมะละกอใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท แล้วทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ เมทานอล (Methanol) และเอทานอล (Ethanol) อัตราส่วนของผงแห้งต่อตัวทำละลายอัตราส่วนเท่ากับ 1:5 หมักแช่ไว้เป็นเวลา 7 วัน นำมากรองด้วยกระดาษกรอง แล้วระเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Rotary evaporator) ชั่งหาปริมาณน้ำหนักของสารสกัดหยาบ และคำนวณหาร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบ (% Yield)

2.3 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดเปลือกมะละกอ โดยแบ่งการทดสอบสาร (Secondary metabolites) ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ซาโปนินและแทนนิน โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน [5], [6] แต่ละการทดสอบ ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

2.3.1 การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins) ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น นำไปอุ่นบนเครื่องไออังน้ำ 5 นาที เขย่าอย่างแรงถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบสารซาโปนิน

2.3.2 การตรวจสอบแทนนิน (Tannins) ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.0มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังไอน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองเติมสารละลายเฟอริคคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบสารแทนนิน

2.4 การหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

การหาปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธี Folin – Ciocalteu reagent assay [7] เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรโดยใช้ปริมาณในการทดสอบเป็น 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 และ 200 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin ciocaltue’s reagent ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันดีและเติม 7% โซเดียมคาร์โบเนต ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร สร้างกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกและนำเสนอในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg GAE/g extract) โดยแต่ละตัวอย่างทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.5 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content)

การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ด้วยวิธี Aluminium trichloride colorimetric [8] โดยใช้เคอร์ซิตินเป็นสารมาตรฐาน เมื่อทำการผสมสารละลายมาตรฐานเคอร์ซิติน ให้มีความเข้มข้นเป็น 0, 20, 40, 60 และ 80 ไมโครลิตร เติม 10% อลูมิเนียมคลอไรด์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เติม 5% โซเดียมไนไตรท์ ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร และ 4% โซเดียมไฮดรอกไซด์

ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร สร้างกราฟมาตรฐานเคอร์ซิตินและนำเสนอค่าปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดแห้ง (mg QE/g extract)

2.6 การหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

การหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ Ascorbic acid เป็นสารละลายมาตรฐาน [8] เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินซี ปิเปตสารมาตรฐาน Ascorbic acid ที่มีความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในหลอดทดลอง จากนั้นใส่สาร DPPH ละลายในเอาทานอลที่ความเข้มข้น 0.24 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 280 ไมโครลิตร ในแต่ละหลอดทดลองโดยที่ใช้ Negative control เป็นเมทานอล 20 ไมโครลิตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นเขย่าและนำไปบ่มที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer) คำนวณหาค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ (%Inhibition)

2.7 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมะละกอ

2.7.1 การเตรียมเจลพื้น

การเตรียมเจลพื้นโดยใช้สารก่อเจล (Gelling agent) ที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย Poly gel, Aristoflex AVC, Any gel เปรียบเทียบสูตรเจลเบสจำนวน 3 สูตร โดยประเมินจากลักษณะทางกายภาพ ด้วยการมองเห็น (Visual test) ประกอบด้วยสี การแยกชั้น การตกตะกอน ลักษณะทางเคมี ด้วยการวัดค่า pH ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสูตรตำรับเจลพื้น

สารเคมี	สูตรที่ 1 (%w/w)	สูตรที่ 2 (%w/w)	สูตรที่ 3 (%w/w)	หน้าที่ของสาร
Carboxyvinyl polymer (Poly Gel)	0.5	-	-	Gelling agent
Ammonium Acryloyldimethyltaurate/VP Copolymer (Aristoflex AVC)	-	0.5	-	Gelling agent
Carbomer	-	-	0.5	Gelling agent
Glycerin	5	5	5	Humectant
DI water	q.s.	q.s.	q.s.	Solvent
Triethanolamine	0.38	0.38	0.38	Neutralizer
Sodium EDTA	0.1	0.1	0.1	Chelating agent
Phenoxyethanol (and) Chlorphenesin (and) Glycerin (Microcare PHC)	0.5	0.5	0.5	Preservative

2.7.2 ขั้นตอนการผสม

เติมสารก่อเจล (Gelling agent) โดยสูตรที่ 1 เติม Poly gel สูตรที่ 2 เติม Aristoflex AVC สูตรที่ 3 เติม Carbomer ลงใน DI water คนจนกว่าสารก่อเจลละลาย จากนั้นเติม Triethanolamine ลงไปคนจนกว่าจะขึ้นเนื้อเจล จากนั้นเติมสารให้ความชุ่มชื้น Glycerin คนให้เข้ากัน เติม Sodium EDTA และเติม Microcare PHC ลงไป คนให้เข้ากัน ศึกษาลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของเจลพื้นเปรียบเทียบกัน 3 สูตร เลือกมา 1 สูตร นำไปเติมสารสกัดต่อไป

2.7.3 การพัฒนาเจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมะละกอ

การพัฒนาเจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมะละกอ โดยใช้สารสกัดที่มีความเข้มข้นต่างกัน จำนวน 5 สูตร โดยเรียงลำดับความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 %w/w ตามลำดับ

2.8 การทดสอบความคงตัว (Stability)

นำผลิตภัณฑ์เจลมาทดสอบความคงตัว 2 สภาวะ โดยสภาวะแรกทดสอบที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทดสอบในสภาวะเร่ง (Heating cooling) ในตู้เย็นเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง สลับกับอุณหภูมิ 45 ˚C เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง (นับเป็น 1 รอบ) ทำจำนวน 6 รอบ บันทึกการเปลี่ยนแปลง

2.9 การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์

2.9.1 การทดสอบความชุ่มชื้นของผิวหนัง (Hydration)

ทดสอบความชุ่มชื้นของผิวหนังบริเวณท้องแขน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สภาพผิวแบบหลายหัววัด (Cortex, ยี่ห้อ Dermalad' Series, รุ่น SkinLad 2.1.1.1) โดยเลือกใช้หัววัด Hydration มาทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เจลพื้น และเจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดความเข้มข้น 0.5,1,1.5,2,2.5 %w/w ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบก่อนใช้ผลิตภัณฑ์และหลังใช้ผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์

2.9.2 การทดสอบการสูญเสียน้ำจากผิวหนัง (TEWL)

ทดสอบการสูญเสียน้ำจากผิวหนังบริเวณท้องแขน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สภาพผิวแบบหลายหัววัด (Cortex, ยี่ห้อ Dermalad' Series, รุ่น SkinLad 2.1.1.1) โดยเลือกใช้หัววัด TEWL มาทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เจลพื้น และเจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดความเข้มข้น 0.5,1,1.5,2,2.5 %w/w ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบก่อนใช้ผลิตภัณฑ์และหลังใช้ผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์

2.10 ทดสอบการแพ้ที่บริเวณผิวหนัง

ทดสอบการแพ้บริเวณผิวหนัง โดยวิธี Patch test กำหนดให้ท้องแขนด้านซ้ายเป็นบริเวณที่ทดสอบผลิตภัณฑ์ โดยใช้ Sodium Lauryl Ether Sulfate และสารสกัดเป็นสารควบคุมเชิงบวกและ Glycerin เป็นสารควบคุมเชิงลบ จากนั้นทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 4 และ 24 ชั่วโมง (Kento, H., et al., 2013) บันทึกผลการทดสอบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดลองการสกัดเปลือกมะลอกอ

จากการสกัดด้วยวิธีการแช่หมัก ด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ เมทานอล และเอทานอล พบว่าสารสกัดหยาบของเปลือกมะละกอที่ใช้ตัวทำละลายของเมทานอล มีความหนืด มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นฉุน ส่วนสารสกัดที่ใช้ทำละลายของเอทานอล มีความหนืดและเหลวกว่าสารสกัดเมทานอล มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นฉุน (ภาพที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของผลผลิตของสารสกัดหยาบพบว่า สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีปริมาณมากกว่าตัวทำละลายเอทานอล เท่ากับ 14.41±3.30, 7.93±3.33 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณของสารสกัดหยาบของเปลือกมะละกอ (Mean±S.D.,n=3)

สารสกัดหยาบ	ค่าเฉลี่ยของสารสกัดหยาบ (% yield of crude extract) (Mean ± S.D.)
สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอล	14.41 ± 3.30
สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเอทานอล	7.93 ± 3.33



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 เปลือกมะละกอรูปแบบผงแห้งและรูปแบบสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลาย
(ก) เปลือกมะละกอรูปแบบผงแห้ง
(ข) สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอล
(ค) สารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเอทานอล

3.2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบเปลือกมะละกอด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ซาโปนิน, แทนนิน, อาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน จากการทดสอบพบสารทั้ง 2 กลุ่ม ในสารสกัดหยาบของเปลือกมะละกอ

3.3 ผลการหาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดถูกทดสอบด้วยวิธี Folin-Ciocalteu reagent assay มีค่าเท่ากับ 36.93 ± 2.00, 11.98 ± 0.44 mg GAE/g crude extract ตามลำดับ การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัด ถูกทดสอบด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric assay มีค่าเท่ากับ 13.94 ± 1.16, 12.91 ± 2.97 mg QE/ g crude extract ตามลำดับ ซึ่งในการทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์รวม พบว่าสารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลมีค่าสูงกว่าเอทานอล เนื่องจากความมีขั้วของสารละลายต่างกัน เมทานอลมีขั้วสูงกว่าเอทานอล ทำให้สกัดสารสำคัญออกมาได้มากกว่าเมทานอล ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์จากสารสกัดหยาบเปลือกมะละกอ (Mean±S.D.,n=3)

สารสกัดหยาบ	Total Phenolic Content (mg GAE/g crude extract) (Mean ± S.D.)	Total Flavonoid Content (mg QE/g crude extract) (Mean ± S.D.)
ตัวทำละลายเมทานอล	36.93 ± 2.00	13.94 ± 1.16
ตัวทำละลายเอทานอล	11.98 ± 0.44	12.91 ± 2.97

หมายเหตุ mg GAE/g crude extract คือ มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อกรัมของสารสกัดหยาบ
mg QE/g crude extract คือ มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์ซิตินต่อกรัมของสารสกัดหยาบ

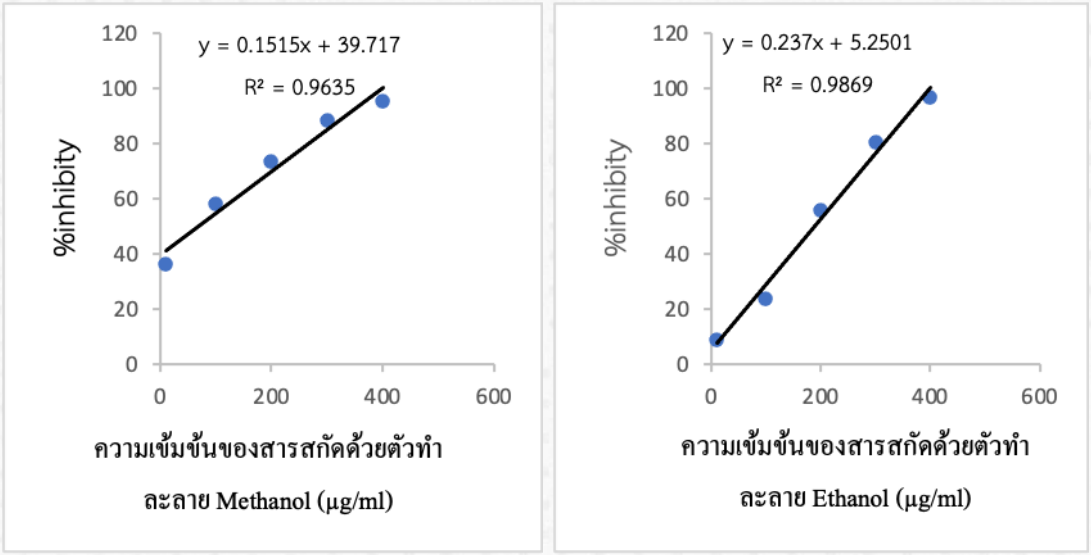
3.4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกมะละกอด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Ascorbic acid โดยวิธี DPPH radical scavenging โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 nm รายงานผลด้วยค่า IC50 พบว่า %inhibition ของสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอล เท่ากับ 36.14-95.41% ส่วนสาร

สกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเอทานอล เท่ากับ 9.02-96.54% (ภาพที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบค่า IC50 พบว่าสารมาตรฐาน Ascorbic acid มีค่ามากกว่าสารสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอลและเอทานอล เท่ากับ 36.27±3.76, 67.87±4.93, 188.821±2.55 µg/ml ตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) ของสารมาตรฐานและสารสกัดหยาบเปลือกมะละกอ (Mean ± S.D., n=3)

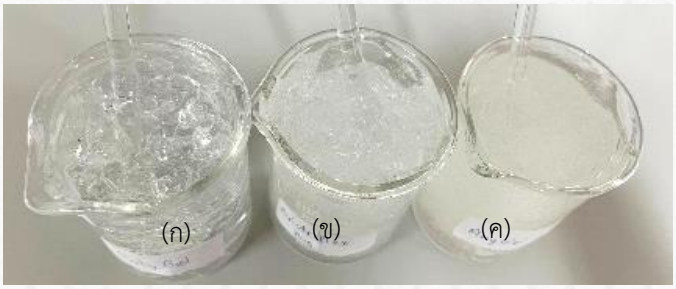
สารสกัดหยาบ	DPPH Scavenging IC_{50} (µg/ml) (Mean ± S.D.)
ตัวทำละลายเมทานอล	67.87 ± 4.93
ตัวทำละลายเอทานอล	188.821 ± 2.55
สารมาตรฐาน Ascorbic acid	36.27 ± 3.76



ภาพที่ 2 แสดงค่า %inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดด้วยตัวทำละลาย

3.5 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมะละกอ

3.5.1 การศึกษาชนิดของสารก่อเจล (Gelling agent)

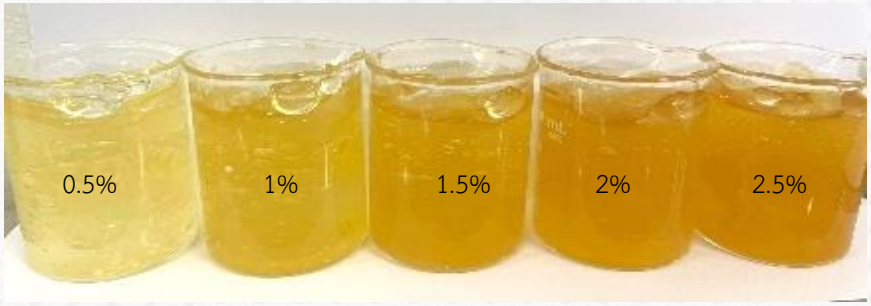


ภาพที่ 3 แสดงลักษณะเนื้อเจลด้วยสารก่อเจลต่างชนิดกัน
(ก) Poly gel (ข) Aristoflex AVC (ค) Carbomer

จากการประเมินลักษณะทางกายภาพ พบว่า Poly Gel ให้คุณสมบัติที่ดีที่สุด ลักษณะเป็นเนื้อเจลสีใส มีความหนืดปานกลาง เนื้อสัมผัสดี ละเอียด เกลี่ยง่าย ซึมเข้าสู่ผิวได้ดี ส่วน Aristroflex AVC ลักษณะเนื้อเจลสีใส มีความเหลวมากกว่า Poly Gel แห้งช้า และ Carbomer ลักษณะเนื้อเจลสีขุ่น ทาแล้วมีความเหลวมากเกินไป ค่า pH ของ Poly Gel, Aristroflex AVC และ Carbomer เท่ากับ 5.40, 5.43 และ 5.57 ตามลำดับ

3.5.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมะละกอ

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมะละกอ โดยใช้ปริมาณ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 %w/w ตามลำดับ (ภาพที่ 4) พบว่าลักษณะเนื้อเจลที่ความเข้มข้น 0.5 %w/w มีความหนืดมากที่สุด และที่ความเข้มข้น 2.5 %w/w มีความหนืดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบสีของผลิตภัณฑ์พบว่าที่ความเข้มข้น 2.5 %w/w มีสีส้มเข้ม และที่ความเข้มข้น 0.5 %w/w มีสีเหลืองอ่อน เมื่อเปรียบเทียบค่า pH พบว่าสูตรที่มีความเข้มข้นสูงสุด 2.5% มีลักษณะเนื้อเจลเหลวกว่าทุกสูตร เนื่องจากค่า pH ของมะละกอ เท่ากับ 5.42±0.21 เป็นกรดอ่อนๆ ซึ่งความเป็นกรดของสารสกัดจะทำให้สูตรมีความเหลว ดังนั้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดในผลิตภัณฑ์ทำให้สูตรมีความเหลวลง



ภาพที่ 4 แสดงผลิตภัณฑ์เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมะละกอที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

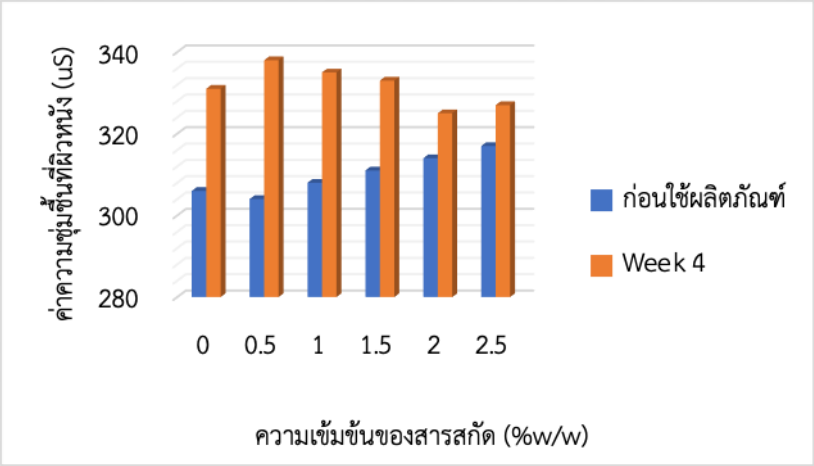
3.5.3 การทดสอบความคงตัว (Stability) ของผลิตภัณฑ์เจล

จากการทดสอบความคงตัวของตำรับผลิตภัณฑ์เจลเบส และผลิตภัณฑ์เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 %w/w ตามลำดับ โดยการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ และทดสอบที่สภาวะเร่ง (Heating-Cooling cycle) 4 °C นาน 48 ชั่วโมง สลับกับอุณหภูมิ 45 °C นาน 48 ชั่วโมง (1 Cycle) ทดสอบจำนวน 6 Cycle แล้วทำการบันทึกผล ความหนืด สี กลิ่น การแยกชั้น pH พบว่าผลิตภัณฑ์เจลเมื่อตั้งทิ้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทุกตำรับไม่มีการเปลี่ยนแปลงและผลการทดสอบในสภาวะเร่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.6 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เจล

3.6.1 ความชุ่มชื้น (Hydration)

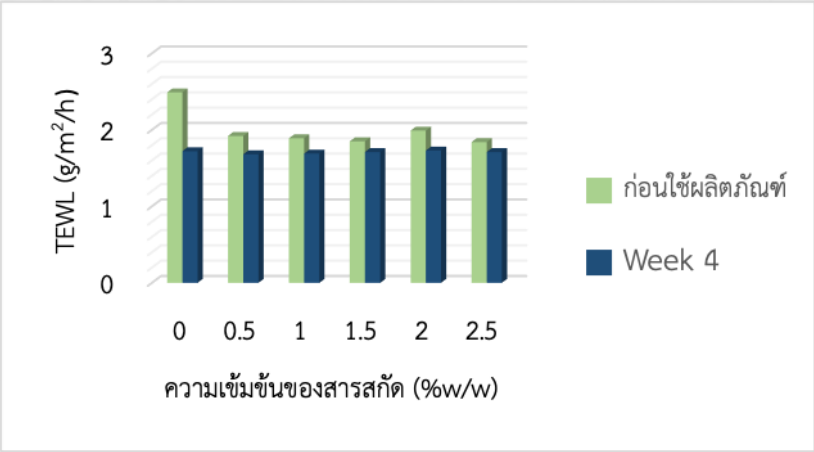
จากการทดสอบความชุ่มชื้นของผิวหนัง (Hydration) บริเวณท้องแขน โดยใช้เครื่องวัดความชุ่มชื้นผิว (Cortex, ยี่ห้อ Dermalad’ Series, รุ่น SkinLad 2.1.1.1) มาทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เจลพื้นและเจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดความเข้มข้น 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 %w/w ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบก่อนใช้ผลิตภัณฑ์และหลังใช้ผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 5) จากผลการทดสอบพบว่าก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ความชุ่มชื้นผิวมีค่าระหว่าง 306-317 uS หลังผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์ พบว่าสูตรผลิตภัณฑ์เจลที่มีความเข้มข้นของสารสกัดที่ 0.5 %w/w ให้ความชุ่มชื้นบริเวณผิวหนังสูงสุด รองลงมาสูตรที่ความเข้มข้นของสารสกัด 1 %w/w และสูตรที่ความชุ่มชื้นผิวน้อยที่สุด 2.5 %w/w



ภาพที่ 5 แสดงค่าความชุ่มชื้นที่ผิวหนังเปรียบเทียบก่อนใช้และหลังใช้ผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์

4.6.2 การสูญเสียน้ำจากผิวหนัง (Transepidermal water loss, TEWL)

จากการทดสอบการสูญเสียน้ำจากผิวหนังบริเวณท้องแขน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การสูญเสียน้ำที่ผิวหนัง (Cortex, ยี่ห้อ Dermalad' Series, รุ่น SkinLad 2.1.1.1) โดยเปรียบเทียบก่อนใช้ผลิตภัณฑ์และหลังใช้ผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 6) จากผลการทดสอบพบว่าก่อนใช้ผลิตภัณฑ์ค่าการสูญเสียน้ำที่ผิวหนังมีค่าระหว่าง 1.84-2.49 g/m^2/h หลังผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์ พบว่าสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดความเข้มข้น 0.5 %w/w มีค่าลดลงมากที่สุด รองลงมาสูตรที่มีความเข้มข้น 1 %w/w และสูตรที่มีความเข้มข้น 2.5 %w/w มีค่าการสูญเสียน้ำที่ผิวน้อยที่สุด



ภาพที่ 6 แสดงค่าการสูญเสียน้ำที่ผิวหนัง (TEWL) เปรียบเทียบก่อนใช้และหลังใช้ผลิตภัณฑ์ 4 สัปดาห์

4. บทสรุป

การสกัดเปลือกมะละกอ (*Carica Papaya* L.) ด้วยตัวทำละลายเมทานอลสกัดสารสำคัญออกมาได้มากที่สุด พบสารซาโปนินและแทนนินในสารสกัดเปลือกมะละกอ มีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูง อีกทั้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงอีกด้วย เมื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบเจล พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดที่เหมาะสมคือ 0.5%w/w ช่วยให้ความชุ่มชื้นและ

ลดการสูญเสียน้ำในผิวได้ดี ดังนั้นเปลือกมะละกอเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง สามารถเพิ่มมูลค่าจากส่วนที่เหลือใช้ และสามารถหาได้ทั่วภูมิภาคในประเทศไทย

5. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สาขาวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Lobo V, Patil A, Phatak A. Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Journal of Pharmacognosy Reviews*. 4(2010)118-26.

[2] Papas A. M. Diet and antioxidant status. Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association. 37(1999)999–1007.

[3] Halee A. & Rattanapun B. Study of Antioxidant Efficacies of 15 Local Herbs. KMUTT Research and Development Journal. 40(2560)283-293.

[4] Ang, Y.K., Sia, W.C.M., Khoo, Hock Eng & Yim, Hip Seng. Antioxidant potential of Carica papaya peel and seed. *Journal of Focusing on Modern Food Industry*. 1(2012)11-16.

[5] Ayoola, G.A., Coker, H.A.B., Adesegun, S.A., Adepoju-Bello, A.A., Obaweya, K., Ezennia, E.C., & Atangbayila, T.O. Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in Southwestern Nigeria. *Journal of Pharmaceutical Research*. 7(2008)1019–1024.

[6] Koleva, I.I., BeeK, T., Linseen, J.P.H., Groot, A., & Evstatieva, L.N. Screening of plant extracts for antioxidant activity: A comparative study on three testing methods. *Journal of Phytochemical Analysis*. 13(2002)817-821.

[7] Tsai, H.L., K.C.C. Sam and C. Sue-Joan. Antioxidant content and free radical scavenging ability of fresh red pomelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) juice and freezedried products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(2007)2867–2872.

[8] Prommuak, Chattip & De-Eknamkul, Wanchai & Shotipruk, Artiwan. Extraction of flavonoids and carotenoids from Thai silk waste and antioxidant activity of extracts. *Journal of Separation and Purification Technology*. 62(2008)444-448.

ผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบารักษ์สิ่งแวดล้อมจากขยะขวดพลาสติกและของเหลือทิ้งทางการเกษตร

A Lightweight Brick Protecting Environment Containing Plastic Bottle Waste and Agricultural Waste

ดวงฤทัย นิคมรัฐ[1*] ภัทริกา สูงสมบัติ[1] ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร[1] จิรัชญา ใจกะสัน[1]
อุทุมพร สุจริตสมาน[1] นิภาพร ปัญญา[2] และ ภภัสสร สิงหธรรม[2]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
*Email: duongruitai.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกคุณลักษณะของอิฐมวลเบาที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้ขยะจากขวดพลาสติกและของเหลือทิ้งทางการเกษตร เพื่อการทำอิฐมวลเบาให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสม จากการศึกษาทีมผู้วิจัยได้ผสมอิฐมวลเบาด้วยการผสมสัดส่วนต่างกันของเศษพลาสติกจากขวดพลาสติก PET เส้นใยกล้วย และ/หรือเปลือกหอยแครงป่น เพื่อผลิตเป็นอิฐมวลเบาตัวอย่าง5 แบบแล้วเปรียบเทียบกับอิฐตัววควบคุม ในการเตรียมอิฐมวลเบาในระยะเวลาการบ่มน้ำ 7 วัน พบว่า อิฐมวลเบาตัวอย่าง D ที่ผสมปูนเปลือกหอยแครง มีความหนาแน่นสูงสุด คือ 17.7 10-4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อิฐมวลเบาตัวอย่าง C ที่ผสมเส้นใยกล้วย มีความต้านทานแรงอัดสูงสุด คือ 31.4 กิโลนิวตันต่อตารางเซนติเมตร อิฐมวลเบาตัวอย่าง D ที่ผสมปูนเปลือกหอยแครงมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด คือ ร้อยละ 3.488 และมีค่าการนำความร้อนต่ำสุด คือ 37.4 องศาเซลเซียส ดังนั้นผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง ซึ่งมีอัตราส่วนร้อยละระหว่าง ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม : ผงอลูมิเนียม : ทรายละเอียด : ปูนเปลือกหอยแครง คือ 31.8 : 9.5 : 9.5 : 2.1 : 42.5 : 4.3 ทำให้มีความหนาแน่นสูงสุด มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด และมีค่าการนำความร้อนต่ำ และอัตราส่วนร้อยละระหว่าง ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม : ผงอลูมิเนียม : ทรายละเอียด : เส้นใยกล้วย คือ 32.6 : 9.8 : 9.8 : 2.1 : 43.5 : 1.9 จึงมีความต้านทานแรงอัดสูงสุด เมื่อนำผลการทดสอบไปเทียบกับมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 พบว่า อิฐมวลเบาตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วงที่ มอก. กำหนดไว้ จากงานวิจัยนี้จึงเห็นได้ว่าสามารถนำขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง มาใช้เป็นวัสดุผสมในอิฐมวลเบาเป็นอีกแนวทางที่เพิ่มคุณลักษณะของอิฐมวลเบาที่แตกต่างกัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกันได้ สามารถนำไปใช้ได้จริง ช่วยรักษ์สิ่งแวดล้อม ลดขยะและแทนการใช้วัสดุผสมที่ช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยตรง

คำสำคัญ: อิฐมวลเบา ขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย ผงปูนเปลือกหอยแครง

Abstract

This research aimed to identify the properties of lightweight bricks with the optimal ratio of bottles and agricultural waste for proper properties. From the study, the research team mixed different compositions of waste plastics from PET plastic bottles, banana fibers, and/or crushed cockle shells to

create lightweight bricks, and found that 5 samples of the weight of the lightweight bricks compared to the control bricks. After performing the 7-day post-treatment period, it was found that the lightweight brick sample D mixed with cockle cement powder had the highest density of 17.7 10-4 kg/m^3. The lightweight brick sample C, which was additionally mixed with banana fiber, exhibited the highest compressive strength at 31.4 kN/cm^2. The lightweight brick sample D mixed with shell cement powder expressed the lowest water absorption of 3.488% and the lowest thermal conductivity of 37.4 ℃. Therefore, light brick products are made from plastic waste, banana fiber, and cockle cement powder with a cement : lime : gypsum : aluminum powder : fine sand : cockle mortar ratio of 31.8 : 9.5 :9.5 : 2.1 : 42.5 : 4.3. produced highest density, but lowest water absorption and low thermal conductivity. At the same time, the ratio of cement: lime: gypsum: aluminum powder: fine sand: banana fiber at 32.6: 9.8: 9.8: 2.1: 43.5: 1.9 demonstrated the highest compressive strength when compared with TIS standard 1505-2541. The lightweight brick samples were in the acceptable range of TIS standards. This study showed that waste plastics, banana fiber and cockle cement powder can be used as composite materials for lightweight bricks as an additional approach to improve the properties of various lightweight bricks. It is an alternative approach to reduce the use of natural resources, thereby protecting the environment, reducing waste and replacing the use of composite materials.

Keywords: Lightweight brick, Plastic bottle waste, banana fibers, cockle shell powder

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาอิฐมวลเบาที่ใช้ในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น มีการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้เป็นส่วนผสมในอิฐบล็อกเพื่อนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้ง และพัฒนาประสิทธิภาพอิฐมวลเบาให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งอิฐมวลเบาเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีประโยชน์และมีความสำคัญต่องานก่อสร้างเกือบทุกชนิด แต่เนื่องจากอิฐมวลเบาที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่มาจากการผสมระหว่างปูนซีเมนต์ หิน กรวด และน้ำ จึงทำให้อิฐมวลเบามีน้ำหนักค่อนข้างมาก และมีค่าการนำความร้อนสูง อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาการผลิตอิฐมวลเบาเพื่อให้มีน้ำหนักเบาลง และมีค่าการนำความร้อนต่ำ โดยใช้วัสดุทดแทนที่มาจากของเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เส้นใยกล้วย แกลบ กะลามะพร้าว ผงถ่านจากการเผากระดูก ฟางข้าว เป็นต้น [1] นอกจากนั้นยังสามารถใช้ขยะเหลือทิ้งจากการบริโภค เช่น เปลือกหอยแครงมาแปรรูปเป็นปูน เป็นต้น [2] และใช้ขยะพลาสติก เช่น ขวดพลาสติก เป็นต้น แทนการใช้หิน กรวด และปูนซีเมนต์ แต่ยังมีข้อเสียในเรื่องความแข็งแรงที่ลดลง [3] ดังนั้นจึงมีการวิจัยอิฐมวลเบาที่มีน้ำหนักเบาลงแต่ยังคงสภาพความแข็งแรง เป็นฉนวนความร้อน มีกระบวนผลิตที่ง่าย ราคาประหยัด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และในการผสมขยะพลาสติกที่มีจำนวนมากในประเทศไทย ทิ้งอยู่ทั่วไป ยากต่อการย่อยสลาย ต้องการเลือกใช้ขยะพลาสติกจะเป็นส่วนหนึ่งที่ถูกนำกลับมาใช้ ดีกว่าการนำไปกำจัดทิ้งโดยการฝังกลบ การหลอม และการรีไซเคิล การนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำอิฐ เช่น เป็นส่วนผสมในอิฐมวลเบาจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณขยะขวดพลาสติกเป็นจำนวนมาก ที่ทิ้งในธรรมชาติจะยากต่อการย่อยสลายและต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนานกว่าขยะชนิดอื่น การย่อยสลายในรูปของไมโครพลาสติกที่เป็นตัวสำคัญส่งผลกระทบเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ และก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม อิฐมวลเบาที่มีขวดพลาสติกเป็นส่วนผสม จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของอิฐมวลเบาด้าน การลดน้ำหนักให้เบาลง และการเป็นฉนวนความร้อน เป็นต้น ซึ่งเป็นการใช้ขยะขวดพลาสติกที่ยากต่อการย่อยสลายให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นการนำขยะพลาสติก

มาแปรรูปสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยทำให้เป็นวัสดุใหม่ที่นำมาใช้ได้ในรูปแบบใหม่ และไม่ให้ขยะกลับคืนสู่วงจรขยะพลาสติกอีกครั้ง และด้วยความเป็นฉนวน สามารถกันความร้อนและกันเสียงได้ดี ทำให้สามารถพัฒนาเป็นผนังกันความร้อนได้ดี

วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญและมีแนวทางการแก้ไขค่อนข้างน้อย ซึ่งประเทศไทยมีของเสียที่เกิดจากการผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ต้นกล้วย โดยปกติเมื่อนำเครือกล้วยไปใช้ประโยชน์ ต้นกล้วยจะถูกตัดทิ้ง มีการนำต้นกล้วยไปใช้เป็นอาหารสัตว์หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่ก็ยังมีปริมาณน้อย ต้นกล้วยที่เหลือจึงถูกกำจัดทิ้งในวิธีที่แตกต่างกันไป ที่ผ่านมามีการแปรรูปต้นกล้วยโดยนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิดเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น เส้นใยสำหรับการทอผ้า เป็นต้น เนื่องจากคุณสมบัติของเส้นใยกล้วยมีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น ผนังเซลล์บาง เส้นใยแข็งแรงและกระด้าง มีความเหนียว สามารถต้านทานแรงดึงได้ดี และเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ดังนั้นการวิจัยนี้จึงต้องการนำต้นกล้วยซึ่งเป็นพืชที่มีเส้นใยมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำอิฐบล็อก เพื่อทำให้อิฐมวลเบามีน้ำหนักเบา และคงรักษาสภาพความแข็งแรง และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ [4]

ขยะเหลือทิ้งจากการบริโภค ถือเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่ง ซึ่งเปลือกหอยแครงที่เหลือทิ้งจากการบริโภคมักจะถูกทิ้งไร้ค่าและกลายเป็นขยะส่งกลิ่นเหม็น จึงนำเปลือกหอยแครงมาทำเป็นปูนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม และทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ที่ได้จากการระเบิดภูเขา เนื่องจากเปลือกหอยแครงมีแคลเซียมคาร์บอเนต เป็นองค์ประกอบ เมื่อนำไปเผาในความร้อนเหมาะสมแล้วบดให้ละเอียด จะได้แคลเซียมออกไซด์ หรือปูนขาว $Ca(OH)_2$ เป็นองค์ประกอบโครงสร้างผลึกอยู่ร้อยละ 99 – 100 ลักษณะโครงสร้างดังกล่าวใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ที่ได้จากการระเบิดหินภูเขา ดังนั้นการวิจัยนี้จึงต้องการนำเปลือกหอยแครงมามาผ่านกระบวนการเผาเพื่อทดแทนปูนและใช้เป็นส่วนผสมในการทำอิฐบล็อก เพื่อให้ได้อิฐมวลเบามีน้ำหนักเบากว่าอิฐบล็อกที่ทำจากปูนที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป เพื่อเป็นการนำขยะที่เหลือจากการบริโภคมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และลดปริมาณขยะในครัวเรือน

จากสาเหตุดังกล่าวคณะผู้ทำการวิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง จากขยะพลาสติกที่มีปริมาณมาก ยากต่อการย่อยสลายมาเป็นส่วนผสมในการทำอิฐมวลเบาเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม และเพิ่มประสิทธิภาพของอิฐมวลเบา ให้มีน้ำหนักเบาและเป็นฉนวนความร้อน เป็นต้น และนำเส้นใยกล้วยที่มีคุณสมบัติของความเหนียว แข็งแรง ต้านแรงดึงได้ดี ซึ่ง เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มมาใช้เป็นส่วนผสมอิฐมวลเบาให้มีน้ำหนักเบาและคงรักษาสภาพความแข็งแรง และยังนำเปลือกหอยเหลือทิ้งจากการบริโภคเป็นขยะไร้ค่ามาสร้างมูลค่าเพิ่มโดยจะผ่านการแปรรูปเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) แล้วใช้เป็นส่วนผสมในการทำอิฐมวลเบาเพื่อช่วยให้อิฐบล็อกมีน้ำหนักเบากว่าอิฐมวลเบาที่ทำมาจากปูนทั่วไปตามท้องตลาด

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง มีขั้นตอนการดังต่อไปนี้

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ นำขวดพลาสติก PET จากขยะพลาสติกเหลือทิ้ง มาผ่านกระบวนการล้างทำสะอาด ตากแดดให้แห้ง และบดให้มีขนาด 1 มิลลิเมตร นำต้นกล้วยที่เหลือทิ้งจากการเกษตร มาผ่านกระบวนการหั่นให้มีขนาด 3 เซนติเมตร นำมาต้มจนเปื่อย ปั่นให้ละเอียดจนเป็นเส้นใย และตากแดดให้แห้ง นำเปลือกหอยแครง จากขยะเหลือทิ้งจากการบริโภค มาผ่านกระบวนการล้างทำความสะอาด ตากแดดให้แห้ง นำไปเผาในเตาอบที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง บดให้ละเอียดเป็นผงใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ และกรองผ่านตะแกรงคัดกรองขนาด 0.1 มิลลิเมตร ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ทรายละเอียด ปูนขาว ยิปซัม และผงอะลูมิเนียม

2.2. การทดสอบหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐมวลเบา จากการหาส่วนผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด ปูนขาว ยิปซัม ผงอะลูมิเนียม ขวดพลาสติก PET เส้นใยกล้วย และปูนเปลือกหอยแครง เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามความต้องการ อัตราส่วนผสมอิฐมวลเบาชุดควบคุม คือ ปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : ปูนขาว : ยิปซัม : ผง

อะลูมิเนียม = 33.3 : 44.4 : 10 :10 : 2.2 โดยน้ำหนัก และน้ำร้อยละ 12 ของน้ำหนักส่วนผสมรวม โดยกำหนดอัตราส่วนส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากห้องปฏิบัติการดังตารางที่ 1 ตัวอย่างในการทดลองมีการนำขวดพลาสติก PET เส้นใยกล้วย และปูนเปลือกหอยแครงมาผสมกับปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด ปูนขาว ยิปซัม และผงอะลูมิเนียมในอัตราส่วนต่าง ๆ มีส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองออกเป็น 5 สูตร ดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในตัวอย่างอิฐมวลเบา 5 แบบ (สูตร A B C D และ E)

ตัวอย่าง	อัตราส่วนผสม ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)							
	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	ปูนขาว	ยิปซัม	ผงอะลูมิเนียม	ขวดพลาสติก PET	เส้นใยกล้วย	ปูนเปลือกหอยแครง
A	33.3	44.4	10	10	2.2	-	-	-
B	31.8	42.5	9.5	9.5	2.1	4.3	-	-
C	32.6	43.5	9.8	9.8	2.1	-	1.9	-
D	31.8	42.5	9.5	9.5	2.1	-	-	4.3
E	30	9	9	2	40	4	1.8	4

2.3 การผลิตบล็อกอิฐมวลเบา ในการเตรียมบล็อกขึ้นรูปหล่ออิฐมวลเบา ขนาด 20 x 30 x 7.5 เซนติเมตร^3 จากการชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตรที่ได้กำหนดไว้ ผสมรวมกันแล้วเติมน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 12 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด กวนจนกว่าส่วนผสมทั้งหมดจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยอัตราส่วนที่เลือก ต้องไม่ทำให้ลักษณะของส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนแข็งหรือเหลวจนเกินไป เทส่วนผสมลงในบล็อกขึ้นรูปที่เตรียมไว้ อัดให้แน่น ปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง รอให้อิฐมวลเบาแข็งตัว ทำการถอดอิฐมวลเบาออกจากบล็อกขึ้นรูป เพื่อนำอิฐมวลเบาไปบ่มน้ำต่อไปเตรียมตัวอย่างสูตรละ 2 ตัวอย่าง แล้วทำให้อิฐมวลเบาที่แห้งแล้ว ไปบ่มแช่น้ำเป็นเวลา 7 วัน แล้วผึ่งลมเพื่อให้แห้งจะได้อิฐมวลเบา ขนาด 20 x 30 x 7.5 เซนติเมตร^3 พร้อมการนำไปทดสอบดูคุณสมบัติต่อไป

2.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและการนำความร้อน ในการศึกษาดูคุณสมบัติของอิฐมวล ประกอบด้วย **1) ลักษณะทางกายภาพของอิฐมวลเบา** จากการสังเกตลักษณะพื้นผิวของอิฐมวล 2) คุณสมบัติของความหนาแน่นจากการชั่งน้ำหนักของอิฐมวลเบาที่ผ่านการอบให้แห้งและชั่งน้ำหนักจนคงที่ วัดขนาดของอิฐมวลเบาที่ได้และคำนวณหาความหนาแน่นเพื่อให้ทราบคุณลักษณะเฉพาะของอิฐมวลเบาแต่ละแบบ **3) คุณสมบัติการดูดน้ำ** ด้วยการนำอิฐมวลเบาชั่งน้ำหนักก่อนและหลังจากแช่น้ำเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง และคำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของอิฐ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของอิฐ} = \frac{W' - Ws \times 100\ (\%)}{Ws}$$

โดย W' = น้ำหนักของอิฐหลังจากแช่น้ำ (g)
Ws = น้ำหนักอิฐที่อบแห้ง (g)

4) คุณสมบัติการนำความร้อน เป็นการนำอิฐมวลเบามาวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในกล่องโฟม โดยการใส่อิฐมวลเบาลงไปตรงกลางกล่องโฟม เพื่อจำลองเป็นผนังบ้าน ให้อีกด้านปิดทึบเพื่อวัดอุณหภูมิ แต่อีกด้านเปิดโล่งอีกด้านเพื่อใส่หลอดไฟไส้ขดลวด 200 วัตต์ ให้เป็นตัวแหล่งให้ความร้อน เปิดไฟให้ความร้อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และวัดอุณหภูมิในกล่องทุก 1 ชั่วโมง ให้ผลการทดลองดัง**ภาพที่ 1**



ก) ให้ความร้อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ข) วัดอุณหภูมิทุก 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 1 การทดสอบการนำความร้อนของอิฐมวลเบา

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางกลของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาที่ผสมด้วยขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และผงปูนเปลือกหอยแครง เพื่อทราบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาเพื่อประโยชน์การนำไปใช้ ประกอบด้วย ความสามารถในการเป็นฉนวนความร้อน มีน้ำหนักเบา ผลการทดสอบความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ และการนำความร้อน เป็นต้น และเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาตัวควบคุม ผลการศึกษาแบ่งตามหัวข้อได้ดังนี้

3.1 ลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา
3.2 ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา
3.3 ความต้านทานแรงอัดของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา
3.4 อัตราการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา
3.5 การนำความร้อนของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา

ในการทำผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง 5 แบบ มีอัตราส่วนดังนี้

ตัวอย่าง A (ชุดควบคุม) = ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม : ผงอลูมิเนียม : ทรายละเอียด มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักคือ 33.3 : 10 : 10 : 2.2 : 44.4

ตัวอย่าง B = ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม : ผงอลูมิเนียม : ทรายละเอียด : ขวดพลาสติก PET มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักคือ 31.8 : 9.5 9.5 : 2.1 : 42.5 : 4.3

ตัวอย่าง C = ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม : ผงอลูมิเนียม : ทรายละเอียด : เส้นใยกล้วย มีอัตราส่วนโดยน้ำหนัก คือ 32.6 : 9.8 : 9.8 : 2.1 : 43.5 : 1.9

ตัวอย่าง D = ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม : ผงอลูมิเนียม : ทรายละเอียด : ปูนเปลือกหอยแครง มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักคือ 31.8 : 9.5 : 9.5 : 2.1 : 42.5 : 4.3

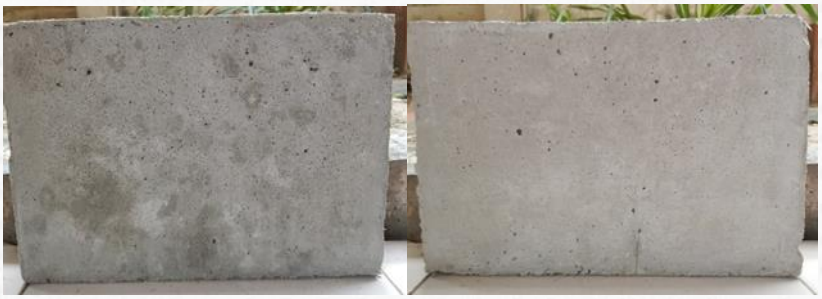
ตัวอย่าง E = ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซัม : ผงอลูมิเนียม : ทรายละเอียด : ขวดพลาสติก PET : เส้นใยกล้วย :ปูนเปลือกหอยแครง มีอัตราส่วนโดยน้ำหนัก คือ 30 : 9 : 9 : 2 : 40 : 4 : 1.8 : 4

3.1 ลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา

จากตัวอย่างอิฐมวลเบาที่ผสมเติมด้วยขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครงทั้ง 5 แบบ ลงในตัวองค์ประกอบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม ผงอลูมิเนียม และทรายละเอียด ที่มีในตัวอย่างชุดควบคุม (A) ที่มีลักษณะทางกายภาพคือ สีขาว ผิวเรียบ มีรูฟองอากาศเล็กน้อย และในตัวอย่าง B ซึ่งมีการเติมองค์ประกอบของขวดพลาสติก PET ทำให้มีลักษณะต่างขึ้นคือ มีรูฟองอากาศมาก และเกิดรอยแตกร้าวเล็กน้อย ผิวไม่เรียบ ซึ่งอาจมาจากการลดลงของความสามารถในการประสานกันของเนื้ออิฐที่มีพลาสติกกับองค์ประกอบอื่น แต่ยังคงมีสีขาว (**ภาพ 2ข**) ตัวอย่าง C ที่มีเส้นใยกล้วยมีรูฟองอากาศมากกว่าตัวอย่าง A (ชุดควบคุม) (**ภาพ 2ค**) ทั้งนี้ในตัวอย่าง D ที่มีการเติมปูนเปลือกหอยแครง ยังคงช่วยรักษาลักษณะทางกายภาพของอิฐมวลเบา ไม่แตกต่างจากตัวอย่าง A ซึ่งพบว่ามีฟองอากาศเล็กน้อย (**ภาพ 2ง**) และสำหรับตัวอย่าง D ที่มีการผสมเติม ขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง ทำให้ในเนื้อตัวอย่างอิฐมวลเบาที่ได้มีฟองอากาศมากที่สุด (**ภาพ 2จ**)



ก) ตัวอย่าง A (ตัวควบคุม) **ข) ตัวอย่าง B**



ค) ตัวอย่าง C **ง) ตัวอย่าง D**



จ) ตัวอย่าง E

ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างอิฐมวลเบา 5 แบบ (ผสมขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง)

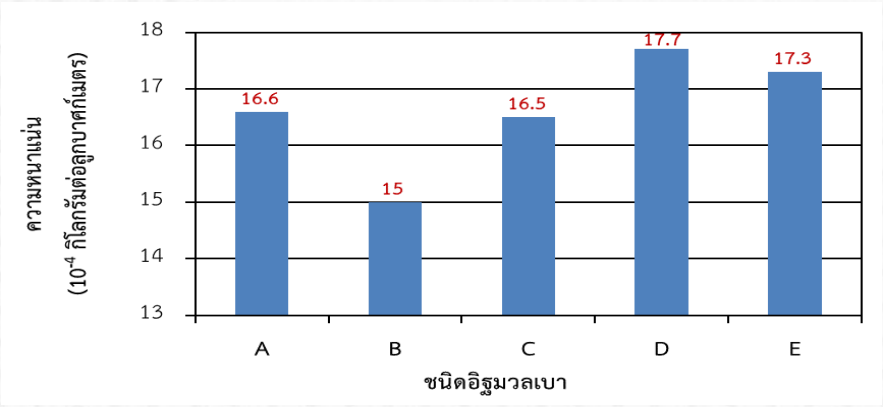
3.2 ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา

หลังจากการบ่มอิฐมวลเบาที่มาจากการเติมขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง เป็นเวลา 7 วัน แล้ววัดขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง และชั่งน้ำหนัก คำนวณความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา (**ภาพที่ 3**)

จากกราฟ**ภาพที่ 4** แสดงให้เห็นว่าอิฐมวลเบาในตัวอย่าง D ที่มีส่วนผสมจากปูนเปลือกหอยแครงที่ก่อให้มีน้ำหนักมากสุด จึงมีความหนาแน่นสูงสุด (17.7 10^{-4} กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ด้วยอัตราส่วนร้อยละของ ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม ผงอลูมิเนียม ทรายละเอียด และปูนเปลือกหอยแครง คือ 31.8 : 9.5 : 9.5 : 2.1 : 42.5 : 4.3 ตามลำดับ และรองลงมาคือตัวอย่าง E ที่มีการเติมส่วนประกอบหลายชนิด ซึ่งรวมถึงเปลือกหอยแครงที่ทำให้มีน้ำหนัก ด้วยเนื่องจากตัวอย่างทั้งสองแบบมีเปลือกหอยแครงมีองค์ประกอบหลัก คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เมื่อถูกความร้อนเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) หลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อให้แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์อย่างสมบูรณ์ ก่อให้ได้โครงสร้างการยึดเกาะภายในโครงสร้างที่แน่น จับตัวกันหนาแน่นมาก ส่งผลก่อให้เกิดถึงความแข็งแรงของอิฐมวลเบา ในขณะที่ตัวอย่าง B มีส่วนผสมของขวดพลาสติกที่ทำให้ได้อิฐมวลเบาที่มีน้ำหนักเบาสุด ซึ่งกรณีนี้สังเกตได้ว่ามีข้อเสียของพื้นผิวของอิฐที่พบว่ามีการแตกหัก



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการิเคราะห์ความหนาแน่นของอิฐมวลเบา



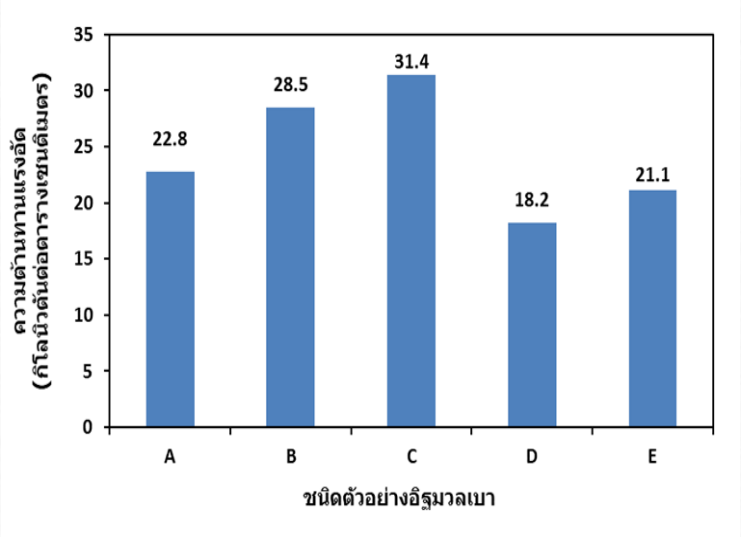
ภาพที่ 4 ความหนาแน่นของอิฐมวลเบา 5 แบบ

3.3 ความต้านทานแรงอัดของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา

จากการวิเคราะห์ความต้านทานแรงอัดของอิฐมวลเบา ด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัด (Calibration Test) **ดังภาพที่ 5** พบว่ามีความสามารถทนต่อแรงอัดได้แตกต่างกัน แต่อยู่ในมาตรฐาน เมื่อนำผลการทดสอบไปเทียบกับมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 (ไม่แสดงผลในงานวิจัยนี้) และจาก**ภาพที่ 6** แสดงให้เห็นว่า ส่วนผสมของเส้นใยกล้วยที่มีในตัวอย่าง C ที่มีอัตราส่วนร้อยละของ ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม ผงอลูมิเนียม ทรายละเอียด และเส้นใยกล้วย คือ 32.6 : 9.8 : 9.8 : 2.1 : 43.5 : 1.9 ตามลำดับ ให้ค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุด เท่ากับ 31.4 กิโลนิวตันต่อตารางเซนติเมตร อันเนื่องมาจากเส้นใยกล้วย แม้มีเส้นใยสั้น บาง แต่เหนียวและยืดหยุ่นของใยต้นกล้วยช่วยให้ต้านทานแรงอัดได้ดี จึงเหมาะสม

กับการนำเส้นใยกล้วยมาใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของอิฐมวลเบาที่ต้องการให้เกิดความเหนียว ยืดหยุ่นและความแข็งแรง แต่เหนียวและยืดหยุ่น เป็นองค์ประกอบหลักจึงทำให้สามารถต้านทานแรงอัดได้ดี และมีความแข็งแรง

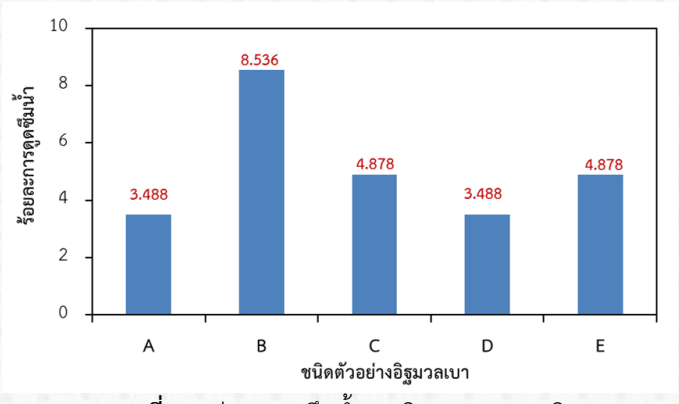




ภาพที่ 5 การหาความต้านทานแรงอัดของอิฐมวลเบา **ภาพที่ 6 ความต้านทานแรงอัดของอิฐมวลเบา 5 แบบ**

3.4 ความสามารถในการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา

การศึกษาดูความสามารถในการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง หลังจากการบ่ม 7 วัน อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 4 ชั่วโมง เมื่อทำการแช่น้ำให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (**ภาพที่ 7**) พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำของ



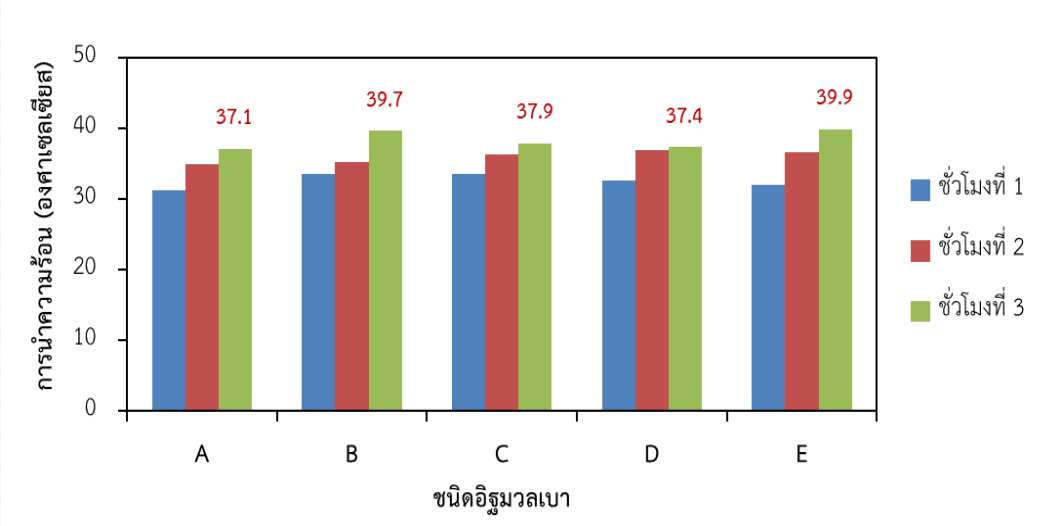
ภาพที่ 7 ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐมวลเบา 5 ชนิด

ผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากตัวอย่างชนิด D ที่มีปูนเปลือกหอยแครง ที่มีอัตราส่วนร้อยละของ ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม ผงอลูมิเนียม ทรายละเอียด และปูนเปลือกหอยแครง คือ 31.8 : 9.5 : 9.5 : 2.1 : 42.5 : 4.3 ตามลำดับ และตัวอย่างตัวควบคุม A ดูดซึมน้ำเท่ากันและได้น้อยสุด (ประมาณร้อยละ 3.5) ที่มีอัตราส่วนร้อยละของ ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม ผงอลูมิเนียม ทรายละเอียด คือ 33.3 : 10 : 10 : 2.2 : 44.4 ตามลำดับ มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำต่ำที่ร้อยละ 3.488 สามารถช่วยทำให้อิฐมวลเบาที่ได้ คาดว่าส่งเสริมให้มีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้นและมีการดูดซึมน้ำได้ต่ำ เนื่องด้วย ปูนเปลือกหอยแครงที่มีความ

ละเอียด มี สามารถเกาะตัวกันได้แน่นเมื่อแห้งแล้วจะดูดซึมน้ำได้น้อยมาก ใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ ก่อให้ลดช่องว่างภายในโครงสร้างอิฐ ดังนั้นอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของปูนเปลือกหอยแครง จะช่วยเพิ่มความทนทานให้แก่อิฐมากขึ้น ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปพัฒนาต่อ และด้วยค่าอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐ ใช้บ่งบอกอายุการใช้งานของอิฐ ลดน้ำซึมภายในเนื้อของอิฐ ลดความเสียหายที่จะเกิดกับอิฐ ช่วยให้มีอายุการใช้งานได้นานขึ้น

3.5 คุณสมบัติการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบา

ในการศึกษาการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง สามารถแสดงในรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในกล่องที่ถูกกั้นด้วยตัวอย่างอิฐมวลเบา



ภาพที่ 8 การนำความร้อนของอิฐมวลเบา 5 ชนิด

การนำความร้อนของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาจากขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และเปลือกหอยแครง พบว่า ทุกตัวอย่างมีความสามารถเป็นฉนวนได้ดี หรือมีการนำความร้อนที่ต่ำ และตัวอย่าง D มีค่าการนำความร้อนได้ต่ำหรือมีความเป็นฉนวนมากกว่าตัวอย่างอื่นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีปูนเปลือกหอยแครง ซึ่งใกล้เคียงกับตัวตัวอย่าง A (ชุดควบคุม) ที่มีค่าการนำความร้อนต่ำสุด โดยมีค่าการนำความร้อนในช่วงประมาณ 37.1-37.4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยปูนเปลือกหอยแครงที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ยังพบว่า อิฐมวลเบาทุกตัวอย่างมีความสามารถเป็นฉนวนได้นานจากการให้ความร้อนระยะนานขึ้นจาก 1 ถึง 3 ชั่วโมง ไม่สะสมความร้อนนาน โดยเฉพาะตัวอย่าง D ที่มีปูนเปลือกหอยแครง ที่มีอัตราส่วนร้อยละของ ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซัม ผงอลูมิเนียม ทรายละเอียด และปูนเปลือกหอยแครง คือ 31.8 : 9.5 : 9.5 : 2.1 : 42.5 : 4.3 ตามลำดับ ที่มีค่าการนำความร้อน เท่ากับ 37.4 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดี ไม่ทำให้ความร้อนสูงขึ้น ด้วยพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในชั่วโมงที่ 2 และ 3 น้อยมาก มีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ ด้วยคุณลักษณะที่สามารถเก็บกันและกักความร้อนไว้ภายในอิฐ แล้วค่อยๆ คายความร้อนออกมา และมีการนำความร้อนต่ำ เป็นฉนวนความร้อนทำให้เหมาะสมในการนำไปใช้ในฤดูร้อน ที่ ซึ่งบ่งบอกความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดี

4. บทสรุป

จากการศึกษาดังกล่าวทั้งหมดบ่งบอกคุณสมบัติของอิฐมวลเบาที่แตกต่างกันในคุณลักษณะเพื่อการนำไปใช้ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เสริมเติมลงไปทำให้เกิดความแตกต่างจากอิฐตัวควบคุม จากคุณสมบัติขององค์ประกอบเสริมการเลือกมีขยะพลาสติก PET ช่วยทำให้เบามากขึ้น และคงการเป็นฉนวน ในขณะที่การใส่เส้นใยกล้วยจะช่วยให้มีความเหนียวและยืดหยุ่น มีความคงทน อิฐที่ได้จะมีความแข็งแรง ทนทาน อายุการใช้งานยาวนาน เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอิฐมวลเบา ทำให้อิฐมี

ความแข็งแรง แต่มีข้อด้อยคือการอุ้มน้ำมากขึ้นซึ่งจะไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบผนังหรืออาคารที่มีการต้องเจอสภาพอากาศภายนอก ด้วยคุณสมบัติเส้นใยกล้วยที่ดูดน้ำ อาจไม่เหมาะในการพัฒนาไปผลิตในระดับขนาดอุตสาหกรรม เพราะด้วยการทำเพื่ออิฐแห้งจะใช้เวลา ช้า เมื่อขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกมักเสียรูปทรง ต้องมีการจัดการให้เหมาะสมด้วยขั้นตอนที่ยุ่งยาก และต้องใช้เวลานาน ทำให้ได้จำนวนไม่มากพอ อาจไม่คุ้มค่ากับเวลาและแรงงาน ในขณะที่การเลือกใช้ปูนเปลือกหอยแครง ส่งเสริมคุณสมบัติเป็นการเป็นฉนวน นำความร้อนต่ำ ทั้งนี้ทำให้ได้อิฐเป็นเนื้อเรียบเนียน ไม่แตกหักกง่าย ซึ่งเป็นข้อดีเพราะในฤดูร้อนผนังจะสามารถการนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่บ้านได้น้อยลง ทำให้บ้านเย็น แต่ในฤดูหนาวผนังมีเก็บสะสมความร้อนไว้ภายในแล้วค่อยๆ คายความร้อนออกมา ทำให้บ้านยังคงอบอุ่น แต่ทั้งนี้จะทำให้น้ำหนักของอิฐมวลเบาที่ได้หนักขึ้น ทำค่าการขนส่งสูง

ดังนั้นผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาทางเลือกดังกล่าวด้วยการเสริมด้วยองค์ประกอบของการผสมวัสดุ เช่น ขยะพลาสติก เส้นใยกล้วย และ/หรือ เปลือกหอยแครง สามารถทำได้ตามความเหมาะสมและการนำไปใช้ สามารถนำไปปรับปรุงคุณลักษณะของอิฐมวลเบา โดยเน้นรักษ์โลก ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยตรง ลดขยะและแทนการใช้วัสดุผสมที่ช่วย ช่วยลดภาวะของการก่อเกิดขยะและการส่งเสริมการใช้ของเหลือทิ้งทางการเกษตรพร้อมทั้งเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาที่เกิดขึ้นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Adba C.S., Agunwamba, J., Nwoki, C., Onya, Oe., Ozeh, S. 2012. Comparative cost and strength analysis of cement and aggregate replacement materials. Materials Science.

[2] นิตย์รดี ดอเล๊าะ. 2552. “วัสดุมวลเบาที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง” วิทยานิพธ์. (สาขาวารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์). คณะสถาบันอิสลามและอาหรับศึกษา. มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[3] วรนุช ดีละมัน และคณะ. 2559. “การพัฒนาและผลิตอิฐบล็อกมวลเบาโดยผสมเส้นใยกล้วย.” วิทยานิพธ์. (งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[4] วรากร อิ่มรักษา และทศพล ปิ่นแก้ว. 2562. “การพัฒนาแผ่นผนังแซนวิชสำเร็จรูปแกนฉนวนคอนกรีตความหนาแน่นต่ำ.” วิทยานิพนธ์. (สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[5] อุมาพร จงพลสิทธิ์ และจารุวรรณ แย้มคำ. 2556. “การศึกษาสมบัติของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อยและผักตบชวา.” วิทยานิพนธ์. (สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การวิเคราะห์เชิงทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Predictive Analytics for New Student Application using Data Mining Techniques In Faculty of Education of Chiang Mai Rajabhat University

ปรัชญารัก เวียงสงค์[1*] ณัฐพร เห็นเจริญเลิศ[2] และ วรัญญา ปุณณวัฒน์[2]

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
*Email: prachayarak@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญที่สัมพันธ์กับการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 2) เพื่อสร้างแบบจำลองและประเมินประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เชิงทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยนำข้อมูลพื้นฐานของผู้สมัครประกอบด้วยปีที่สมัคร เพศ เกรดเฉลี่ย อาชีพบิดามารดาและข้อมูลการเลือกสาขาที่สมัคร จำนวนทั้งหมด 17 คุณลักษณะมาคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญด้วยวิธี Information Gain นำมาสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) และเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) และวัดประสิทธิภาพแบบจำลองทั้งหมดด้วยวิธี 5-fold Cross Validation วิธี 10-fold Cross Validation วิธี Split Validation (70:30) และวิธี Split Validation (80:20) เพื่อประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยเทคนิคต่าง ๆ ผลการวิจัยพบว่า คุณลักษณะที่มีค่ามากที่สุด 5 คุณลักษณะคือแผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม มีค่าน้ำหนักสูงสุดที่ 0.522 รองลงมาคือ เกรดเฉลี่ย มีค่าน้ำหนักที่ 0.290 เพศ มีค่าน้ำหนักที่ 0.207 อาชีพผู้ปกครอง มีค่าน้ำหนักที่ 0.056 อาชีพมารดา มีค่าน้ำหนักที่ 0.055 เมื่อนำมาสร้างแบบจำลองและเปรียบเทียบประสิทธิภาพพบว่า แบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) คิดเป็นร้อยละ 75.84 มีค่าความแม่นยำในการทำนาย (Precision) คิดเป็นร้อยละ 76.01 มีค่าความระลึก (Recall) คิดเป็นร้อยละ 75.71 และมีค่าความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure) คิดเป็นร้อยละ 75.85 เป็นแบบจำลองและวิธีการที่เหมาะสมมากที่สุด

คำสำคัญ: เหมืองข้อมูล, การคัดเลือกคุณลักษณะ, ป่าสุ่ม, ต้นไม้ตัดสินใจ, การตรวจสอบความถูกต้อง

Abstract

The study's goal is to 1) Analyze and select the key features related to the application of new students at Chiang Mai Rajabhat University's Faculty of Education. 2) To create a model and assess the predictive behavior of new students using Data Mining at Chiang Mai Rajabhat University's Faculty of Education. The basic information provided by the candidate includes years of subscription, gender,

average grade, parent's occupation, and application documents. The Information Gain method selects a total of 17 features for the key features to simulate Decision Tree, Naive Bayes, and Random Forest. After that, the model's efficiency is assessed using 5-fold Cross Validation, 10-fold Cross Validation, Split Validation (70:30), and Split Validation (80:20). The performance models will be validated using a variety of techniques. According to the study, the five most valuable features are a high school graduation plan with a maximum weight of 0.522, the second most common grade with a weight of 0.290, sex at 0.207, parent's occupation with a weight of 0.056, and mother's occupation with a weight of 0.055. The model using the Random Forest technique has an accuracy of 75.84. The prediction accuracy (precision) is 76.01 percent. There is a recall value of 75.71 percent and an overall efficiency (F-measure) of 75.85 percent. This model and method are the best fit.

Keywords: Data Mining, Feature Selection, Random Forest, Decision Tree, Validation

1. บทนำ

การศึกษาเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของคนในทุกประเทศ ที่รัฐต้องจัดให้เพื่อการพัฒนาคนในประเทศของตนในทุกช่วงวัยเพื่อเป็นต้นทุนทางปัญญาที่สำคัญในการพัฒนาทักษะ คุณลักษณะ และสมรรถนะในการการดำรงชีวิตร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างเป็นสุข อันจะนำไปสู่เสถียรภาพ และความมั่นคงของสังคมและประเทศชาติที่ต้องพัฒนาให้เจริญก้าวหน้าในเวทีโลกท่ามกลางกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกศตวรรษที่ ๒๑ โดยประเทศไทยได้ให้ความสำคัญด้านการศึกษา การสร้างคนให้มีความรู้เพื่อการประกอบอาชีพ พัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะในการทำงานที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดงานและการพัฒนาประเทศให้เกิดความยั่งยืนในการพัฒนาประเทศชาติ นั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการบริหารงานโดยการใช้แผนยุทธศาสตร์การเรียนการสอนการรับนักศึกษาเข้าศึกษาต่อในสาขาวิชาต่างๆ กว่า 80 สาขา ใน 10 หลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต หลักสูตรบัญชีบัณฑิต หลักสูตรเศรษฐศาสตรบัณฑิต หลักสูตรนิเทศศาสตรบัณฑิต หลักสูตรนิติศาสตรบัณฑิต หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต และหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร(กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 2563) การแนะแนวสัญจรหรือการแนะนำผ่านทางกิจกรรมต่างๆ ของมหาวิทยาลัยจะช่วยในการตัดสินใจเลือกเข้าสมัครเพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ซึ่งเป็นช่องทางเลือกในการตัดสินใจเลือกหลักสูตร สาขา คณะสถาบันการศึกษาได้มากยิ่งขึ้น

คณะครุศาสตร์ถือเป็นหนึ่งในคณะที่มีความสำคัญด้านการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพตลอดจนการพัฒนาวิชาชีพครูที่มีคุณภาพออกสู่สังคม โดยนักศึกษาสามารถเลือกหลักสูตรที่มีความหลากหลายและสอดคล้องกับความสามารถและความสนใจของตนเอง เพื่อการวางแผนนำไปประกอบอาชีพในอนาคตได้ ดังนั้นเพื่อให้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้เรียนในการตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นการใช้ประโยชน์จากการนำข้อมูลที่เก็บเป็นข้อมูลการสมัครเรียนของนักศึกษาในแต่ละสาขาวิชาของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ หากนำมาวิเคราะห์ตามกระบวนผลลัพธ์ที่ได้จะช่วยในการตัดสินใจของนักศึกษาในการเลือกหลักสูตรในการเข้ารับการศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีเบื้องต้น และยังช่วยในด้านการวางแผนการเปิดรับนักศึกษาใหม่ประจำปีการศึกษาต่อไปให้เข้าถึงกลุ่มผู้สมัครที่มีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล เข้าถึงกลุ่มนักศึกษาที่สนใจและตรงกับความสามารถ ความถนัดในวิชาชีพที่แท้จริง เพื่อเพิ่มโอกาสในการคัดเลือกและคัดกรองนักศึกษาที่มีความพร้อมความสามารถตรงกับความต้องการที่จะศึกษาต่อให้จบและประกอบอาชีพตามหลักสูตรที่ได้สำเร็จการศึกษา นอกจากนี้

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะได้ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเพื่อจะนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารของทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และการวางแผน ด้านงบประมาณในการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการในปัจจุบัน เพื่อให้นโยบายการรับนักศึกษาเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ บรรลุเป้าหมายต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญที่สัมพันธ์กับการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2. เพื่อสร้างแบบจำลองและประเมินประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เชิงทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) [1] เป็นกระบวนการจัดกลุ่มของข้อมูล ตัวแปรของข้อมูล ซึ่งการคัดเลือกคุณลักษณะช่วยลดตัวแปรหรือมิติของข้อมูลอาจทำให้เหลือคุณลักษณะที่มีความสำคัญและดีที่สุดเพียงหนึ่งตัวหรือกลุ่มของตัวแปรเพียงหนึ่งกลุ่มที่มีความสำคัญต่อการพยากรณ์ หากได้คุณลักษณะที่ดีจะช่วยให้ตัวแบบมีประสิทธิและทำงานได้เร็วขึ้น โดยวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีฟิลเตอร์ (Filter Method) วิธีแรปเปอร์ (Wrapper Method) และวิธีฝังตัว (Embed Method)

ค่าเกนความรู้ (Information Gain) [2] ค่าเกนความรู้เป็นตัวชี้วัดการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลย่อยที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยจะถูกประยุกต์ใช้ในอัลกอริธึม ID3 ซึ่งจะทำการเลือกแอตทริบิวต์สำหรับแบ่งข้อมูลที่มีค่าเกนความรู้สูงที่สุด การเลือกแอตทริบิวต์ที่ต้องการข้อมูลที่น้อยที่สุด เกณฑ์ในการพิจารณาแอตทริบิวต์ตัวแปรที่ใช้ในแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดย่อย ๆ เพื่อทำการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ โดยแอตทริบิวต์ที่มีค่าเกนความรู้สูงสุดจะถูกเลือกเป็นแอตทริบิวต์สำหรับการแบ่งข้อมูล เนื่องจากแอตทริบิวต์นี้เป็นแอตทริบิวต์ที่ต้องการข้อมูลน้อยที่สุดในการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดย่อย ๆ นั่นคือเป็นแอตทริบิวต์ที่เมื่อใช้ในการแบ่งข้อมูลแล้ว ข้อมูลในแต่ละชุดนั้นจะมีการปะปนกันของข้อมูล (impurity) น้อยที่สุด

ค่า Information Gain สามารถแปลความหมายได้คือ ผลต่างระหว่างค่าเอ็นโทรปี (Entropy) ในสถานะปัจจุบันและค่าเอ็นโทรปี (Entropy) ก่อนหน้า โดยมาหาได้จากสมการที่ 1

$$Information\ Gain(IG) = Entropy(before) - Entropy(after) \quad (1)$$

โดยที่ Information Gain(IG) คือค่าเกนความรู้
Entropy(before) คือค่าเอ็นโทรปีก่อนหน้า
Entropy(after) คือค่าเอ็นโทรปีตัวหลัง

ซึ่งจะอธิบายความหมายของค่าเกนความรู้ (Information Gain) ได้ดังนี้

Information Gain>0 คือ ค่าเกนความรู้สูง การปะปนน้อยทำให้จำแนกประเภทได้ง่าย

Information Gain<0 คือ ค่าเกนความรู้ต่ำ การปะปนมากทำให้จำแนกประเภทได้ยาก

Information Gain=0 คือ ค่าเกนความรู้ ไม่มีการเปลี่ยนแปง (ปัจจัยที่นำมาไม่มีผลต่อการจำแนกประเภท)

เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) [1] การเลือกคุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันกับคลาสมากที่สุดมาเป็นโหนดบนสุดของต้นไม้ (Root) จากนั้นจะหาคุณลักษณะถัดไปเรื่อย ๆ ในการหาคุณลักษณะความสัมพันธ์นี้จะใช้ตัวชี้วัดที่เรียกว่า

Information Gain (IG) การคำนวณค่า Information Gain จะใช้ค่า Entropy วัดค่าความแตกต่างกันของข้อมูล ซึ่งถ้าค่า Entropy มีค่าต่ำจะหมายถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันน้อย และถ้าค่า Entropy มีค่าสูงจะหมายถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันมาก

เทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) แนวคิดของเทคนิคป่าสุ่ม [4] เป็นการสร้างแบบจำลอง (Model) ด้วยวิธีการต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ขึ้นมาหลาย ๆ แบบจำลอง โดยวิธีการสุ่มตัวแปรภายหลังจากการสร้างนำผลลัพธ์ที่ได้แต่ละแบบจำลองมารวมกันพร้อมนับจำวนผลที่มีจำนวนซ้ำกันมากที่สุด สกัดออกมาเป็นผลลัพธ์สุดท้าย วิธีการของ Decision Tree คือเทคนิคที่ให้ผลลัพธ์ในลักษณะเป็นโครงสร้างของต้นไม้ ภายในต้นไม้จะประกอบไปด้วยโหนด (Node) ซึ่งแต่ละโหนดจะมีเงื่อนไขของคุณลักษณะเป็นตัวทดสอบ กิ่งของต้นไม้ (Branch) แสดงถึงค่าที่เป็นไปได้ของคุณลักษณะที่ถูกเลือกทดสอบและใบ (Leaf) เป็นสิ่งที่อยู่ล่างสุดของต้นไม้แสดงถึงกลุ่มของข้อมูล (Class) ก็คือผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำและเกิดปัญหา Overfitting น้อย

เทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) [13] เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากการสร้างโมเดลง่ายและไม่มีความซับซ้อนถูกพัฒนาขึ้นโดย Thomas Bayes อาศัยหลักการของความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยในการหาคำตอบของประเภทตัวอย่างใหม่ หลักการการคำนวณความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขที่เรียกว่า Conditional Probability

การประเมินและการวัดผลประสิทธิภาพแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบตัวแบบหลายตัวเพื่อเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดในสำหรับนำไปใช้งานด้วยตาราง Confusion Matrix แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 จากนั้นใช้ตัวชี้วัดดังอธิบายต่อไปนี้ [7]

ตารางที่ 1 ตาราง Confusion Matrix ขนาด 2 X 2

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Predicted Positive (1)	TP	FP
Predicted Negative (0)	FN	TN

จากตารางที่ 1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

True Positive (TP) คือ ความเป็นจริง True แล้วทำนาย True ให้ผลเป็นจริง
True Negative (TN) คือ ความเป็นจริง No แล้วทำนายว่า No ให้ผลเป็นจริง
False Positive (FP) คือ ความเป็นจริง Yes แล้วทำนายว่า No ให้ผลเป็นเท็จ
False Negative (FN) คือ ความเป็นจริง No แล้วทำนายว่า Yes ให้ผลเป็นเท็จ

1) ค่าความถูกต้อง (Accuracy) คือ จำนวนที่ทำนายความถูกต้องแม่นยำในการจำแนกข้อมูล โดยพิจารณาค่ารวมการทำนายทั้งหมดของข้อมูล ได้แก่ สัดส่วนระหว่างจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่จำแนกประเภทถูกต้องทั้งประเภท Positive และ Negative กับจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ถูกจำแนกประเภท โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

เมื่อ True Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่

False Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่

2) ค่าความแม่นยำ (Precision) คือ ค่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลว่าเป็น Positive หรือดูค่าความถูกต้องจากการทำนายออกมาแล้วมีผลการทำนายถูกต้อง โดยพิจารณาจากผลการทำนายเป็นหลัก ได้แก่ สัดส่วนที่ตัวแบบจำแนกประเภทข้อมูลแบบ Positive ได้ถูกต้องเทียบกับจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ถูกจำแนกประเภทนี้ว่าเป็น Positive โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

เมื่อ True Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่
False Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่

3) ค่าความระลึก (Recall) คือ การวัดค่าความถูกต้องของโมเดลโดยพิจารณาแยกทีละคลาส และมีความครบถ้วนโดยอัตราส่วนจากความถูกต้องของการค้นพบข้อมูลเทียบจากผลการเฉลยเป็นหลัก โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

เมื่อ True Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายถูกว่าเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่
False Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่

4) ค่าความถ่วงดุล (F-measure) หรือค่าประสิทธิภาพโดยรวม เป็นตัวชี้วัดที่คำนวณจากค่า Precision และ Recall โดยนำทั้งสองค่ามาคำนวณร่วมกัน โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$F - Measur = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (5)$$

โดยที่ Precision คือ ค่าความแม่นยำของโมเดล (จากสมการ 3)
Recall คือ การวัดความถูกต้องของโมเดล (จากสมการ 4)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัชฎา เทพประสิทธิ์ และจรัญ แสนราช [11] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเข้าศึกษาต่อในสาขาวิชา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จากข้อมูลพื้นฐานนักศึกษาของงานส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ในช่วงปีการศึกษา 2556 – 2560 จำนวนนักศึกษา 3,867 คน ด้วยกฎการจำแนกเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกสาขาวิชา คณะครุศาสตร์ 15 สาขาวิชา ได้แก่ แผนการเรียนก่อนเข้าศึกษาและเพศ จากตัวแปรทั้งหมด 9 ตัวแปรและการประเมินวัดประสิทธิภาพของโมเดลวัดความแม่นยำได้ค่า 72.5%

สำราญ วานนท์ และรจนา เมืองแสน [12] ศึกษาและพัฒนาตัวแบบพยากรณ์คุณลักษณะความเหมาะสมสำหรับการเลือกสมัครสาขาเรียนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล โดยใช้ข้อมูลการรับสมัครของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ด้วยโปรแกรม WEKA จำแนกกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิค Simple K-mean และหากฎความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยอะพริออลิ

อัลกอริธึม จากนั้นสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และเทคนิค Random Forest เปรียบเทียบกฎความสัมพันธ์จากข้อมูลทั้งหมด 6 กลุ่ม ผลการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวแบบพยากรณ์ 2 เทคนิคคือเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และ เทคนิค Random Forest โดยเทคนิค Random Forest ค่าความถูกต้องสูงสุดได้ 74.67% ถือเป็นเทคนิคที่สร้างตัวแบบที่ได้รับการยอมรับและค่าความถูกต้องมากที่สุด

อัจจิมา มณฑาพันธ์ [9] ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญในการปรับปรุงการพยากรณ์มะเร็งเต้านม จากข้อมูลคนที่มีชีวิตจำนวน 569 คนโดยมีคุณลักษณะทางกายภาพ 30 ลักษณะ ทำนายค่าความถูกต้องด้วยเทคนิค Support Vector Machine ผลการศึกษาพบว่า เทคนิค Correlation Based Feature Selection คัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ 3 คุณลักษณะและนำมาพยากรณ์วัดค่าความถูกต้องได้ 91.22% เทคนิค Information Gain คัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ 6 คุณลักษณะและนำมาพยากรณ์วัดค่าความถูกต้องได้ 92.27% และเทคนิค Gain Ration คัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ 6 คุณลักษณะและนำมาพยากรณ์วัดค่าความถูกต้องได้ 92.27%

สำราญ วานนท์ ธรัช อารีราษฎร์ และจรัญ แสนราช [10] ศึกษาเทคนิคพยากรณ์อาชีพสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล นำข้อมูลภาวการณ์มีงานทำของบัณฑิตและข้อมูลประวัติของนิสิตระดับปริญญาตรีหลังสำเร็จการศึกษา จำนวน 65,335 ระเบียน ในสาขาทางด้านคอมพิวเตอร์โดยมีคุณลักษณะประกอบด้วยผลการเรียน ความสามารถพิเศษ อาชีพของบิดามารดา รายได้ของบิดามารดาและข้อมูลพื้นฐานทดลองวัดความแม่นยำด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ วิธีแรนดอมฟอร์เรสและเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแบ็กกิง (Bagging) ผลการศึกษาพบว่าความแม่นยำในการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เท่ากับ 81.91% วิธีแรนดอมฟอร์เรส (Random Forest) เท่ากับ 84.29% และเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีแบ็กกิง (Bagging) เท่ากับ 81.71% โดยเทคนิคที่ให้ความแม่นยำมากที่สุดคือวิธีแรนดอมฟอร์เรส (Random Forest)

ธาดา จันตะคุณ [8] ศึกษาการพยากรณ์ความเป็นไปได้ในการเลือกสมัครสาขาวิชาโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยคัดเลือกข้อมูลจากข้อมูลนักศึกษาที่ได้รับการคัดเลือกแล้วจำนวน 162 คน ใช้คุณลักษณะในการพิจารณาจำนวน 9 คุณลักษณะ เปรียบเทียบตัวแบบการจำแนก 4 เทคนิค คือ Decision Tree, Naïve Bayes, k-NN และ Rule Induction และทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยวิธี Cross Validation ผลการศึกษาพบว่า เทคนิค Decision Tree มีค่าความถูกต้องสูงสุดได้ 83.97%

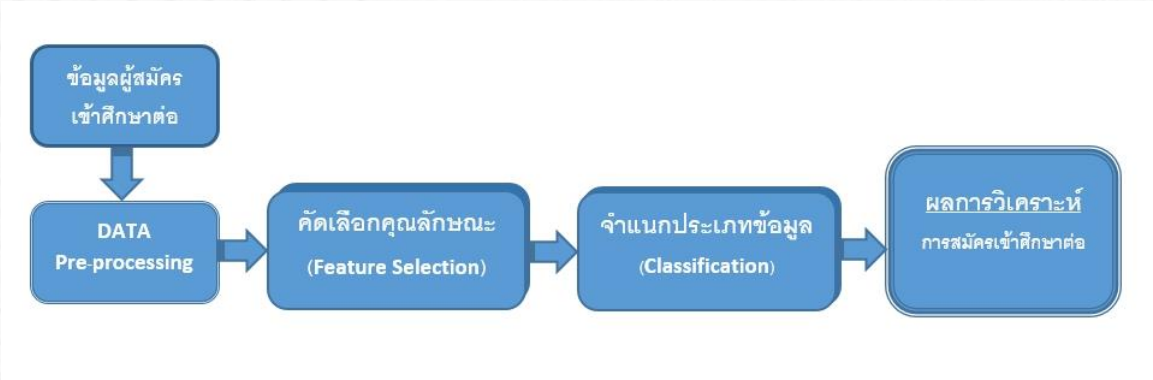
เสกสรรค์ วิลัยลักษณ์ วิภา เจริญภัณฑรักษ์ และดวงดาว วิชาดากุล [6] ศึกษาการใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพัฒนาคลังข้อมูลและสร้างตัวแบบพยากรณ์ผลการเรียนของนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษาโดยใช้ข้อมูลนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างปีการศึกษา 2553-2556 จำนวน 525 ระเบียนประกอบด้วย 16 คุณลักษณะสร้างตัวแบบพยากรณ์ผลการเรียนโดยใช้ชุดข้อมูล 2 แบบ คือข้อมูลแบบไม่จัดกลุ่มและข้อมูลแบบจัดกลุ่ม นำเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะวิธี Correlation-based Feature Selection (CFS) และวิธี Information Gain (IG) ร่วมกับเทคนิคเหมืองข้อมูลโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Multilayer Perception (MLP) เทคนิค Support Vector Machine และเทคนิค Decision Tree และวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี 10-fold Cross Validation พบว่าแบบจำลองทำนายโดยชุดข้อมูลแบบไม่จัดกลุ่ม (Original Data) ที่คัดเลือกด้วยวิธี Correlation-based Feature Selection ร่วมกับเทคนิค Neural Network แบบ Multi-Layer Perceptron จำนวน 5 คุณลักษณะได้แก่ แผนการเรียน ผลการเรียนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ ผลการเรียนเฉลี่ยสังคมศึกษา ผลการเรียนเฉลี่ยภาษาอังกฤษและผลการเรียนเฉลี่ยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะสมโดยให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุดร้อยละ 94.48 และมีรากที่สองของความคลาดเคลื่อน(RMSE) น้อยที่สุดที่ 0.1880 จากนั้นนำมาพัฒนาระบบพยากรณ์ผลการเรียนโดยใช้ภาษา PHP

นิภาพร ชนะมาร และพรรณี สิทธิเดช [3] ศึกษาการวิเคราะห์ปัจจัยการเรียนรู้ด้วยการคัดเลือกคุณสมบัติและการพยากรณ์ เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาการ

คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 180 ระเบียน ประกอบด้วย 23 คุณลักษณะ โดยแบ่งออกเป็นตัวแปรอิสระ 22 คุณลักษณะ ใช้ข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลผลการเรียนรายวิชาในชั้นปีที่ 1 และ 2 ตัวแปรตามหรือที่ใช้สำหรับทำนายคือเกรดเฉลี่ยเมื่อสำเร็จการศึกษา ใช้วิธีคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ 3 วิธีได้แก่ วิธี Correlation-base วิธี Consistency-base และวิธี Gain Ratio จากนั้นนำมาพัฒนาแบบจำลองการทำนายด้วยเทคนิค Neural Network แบบ Back-propagation และเทคนิค Support Vector Machines และวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี 10-flod Cross Validation และวัดค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อน (RMSE) พบว่าข้อมูลพื้นฐานไม่ใช่ข้อมูลสำคัญในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตัวแปรสำคัญคือผลการเรียนรายวิชาจำนวน 10 คุณลักษณะ การใช้เทคนิค Neural Network แบบ Back-propagation และเทคนิค Support Vector Machines จากคุณลักษณะสำคัญมีค่าความข้างต้นมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ระดับต่ำกว่าแบบจำลองทำนายที่ใช้ตัวแปรตั้งต้นจำนวน 22 คุณลักษณะ ในขณะที่เทคนิคการรวมกลุ่มจำแนกประเภทด้วยวิธี Bagging ร่วมกับเทคนิค Neural Network แบบ Back-propagation และเทคนิค Support Vector Machine ผลการศึกษาพบว่าผลการพยากรณ์ของ Bagging ร่วมกับเทคนิค Neural Network แบบ Back-propagation มีค่ารากสองของความคลาดเคลื่อน (RMSE) อยู่ระดับต่ำสุดที่ 0.1051 มีประสิทธิภาพที่สุดสำหรับการนำมาพยากรณ์

3. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการวิจัยตามกรอบแนวความคิดดังแสดงภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการสมัครเรียนในหลักสูตร 4 ปี ระดับปริญญาตรี ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย คือ ข้อมูลผู้เข้าสมัครทุกรอบ ผู้สมัครที่ผ่านการคัดเลือกและผู้สมัครที่ยืนยันการลงทะเบียนเรียนแล้ว เฉพาะการเรียนภาคปกติ ในปีการศึกษา 2562- 2564 จำนวน 4 หลักสูตรของคณะครุศาสตร์ คือ 1.หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย 2.หลักสูตรการประถมศึกษา 3.หลักสูตรพลศึกษา 4.หลักสูตรการศึกษาพิเศษ (สำนักทะเบียนและประมวลผล, 2564) จำนวนทั้งสิ้น 684 รายการ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

องค์ประกอบหลักที่จำเป็นในการดำเนินการวิจัยโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการวิเคราะนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ด้านฮาร์ดแวร์และด้านซอฟต์แวร์ ดังนี้

เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ : PC Dell OptiPlex 3060 MT

เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์

ระบบปฏิบัติการ : Microsoft Windows 10

โปรแกรมจัดการข้อมูล : Microsoft Excel

โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล : Rapid Miner Studio 10 (Education License)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

กระบวนการทำเหมืองข้อมูล [5] ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ คล้ายขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์ สามารถนำไปปฏิบัติทำให้การทำเหมืองข้อมูลมีประสิทธิภาพและได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง กระบวนการมาตรฐานนี้เรียกว่า Cross-Industry Standard Process for Data Mining หรือ CRISP-DM (Jyoti, Nidhi and Sanjeev, 2013) มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

3.3.1 การทำความเข้าใจกับปัญหา (Business Understanding) การวิเคราะห์เชิงทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่พบปัญหาการประชาสัมพันธ์ข้อมูลหลักสูตรไม่ตรงกับความสนใจของนักเรียนและการให้ข้อมูลกลุ่มนักเรียนเป้าหมายในพื้นที่ไม่ตรงกับกลุ่มเป้าหมายที่จะสมัครเรียน ส่งผลให้นักศึกษาที่เข้ามาสมัครและตัดสินใจเลือกสาขาวิชาเรียนลดลง (กองแผนและนโยบายคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 2564)

3.3.2 การทำความเข้าใจและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Data Understanding) ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ถูกเก็บในระบบฐานข้อมูลของสำนักทะเบียนและประมวลของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ซึ่งเป็นเจ้าของและดูแลข้อมูลการรับสมัครนักศึกษา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำมาวิเคราะห์ โดยข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานและความสัมพันธ์ด้านครอบครัวของผู้สมัคร จึงพิจารณาข้อมูลผู้สมัครเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรของคณะครุศาสตร์ โดยความรับผิดชอบของอาจารย์ประจำคณะมีจำนวน 4 หลักสูตร ได้แก่ 1.หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย 2.หลักสูตรการประถมศึกษา 3.หลักสูตรพลศึกษา 4.หลักสูตรการศึกษาพิเศษ จำนวนทั้งสิ้น 684 รายการ มีปัจจัยหรือคุณลักษณะที่ต้องพิจารณาทั้งหมด 26 คุณลักษณะ (Attributes) ปัจจัยที่นำมาพิจารณาคุณลักษณะนั้นมีบางคุณลักษณะที่เก็บข้อมูลแบบเดียวกันซึ่งอยู่ในรูปของตัวแปรอื่น จึงนำมาพิจารณาและนำคุณลักษณะที่มีการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อนกัน ตัวอย่างเช่น การเก็บข้อมูลคำนำหน้าซึ่งค่าที่พบในฐานข้อมูลมีเพียงนายและนางสาว ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่านายหรือนางสาวเป็นเพศใด และการเก็บข้อมูลคุณลักษณะของเพศ เมื่อพิจารณาแล้วคุณลักษณะที่เก็บคำนำหน้านายและนางสาวมีความใกล้เคียงกับการเก็บเพศชายและเพศหญิงจึงเลือกมาเพียงหนึ่งคุณลักษณะสำหรับนำมาวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น ซึ่งข้อมูลคงเหลือปัจจัยในการพิจารณาทั้งหมดจำนวน 17 คุณลักษณะ ได้แก่ปีที่สมัคร เพศ สาขาที่สมัคร แผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม เกรดเฉลี่ย สัญชาติ ศาสนา สัญชาติบิดา สัญชาติมารดา สถานะการมีชีวิตบิดา สถานะการมีชีวิตมารดา สถานะครอบครัว จังหวัด ผู้ปกครอง อาชีพผู้ปกครอง อาชีพบิดาและอาชีพมารดา

3.3.3 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

ข้อมูลที่ได้มาอยู่ในรูปแบบของไฟล์ Excel โดยในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลได้นำข้อมูลมาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยพิจารณาข้อมูลเป็นลำดับดังนี้

1) คัดกรองและเลือกข้อมูล (Data Selection) เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้รวบรวมนำข้อมูลมาคัดเลือกหลักสูตรของคณะครุศาสตร์ เพื่อเป็นการทดลองและเป็นแนวทางในการดำเนินการซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วได้เลือกข้อมูลจำนวน 4 หลักสูตรมาวิเคราะห์

2) ทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) ภายหลังจากการเลือกข้อมูลที่มีความสนใจแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำความสะอาดโดยการตัดรายการข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน (Missing Data) ออกและปรับปรุงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบที่ไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น เกรดเฉลี่ยของผู้เข้าสมัครที่ไม่ได้ใส่ข้อมูลหรือใส่เป็นตัวหนังสือ แผนการเรียนที่จบจากระดับชั้นมัธยมไม่ได้กรอกข้อมูล เพื่อให้การวิเคราะห์และทำนายผลมีความถูกต้อง

3) ตรวจสอบรูปแบบของข้อมูลให้ถูกต้องและแปลงข้อมูล (Data Transformation) นำข้อมูลมาตรวจสอบรูปแบบและพิจารณาคัดเลือกการจัดกลุ่มของข้อมูลให้เหมาะสมกับกระบวนการทำเหมืองข้อมูล ตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่เป็นค่า

ตัวเลขแต่จัดเก็บอยู่ในรูปแบบของตัวหนังสือ การแทนค่าคุณลักษณะและการแปลงข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมด จำนวน 17 คุณลักษณะจัดประเภทของข้อมูลที่จะนำไปใช้ออกเป็น 2 รูปแบบคือ ข้อมูลรูปแบบ Polynominal คือข้อมูลกลุ่มที่ไม่ใช่ตัวเลขนำมาคำนวณไม่ได้แต่นับจำนวนได้ ซึ่งจะมีจำนวนกลุ่มมากกว่า 2 กลุ่ม ตัวอย่างเช่น กลุ่มของหลักสูตรการศึกษาปฐมวัย หลักสูตรการประถมศึกษา หลักสูตรพลศึกษา หลักสูตรการศึกษาพิเศษซึ่งมีจำนวนมากกว่า 2 กลุ่ม เป็นต้น และข้อมูลรูปแบบ Biominal คือข้อมูลกลุ่มที่ไม่ใช่ตัวเลขนำมาคำนวณไม่ได้แต่นับจำนวนได้ แต่ข้อมูลรูปแบบนี้จะมีค่าเพียง 2 ค่าเท่านั้น ตัวอย่างเช่น เพศชาย เพศหญิง เป็นต้น ดังรายละเอียดอธิบายคุณลักษณะตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงคุณลักษณะของข้อมูล

คุณลักษณะ	คำอธิบาย	การแปลงข้อมูล	ประเภท
Std_regyear	ปีที่สมัคร	2562 / 2563 /2564	Polynominal
Std_Gender	เพศ	MALE = ชาย FEMALE = หญิง	Biominal
Major	ชื่อหลักสูตรหรือสาขาวิชา	EDM01 = หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย EDM02 = หลักสูตรการประถมศึกษา EDM03 = หลักสูตรพลศึกษา EDM04 = หลักสูตรการศึกษาพิเศษ	Polynominal
Std_program	แผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม	PLAN01 = วิทย์-คณิต PLAN02 = ศิลป์ (คำนวณ สังคม ทั่วไป ฯลฯ) PLAN03 = อื่น ๆ (สายอาชีพ,ไม่ลงข้อมูล)	Polynominal
Std_GPA	เกรดเฉลี่ยที่จบจากระดับมัธยม	Low = ผลการเรียนเฉลี่ย 2- 2.5 Medium = ผลการเรียนเฉลี่ย 2.51 – 3.00 Good = ผลการเรียนเฉลี่ย 3.01 – 3.50 Very Good = ผลการเรียนเฉลี่ย 3.51 - 4	Polynominal
Std_Local	มีภูมิลำเนาหรือพักอาศัย ในจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน	YES = จังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน NO = จังหวัดอื่น	Biominal
Std_Nationality Std_F_Nationality Std_M_Nationality	การมีสัญชาติไทยของผู้สมัคร การมีสัญชาติไทยของบิดาผู้สมัคร การมีสัญชาติไทยของมารดาผู้สมัคร	YES = สัญชาติไทย NO = สัญชาติอื่น	Biominal
Region	ศาสนาที่นับถือ	Buddhism = ศาสนาพุทธ Other = ศาสนาอื่น	Biominal
Std_F_Life Std_M_Life	สถานะการมีชีวิตของบิดา สถานการณ์มีชีวิตของมารดา	Alive = มีชีวิต Dead = เสียชีวิตแล้ว	Biominal
Std_P_Reletional	ผู้ปกครอง	Father = พ่อ Mother = แม่ Other = ญาติหรือบุคคลอื่น	Polynominal
Std_Family	สถานภาพทางครอบครัว	Still together = พ่อแม่อยู่ด้วยกัน Divorce = พ่อแม่หย่าร้าง	Biominal

ตารางที่ 1 ตารางแสดงคุณลักษณะของข้อมูล (ต่อ)

คุณลักษณะ	คำอธิบาย	การแปลงข้อมูล	ประเภท
Std_F_Occupation Std_M_Occupation Std_P_Occupation	กลุ่มการประกอบอาชีพของบิดา กลุ่มการประกอบอาชีพของมารดา กลุ่มการประกอบอาชีพของผู้ปกครอง	GRP01 = รับราชการ / พนักงานราชการ / รัฐวิสาหกิจ /พนักงานรัฐวิสาหกิจ GRP02 = พนักงานเอกชน / หน่วยงานเอกชน GRP03 = ค้าขาย /ธุรกิจส่วนตัว /รับจ้างอิสระ GRP04 = เกษตรกร / ประมง GRP05 = อื่น ๆ	Polynominal

3.3.4 วิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแบบจำลอง (Modeling) แบ่งเป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกคุณลักษณะโดยการหาค่าน้ำหนักจากคุณลักษณะทั้งหมดที่ได้จากการเตรียมข้อมูลจำนวน17 คุณลักษณะนำมาเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกเพื่อหาค่าคุณลักษณะที่มีความสำคัญและสัมพันธ์กับการเลือกสมัครหลักสูตร โดยการหาค่าน้ำหนักด้วยเทคนิค Information Gain

ขั้นตอนที่ 2 สร้างตัวแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล จากขั้นตอนที่ 1 เมื่อได้ผลการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีความเหมาะสมนำมาสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลได้แก่เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) และเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มากที่สุด โดยใช้งานร่วมกับการใช้คุณลักษณะที่ได้คัดเลือกจากเทคนิค Information Gain

3.3.5 การประเมินวัดประสิทธิภาพของโมเดล (Evaluation) การวัดประสิทธิภาพการสร้างแบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลได้แก่การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) และเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) โดยนำค่าคุณลักษณะที่ได้จากการคัดเลือกด้วยเทคนิค Information Gain ในขั้นตอนการคัดเลือกคุณลักษณะมาใช้ร่วมกับแบบจำลอง และนำแบบจำลองมาเข้าสู่กระบวนการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง ด้วยเทคนิคการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง ด้วยวิธี 5-fold Cross Validation วิธี 10-fold Cross Validation วิธี Split Validation (70:30) และ วิธี Split Validation (80:20) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเปรียบเทียบจากค่าความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลอง (Accuracy) ความแม่นยำของการทำนาย (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure)

3.3.6 การหาผลลัพธ์และองค์ความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ (Deployment) ผลจากตัวแบบจำลองที่วัดประเมินประสิทธิภาพที่มีค่ามากที่สุด โดยวัดค่าจากความถูกต้องโดยรวมของโมเดล (Accuracy) จากตาราง Confusion Matrix ค่าความแม่นยำ (Precision) โดยพิจารณาจากผลการทำนายเป็นหลัก และค่าความความระลึก (Recall) โดยพิจารณาจากความถูกต้องแม่นยำเทียบกับผลการเฉลยการทำนาย ซึ่งค่าความถูกต้องจากการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่มากที่สุดคือเทคนิคการจำแนกประเภทที่ดีที่สุด ถือเป็นแบบจำลองและวิธีการที่จะนำไปใช้เป็นต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาระบบและประยุกต์ใช้เพื่อทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มากที่สุด

3. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะสำคัญที่สัมพันธ์กับการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พบว่าคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุดลงมาตามลำดับจนถึงคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด พบว่า ลำดับที่ 1 แผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม มีค่าน้ำหนักที่ 0.522 ลำดับที่ 2 เกรดเฉลี่ย มีค่าน้ำหนักที่ 0.290 ลำดับที่ 3 เพศ มีค่าน้ำหนักที่ 0.207 ลำดับที่ 4 อาชีพผู้ปกครอง มีค่าน้ำหนักที่ 0.056 ลำดับที่ 5 อาชีพมารดา มีค่าน้ำหนักที่ 0.055 ลำดับที่

6 อาชีพบิดา มีค่าน้ำหนักที่ 0.049 ลำดับที่ 7 สัญชาติผู้สมัครเรียน มีค่าน้ำหนักที่ 0.027 ลำดับที่ 8 บิดามีชีวิต มีค่าน้ำหนักที่ 0.011 ลำดับที่ 9 มารดามีชีวิต มีค่าน้ำหนักที่ 0.008 ลำดับที่ 10 ผู้ปกครอง มีค่าน้ำหนักที่ 0.008 ลำดับที่ 11 สัญชาติผู้สมัครเรียน มีค่าน้ำหนักที่ 0.006 ลำดับที่ 12 สถานะครอบครัว มีค่าน้ำหนักที่ 0.006 ลำดับที่ 13 ปีที่สมัคร มีค่าน้ำหนักที่ 0.005 ลำดับที่ 14 สัญชาติบิดา มีค่าน้ำหนักที่ 0.002 ลำดับที่ 15 สัญชาติมารดา มีค่าน้ำหนักที่ 0.002 และคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดคือ จังหวัด มีค่าน้ำหนักที่ 0.001 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

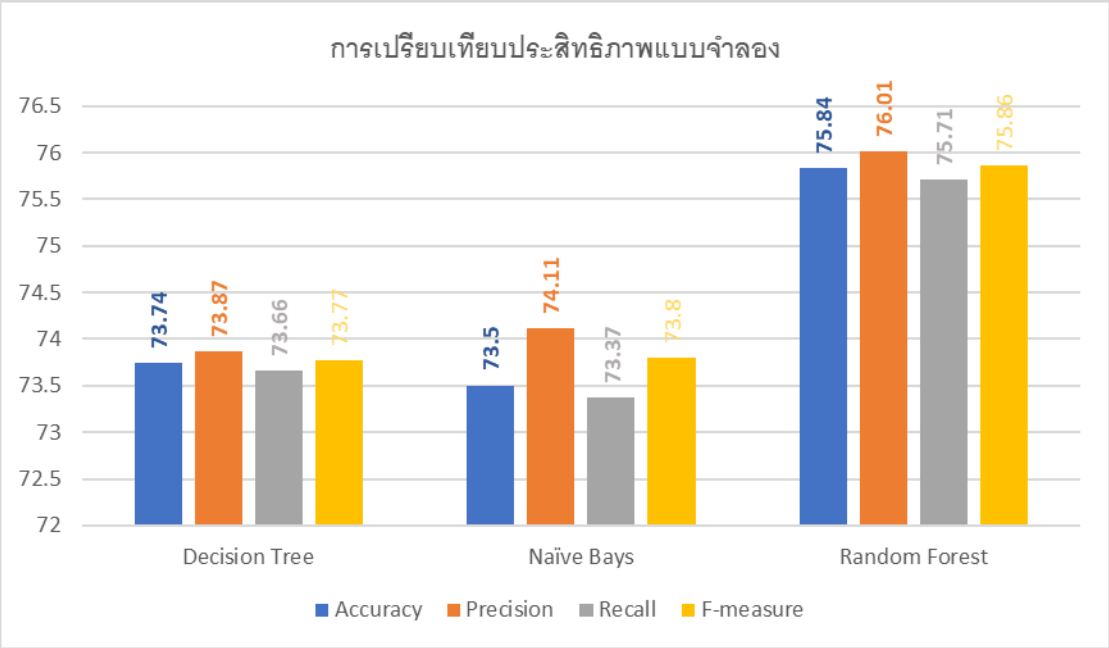
ตารางที่ 2 ตารางผลการหาค่าน้ำหนักคุณลักษณะ

ลำดับ	คุณลักษณะข้อมูล	ชื่อตัวแปร	ค่าน้ำหนัก
1	แผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม	std_program	0.522
2	เกรดเฉลี่ย	std_gpa	0.290
3	เพศ	std_gender	0.207
4	อาชีพผู้ปกครอง	std_p_occup	0.056
5	อาชีพมารดา	std_m_occup	0.055
6	อาชีพบิดา	std_f_occup	0.049
7	สัญชาติผู้สมัครเรียน	std_region	0.027
8	บิดามีชีวิต	std_f_life	0.011
9	มารดามีชีวิต	std_m_life	0.008
10	ผู้ปกครอง	std_p_reletion	0.008
11	สัญชาติผู้สมัครเรียน	std_nation	0.006
12	สถานะครอบครัว	std_familly	0.006
13	ปีที่สมัคร	std_regyear	0.005
14	สัญชาติบิดา	std_f_nation	0.002
15	สัญชาติมารดา	std_m_nation	0.002
16	จังหวัด	std_Local	0.001

ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยเทคนิคการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง ด้วยวิธี 5-fold Cross Validation วิธี 10-fold Cross Validation วิธี Split Validation (70:30) และ วิธี Split Validation (80:20) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด พบว่า ผลการวัดประสิทธิภาพเมื่อนำมารวมและใช้วิธีคำนวณทางสถิติแบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) มีค่าความถูกต้อง (Accuracy)สูงสุด คิดเป็นร้อยละ 75.84 และวิธีการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) ด้วยวิธีการแยกทดสอบด้วยวิธี Split Test (80:20) คือแบ่งข้อมูลสำหรับการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 80 ของข้อมูลทั้งหมดและแบ่งข้อมูลสำหรับการทำนายคิดเป็นร้อยละ 20 ของข้อมูลทั้งหมด มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) คิดเป็นร้อยละ 77.37 เป็นแบบจำลองและวิธีการที่จะนำไปใช้เป็นต้นแบบเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาระบบและประยุกต์ใช้เพื่อทำนายการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มากที่สุด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางผลการวัดประสิทธิภาพ

No	Classification Model	5-fold Cross Validation	10-fold Cross Validation	Split Validation (70/30)	Split Validation (80/20)	ค่าเฉลี่ย (%)
		Accuracy (%)	Accuracy (%)	Accuracy (%)	Accuracy (%)	
1	Decision Tree	73.53	73.82	73.17	74.45	73.74
2	Naive Bays	73.69	71.94	74.63	73.72	73.50
3	Random Forest	74.71	74.68	76.59	77.37	75.84



ภาพที่ 2 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง

จากภาพที่ 2 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล โดยนำคุณลักษณะสำคัญที่มีความสัมพันธ์กับการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ที่มีค่าน้ำหนักที่ดีที่สุดจำนวน 5 คุณลักษณะ ประกอบด้วยแผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม เกรดเฉลี่ย เพศ อาชีพผู้ปกครองและอาชีพมารดา เมื่อนำมาใช้ร่วมกับการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) และเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) นำมาวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยวิธี 5-fold Cross Validation วิธี 10-fold Cross Validation วิธี Split Validation (70:30) และวิธี Split Validation (80:20) โดยนำผลวัดประสิทธิภาพแบบจำลองแต่ละวิธีมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

แบบจำลองที่ให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงสุดคือแบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) มีค่าความถูกต้องสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 75.84 ลำดับต่อมาคือแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 73.74 และแบบจำลองด้วยเทคนิค (Naïve Bays) มีค่าความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 73.50

แบบจำลองที่มีค่าความแม่นยำ (Precision) สูงสุดคือแบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) มีค่าความแม่นยำสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 76.01 ลำดับต่อมาคือแบบจำลองด้วยเทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bays) มีค่าความแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 74.11 และแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีความแม่นยำคิดเป็นร้อยละ 73.87

แบบจำลองที่มีค่าความระลึก (Recall) สูงสุดคือแบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) มีค่าความระลึกสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 75.71 ลำดับต่อมาแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีค่าความระลึกคิดเป็นร้อยละ 73.66 และแบบจำลองด้วยเทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bays) มีความระลึกคิดเป็นร้อยละ 73.37

แบบจำลองที่มีค่าความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure) สูงสุดคือแบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) มีค่าความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 75.86 ลำดับต่อมาแบบจำลองด้วยเทคนิคนาอีฟเบย์ (Naïve Bays) มีค่าความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 73.80 และแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีค่าความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 73.77

4. สรุปผลการวิจัยและอธิปรายผลการวิจัย

4.1 สรุปผลการวิจัย

4.1.1 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญที่สัมพันธ์กับการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ด้วยวิธี Information Gain จากคุณลักษณะเดิมทั้งหมดจำนวน 17 คุณลักษณะ ประกอบด้วยปีที่สมัคร เพศ สาขาที่สมัคร แผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม เกรดเฉลี่ย สัญชาติ ศาสนา สัญชาติบิดา สัญชาติมารดา สถานการณ์มีชีวิตบิดา สถานการณ์มีชีวิตมารดา สถานะครอบครัว จังหวัด ผู้ปกครอง อาชีพผู้ปกครอง อาชีพบิดาและอาชีพมารดา ซึ่งคุณลักษณะสำคัญที่สัมพันธ์กับการสมัครเรียนจะมีค่าน้ำหนักมากและลดลงตามลำดับความสำคัญที่สัมพันธ์กัน ผลพบว่าคุณลักษณะที่มีค่ามากที่สุด 5 คุณลักษณะแรกคือแผนการเรียนที่จบจากระดับมัธยม มีค่าน้ำหนักที่ 0.522 รองลงมากคือ เกรดเฉลี่ย มีค่าน้ำหนักที่ 0.290 เพศ มีค่าน้ำหนักที่ 0.207 อาชีพผู้ปกครอง มีค่าน้ำหนักที่ 0.056 อาชีพมารดา มีค่าน้ำหนักที่ 0.055 และจังหวัดมีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 0.001 ซึ่งในคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด 5 คุณลักษณะเมื่อนำไปใช้ร่วมกับแบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 77.37 มีความแม่นยำ (Precision) สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 77.29 มีค่าความระลึก (Recall) สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 77.04 และมีค่าความความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 77.17

4.1.2 จากผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยเทคนิคการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง ด้วยวิธี 5-fold Cross Validation วิธี 10-fold Cross Validation วิธี Split Validation (70:30) และ วิธี Split Validation (80:20) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดพบว่า แบบจำลองด้วยเทคนิคป่าสุ่ม (Random Forest) ด้วยวิธีการแยกทดสอบด้วยวิธี Split Test (80:20) คือแบ่งข้อมูลสำหรับการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 80 ของข้อมูลทั้งหมดและแบ่งข้อมูลสำหรับการทำนายคิดเป็นร้อยละ 20 ของข้อมูลทั้งหมด มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) คิดเป็นร้อยละ 75.84 มีค่าความแม่นยำในการทำนาย (Precision) คิดเป็นร้อยละ 76.01 มีค่าความระลึก (Recall) คิดเป็นร้อยละ 75.71 และมีค่าความถ่วงดุลหรือค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure) คิดเป็นร้อยละ 75.85

4.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์และคัดเลือกคุณลักษณะสำคัญที่มีสัมพันธ์กับการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ การเตรียมข้อมูลและการแปลงข้อมูลเพื่อนำวิเคราะห์ มีความสอดคล้องกับ[11] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเข้าศึกษาต่อในสาขาวิชา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จากการเตรียมข้อมูลการวิจัยนี้ใช้วิธี Information Gain เพื่อคัดเลือกคุณลักษณะที่มีความสำคัญมีความสัมพันธ์กับการสมัครเรียนของนักศึกษาใหม่ จากคุณลักษณะเดิมทั้งหมด 17 คุณลักษณะคงเหลือ 5 คุณลักษณะที่ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย[9] เปรียบเทียบวิธีคัดเลือกคุณลักษณะในการปรับปรุงการพยากรณ์มะเร็งเต้านม ด้วยวิธี Information Gain จำนวน 6

คุณลักษณะเมื่อนำมาพยากรณ์วัดค่าความถูกต้องดีที่สุดคิดเป็นร้อยละ 92.27 และยังสอดคล้องกับการวิจัย[11] นำคุณลักษณะแผนการเรียนก่อนเข้าศึกษาและคุณลักษณะอื่นรวม 9 คุณลักษณะมาประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองเพื่อวัดความแม่นยำซึ่งได้ค่าความแม่นยำร้อยละ 72.5 วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะในการวิจัยนี้สอดคล้องกับ[11]การคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญที่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะเป้าหมายเป็นการลดตัวแปรหากได้คุณลักษณะที่ดีจะช่วยให้ตัวแบบมีประสิทธิภาพและสามารถลดจำนวนคุณลักษณะลงได้ เมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์ค่าความถูกต้องแม่นยำที่ได้ การวัดประสิทธิภาพแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพที่สุด ด้วยวิธี Cross-Validation ถือเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย [7]การทดสอบประสิทธิภาพเพื่อหาแบบจำลองการพยากรณ์ความเป็นไปได้ในการเลือกสมัครสาขาวิชานำวิธี 10-folds Cross-Validation เพื่อวัดประสิทธิภาพแบบจำลองในการวิเคราะห์ปัจจัยในการคัดเลือกคุณสมบัติและการพยากรณ์ การวิจัยนี้นำข้อมูลผลการวัดประสิทธิภาพโดยนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาเปรียบเทียบค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุลและค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F-measure) มาเปรียบเทียบด้วยวิธีทางด้านสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ [10]การนำข้อมูลผลการเรียน อาชีพของบิดาและมารดาเพื่อหาอาชีพที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิค Decision Tree และ Random Forest มาเปรียบเทียบเพื่อพยากรณ์พบว่าเทคนิค Random Forest ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุด

5. ข้อเสนอแนะ

การรวบรวมข้อมูลและปัจจัยในแต่ละพื้นที่อาจมีความแตกต่างกัน การนำคุณลักษณะมาคัดเลือกเป็นตัวแบบควรพิจารณาคุณลักษณะที่มีความเฉพาะเพิ่มขึ้น การนำตัวแปรหรือคุณลักษณะที่มีความสอดคล้องกับพื้นที่ ตัวอย่างเช่นการแบ่งกลุ่มสถานศึกษา หรือพื้นที่การศึกษา การประกอบอาชีพหรือลักษณะธุรกิจของกลุ่มประชากร มาพิจารณาเพิ่มเติมจะทำให้ความถูกต้องและแม่นยำเพิ่มขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดา. (2557). *การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคดาต้า ไมน์นิ่ง เบื้องต้น*. กรุงเทพมหานคร: ดาต้าคิวบ์.

[2] โกเมศ อัมพวัน. (2548). วิธีการหากฎความสัมพันธ์แบบใหม่โดยต้นไม้แสดงรายการความถี่. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] นิภาพร ชนะมาร และพรรณี สิทธิเดช. (2557). การวิเคราะห์ปัจจัยการเรียนรู้ด้วยการคัดเลือกคุณสมบัติและการพยากรณ์. วารสารมหาวิทยาราชภัฏสกลนคร, 6(12), 34-35.

[4] ปริญญา สงวนสัตย์. (2558). *Artificial Intelligence with Machine Learning*. นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์.

[5] สายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2558). *การทำเหมืองข้อมูล*. กรุงเทพมหานคร: จามจุรีโปรดักส์.

[6] เสกสรรค์ วิลัยลักษณ์ วิภา เจริญภัณฑารักษ์ และดวงดาว วิชาดากุล. (2558). การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลการเรียนของนักเรียน โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[7] สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล. (2559). *การทำเหมืองข้อมูล*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[8] ธาดา จันตะคุณ. การพยากรณ์ความเป็นไปได้ในการเลือกสมัครสาขาวิชาโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 2559

[9] อัจจิมา มณฑาพันธ์. การเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญในการปรับปรุงการพยากรณ์มะเร็งเต้านม. มหาวิทยาลัยศรีปทุม. 2560

[10] สำราญ วานนท์ ธรัช อารีราษฎร์ และจรัลแสนราช. การศึกษาเทคนิคพยากรณ์อาชีพสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 5(2561), 164-171.

[11] รัชฎา เทพประสิทธิ์ และจรัญ แสนราช. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกสาขาวิชาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. 14(2563), 134-146.

[12] สำราญ วานนท์ และรจนา เมืองแสน. การศึกษาและพัฒนาตัวแบบพยากรณ์คุณลักษณะความเหมาะสมสำหรับการเลือกสมัครสาขาวิชาเรียนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. วารสารวิทยาการจัดการ. 7(2563), 135-152.

[13] Thomas Bayes and Richard Price, An Essay towards solving a Problem in the Doctrin of Chance. By the late Rev. Mr. Bayes, communicated by M. Price, in a letter in John Canton, A.M.F.R.S., Philosophical Transaction of the Royal Society of London, 53(0): 370-418, 1763

การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

Developing innovative community products from local herbs

อุดมเดชา พลเยี่ยม[1*] ทรงสิริ วิชิรานนท์[2] และ ปิ่นธิดา ณ ไธสง[3]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2] คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
[*]Email: udomdeja.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่นและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนที่พัฒนาคือมะกรูดหมักผม ที่ผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยความร้อนมีค่า pH อยู่ที่ 4.6 ซึ่งมีความอ่อนโยนต่อหนังศีรษะ และผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบประเมินความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ สถิติที่ใช้คือค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ผลการวิจัยพบว่า 1. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์มะกรูดหมักผมมีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หมักผม (มผช. เลขที่ 549/2553) และ 2. ผู้เข้ารับการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมผลิตภัณฑ์มะกรูดหมักผม มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน, ผลิตภัณฑ์มะกรูดหมักผม

Abstract

This research aims to develop innovative community products from local herbs and transfer technology. They are developing innovative community products from local herbs. An innovative community-developed product is bergamot hair fermented by heat extraction of essential oils with a pH of 4.6, which is gentle on the scalp and pasteurized to extend product shelf life and has been passed on. The instrument used in the research was the satisfaction assessment form for technology transfer. and data analysis using a statistical package. The sample was obtained using purposive sampling for 60 people. The statistics used were frequency, percentage, mean and standard deviation. The results were as follows: 1. The innovation of bergamot hair fermented products meets the community product standards. Hair fermentation products (No. 549/2553) 2. Participants in the technology transfer training for bergamot hair fermented products have high overall satisfaction.

Keywords: Community Product Innovation, Kaffir Lime Hair Treatment

1. บทนำ

ปัจจุบันรัฐบาลได้ขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศด้วยการพัฒนาเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ โดยการนำองค์ความรู้ความคิดสร้างสรรค์ และทุนทางปัญญาที่เชื่อมโยงกับพื้นฐานทางวัฒนธรรม การสั่งสมความรู้ทางสังคมมาผสมผสานกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ ก่อให้เกิดนวัตกรรมที่เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ ทั้งกระบวนการผลิตและรูปแบบผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ๆ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) ความรู้ในการใช้พืชสมุนไพรนั้น เกิดจากความรู้เชิงวัฒนธรรม การทดลองปฏิบัติ การคัดเลือก และการถ่ายทอด โดยชุมชนและสังคมเป็นเวลาต่อเนื่องกันยาวนาน เป็นการเรียนรู้จากความจริงในการดำเนินชีวิต ซึ่งเรียกว่าภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือภูมิปัญญาชาวบ้าน การใช้สมุนไพรในการรักษาโรคยังคงเป็นที่พึ่งและทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพของคนไทย (สุนทรี จีนธรรม, 2562)

ได้มีการนำสารสกัดสมุนไพรมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แชมพู ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำความสะอาดและบำรุงเส้นผม ยังช่วยเพิ่มกลิ่นหอมตามชนิดของสมุนไพรที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อีกด้วย โดยมีการศึกษากันอย่างกว้างขวางทั้งในระดับชุมชนจนถึงในระดับอุตสาหกรรม การนำสมุนไพรหรือสารสกัดจากสมุนไพรมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์นั้น จะมีความเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคน้อยกว่าการใช้สารเคมีล้วนๆ อีกทั้งยังได้รับความนิยมและการยอมรับในการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติกันมากขึ้น ตลอดจนในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยถึงองค์ประกอบสำคัญของสารออกฤทธิ์ในสมุนไพรโดยนักวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ปัญหาในเรื่องความปลอดภัย ต่อผู้บริโภคลดน้อยลง (สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก, 2554) มะกรูด (kaffir lime) เป็นพืชตระกูลส้ม และมะนาว (Citrus family) ที่เป็นพืชพื้นเมืองในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และไทย ในชุมชนบ้านด่าน ได้มีการเพาะปลูกจำนวนมาก จัดเป็นไม้ผล พืช ผัก สมุนไพรที่นิยมปลูกไว้ตามบ้าน และสวน ท่านคงคุ้นเคยกับมะกรูดเป็นอย่างดี เพราะเป็นสมุนไพรคู่ครัวไทpมาอย่างยาวนาน เพราะนิยมใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงที่จำเป็นอย่างขาดไม่ได้เลย ซึ่งโดยปกติแล้วเรามักจะนิยมใช้ใบมะกรูดและผิวมะกรูดมาเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องปรุงอาหารหลายชนิด นอกจากมะกรูด จะใช้เป็นเครื่องประกอบในอาหารต่าง ๆ เนื่องจาก ใบ และผล มีน้ำมันหอมระเหยที่ให้กลิ่นหอมช่วยในการดับกลิ่นคาว เพิ่มรสให้แก่อาหารได้เป็นอย่างดี รวมถึงมีองค์ประกอบของสารสำคัญหลายชนิด ที่มีคุณสมบัติทางยา และคุณสมบัติทางด้านความสวยความงาม สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างดี (พันธ์ณรงค์ รัถยาภิรักษ์, 2565)

จังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคตะวันตก ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง และได้มีการทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือการบริการวิชาการเพื่อพัฒนาศักยภาพชุมชนอย่างยั่งยืน กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาขีดความสามารถของชุมชนในการใช้ทรัพยากรและภูมิปัญญาท้องถิ่นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับวิสัยทัศน์เพื่อเป็นกรอบในการพัฒนาจังหวัดราชบุรีช่วงปี พ.ศ.2561-2564 ว่า “เมืองเกษตรสีเขียว เศรษฐกิจมั่นคง สังคมมีความสุข”(แผนพัฒนาจังหวัดราชบุรี พ.ศ. 2561-2565 (ฉบับทบทวนปี พ.ศ.2563) โดยประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1 พัฒนาการเกษตรสีเขียวแบบครบวงจร และเมืองอาหารคุณภาพที่เติบโตอย่างมั่นคง ได้กำหนดกลยุทธ์ที่ 2 ยกระดับการพัฒนาผลผลิตสินค้าเกษตรและอาหารสู่มาตรฐานเมืองอาหาร เมืองสมุนไพรระดับสากล ซึ่งจังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดที่มีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่ก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้มีสมุนไพรพื้นบ้านเป็นจำนวนมาก แต่ยังขาดการศึกษาอย่างเป็นระบบ และจากการลงพื้นที่ของมหาวิทยาลัยในการบริการวิชาการได้รับทราบถึงความต้องการของชุมชนในความต้องการฟื้นความรู้ อนุรักษ์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับสมุนไพรพื้นบ้านด้วยกลัวว่าจะสูญหายไปเนื่องจากไม่การสืบทอดและเยาวชนไม่เห็นคุณค่าความสำคัญ จึงเป็นที่มาของโจทย์วิจัยครั้งนี้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่นเพื่อสืบทอดและต่อยอดภูมิปัญญาพื้นบ้านซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญและบ่งบอกให้เห็นรากเหง้าที่แท้จริงของชุมชนนั้น และสามารถนำไปเชื่อมโยงกับวิถีชีวิตในสังคมปัจจุบันได้อย่างมีคุณภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น
2. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

2. วิธีการทดลอง

2.1 ระยะที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 คัดแยกมะกรูด นำผลมะกรูดสด มาล้างทำความสะอาด

1.2 ชั่งผลมะกรูด จำนวน 1 กิโลกรัม มะกรูดที่นำมาชั่งต้องแห้ง ไม่มีน้ำที่ล้างติดมาด้วย



ขั้นตอนที่ 2. การอบ

2.1 นำผลมะกรูดที่ชั่งแล้วมาอบที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที โดยนำมาอบด้วยฝาอบลมร้อน ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ พร้อมสังเกตการเปลี่ยนสีของผิวมะกรูดจากสีเขียวเป็นสีเหลือง



ขั้นตอนที่ 3. การแยกเมล็ด

3.1 พักมะกรูดที่อบให้เย็น โดยปล่อยให้มะกรูดเย็นลงที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที หรือสังเกตจากการใช้มือสัมผัสแล้วไม่ร้อน นำมามะกรูดมาหั่นครึ่งและนำเมล็ดออก



ขั้นตอนที่ 4. การต้ม

4.1 นำมะกรูดที่แยกเมล็ดออกแล้วเติมน้ำลงไปจำนวน 2 ลิตร ต้มมะกรูดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที โดยการจับเวลาการต้มให้เริ่มจากน้ำเดือด



ขั้นตอนที่ 5. การปั่น

5.1 พักมะกรูดที่ต้มแล้วเย็น นำมาปั่น ปล่อยให้มะกรูดที่ต้มแล้วเย็นลงที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที โดยใช้มือสัมผัสแล้วไม่ร้อน



ขั้นตอนที่ 6. การกรอง

6.1 กรอง ใช้ภาชนะ เช่น กระชอนเบอร์เล็กเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความละเอียดและเป็นการความคุมขนาดและส่วนที่เป็นเมล็ดที่อาจติดมา



ขั้นตอนที่ 7. การเตรียมบรรจุภัณฑ์

7.1 ทำความสะอาดขวดบรรจุภัณฑ์ ก่อนติดฉลาก เช็ดขวดให้สะอาด และ แห้งก่อนการติดฉลาก โดยระบุวันผลิตให้ชัดเจน



ขั้นตอนที่ 8. การบรรจุ

8.1 บรรจุในขวดที่เตรียมไว้ บรรจุในขวดบรรจุภัณฑ์ที่เตรียมไว้ให้ได้ปริมาตร 250 มล.



ขั้นตอนที่ 9. การเก็บผลิตภัณฑ์

9.1 เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทุกครั้ง ผลิตภัณฑ์มีอายุการใช้งานประมาณ 6 เดือน ตรวจสอบ/คัดแยกผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุออกจากสถานที่เก็บ



2.2 ระยะที่ 2 การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. เลขที่ 549/2553

2.2.1 ลักษณะทั่วไป ต้องไม่แยกชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน ปราศจากสิ่งแปลกปลอม อาจมีผงสมุนไพร การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2.2.2 สี ต้องมีสีสม่ำเสมอ

2.2.3 กลิ่น ต้องมีกลิ่นที่ดี ตามส่วนประกอบที่ใช้ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เช่นกลิ่นอับกลิ่นหืนกลิ่นบูด เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 9.1 แล้วต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

2.2.4 ความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง 4.5 ถึง 8.0 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่

2.2.5 จุลินทรีย์

2.2.5.1 จำนวนแบคทีเรียยีสต์และราทั้งหมดที่เจริญเติบโตโดยใชอากาศ ตองไมเกิน 1 × 10*3 โคโลนต่อตัวอยาง 1 กรัมหรือ 1 ลูกบาศกเซนติเมตร

2.2.5.2 ซูโดโมแนส แอรูจิโนซา ตองไมพบ

2.2.5.3 สตาฟโลค็อกคัสออเรียส ตองไมพบ

2.2.5.4 แคนดิดาอัลบิแคนส ตองไมพบ

2.2.5.5 คลอสตริเดียม ตองไมพบ

การทดสอบใหปฏิบัติตาม ISO หรือ BAM (U.S.FDA) หรือUSP หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเทา

2.2.6 การใช้งาน ต้องทำให้เส้นผมนุ่มสลวย ไม่พันกันและเป็นเงางาม การทดสอบให้ปฏิบัติ ตามข้อ 10.2

2.2.7 ความคงสภาพ ลักษณะทั่วไป สีและกลิ่นต้องอยู่ในสภาพที่ดีไม่แปรสภาพหรือเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาตามที่กำหนด การทดสอบให้ปฏิบัติ ข้อ 10.8 หรือเทียบเท่า

2.2.8 การทดสอบ

2.2.8.1 การทดสอบสีและกลิ่น

2.2.8.1.1 ใหแตงตั้งคณะผูตรวจสอบ ประกอบดวยผูที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผลิตภัณฑหมักผม 5 คน แตละคนจะแยกกันตรวจและใหคะแนนโดยอิสระ

2.2.8.2 การทดสอบการใชงาน

2.2.8.2.1 ใชอาสาสมัคร 3 คน

2.2.8.2.2 แบงผมอาสาสมัครแตละคนออกเปน 2 สวน ซ้ายและขวาประมาณเท่าๆ กัน สวนขวาชโลมตัวอยางผลิตภัณฑ์หมักผมประมาณ 10 ลูกบาศกเซนติเมตร หรือ 10 กรัม ลงบนผมที่เปียก แลวหมักทิ้งไว ตามเวลาที่กำหนดไว้ที่ฉลาก ลางตัวอยางผลิตภัณฑหมักผมออกจนหมดดวยน้ำสะอาด แลวใชผาขนหนูซับใหแห้ง สวนซายใหทำโดยวิธีเดียวกัน แตไมใชตัวอยางผลิตภัณฑหมักผม สำหรับเปรียบเทียบตรวจสอบการใชงานโดยการตรวจพินิจ

2.2.8.3 การทดสอบความคงสภาพ

เก็บตัวอยางผลิตภัณฑหมักผมที่ไมเคยเปิดฝาภาชนะบรรจุมากอนที่อุณหภูมิ (4± 2) องศาเซลเซียสเปนเวลา 24 ชั่วโมง แลวนำไปเก็บที่อุณหภูมิ (45 ± 2) องศาเซลเซียส เปนเวลา 24 ชั่วโมง ทำเชนนี้ จนครบ 4 ครั้ง นำมาวางไวใหเย็นที่อุณหภูมิหองตรวจสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นเปรียบเทียบกับสภาพเดิมของผลิตภัณฑ์

2.3 ระยะที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น ดำเนินการระหว่างวันที่ 17 - 19 ธันวาคม 2564 เวลา 08.30 – 16.30 น. ศาลาอเนกประสงค์หมู่ที่ 3 บ้านโป่งใหม่ ตำบลปากแรต อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี มีผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมทั้งสิ้น 60 คน

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการหาความถี่และหาค่าร้อยละ
2. วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยการหา ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) เป็นรายข้อ

2.4 การแปลความหมายข้อมูล

การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยของการถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังแสดงไว้ ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม

ช่วงค่าเฉลี่ย	ระดับ
4.50 – 5.00	มากที่สุด
3.50 – 4.49	มาก
2.50 – 3.49	ปานกลาง
1.50 – 2.49	น้อย
1.00 – 1.49	น้อยที่สุด

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หมักผม มผช. 549/2553

การทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ
Stability	มผช. 549/2553	ผ่าน
Usability	มผช. 549/2553	ผ่าน
Sensory	มผช. 549/2553	ผ่าน
pH	pH-meter	4.6
aerobic plate count	ISO 21149 : 2017 (CFU/g)	น้อยกว่า 10
Pseudomonas aeruginosa	ISO 22717 : 2015 (g)	ไม่พบ
Staphylococcus aureus	ISO 22718 : 2015 (g)	ไม่พบ
Candida albicans	ISO 18416 : 2015 (g)	ไม่พบ
Clostridium spp.	USP35/NF30: 2012 (g)	ไม่พบ

จากตารางที่ 2 การผลการทดสอบมะกรูดหมักผม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หมักผม มผช. เลขที่ 549/2553 พบว่า

1. ลักษณะทั่วไป ไม่แยกชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน ปราศจากสิ่งแปลกปลอม อาจมีผงสมุนไพร
2. สี มีความสม่ำเสมอ
3. กลิ่น มีกลิ่นที่ดี ตามส่วนประกอบที่ใช้ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เช่นกลิ่นอับกลิ่นหืนกลิ่นบูด
4. ความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 4.5 ถึง 8.0

5. จุลินทรีย์

5.1 จำนวนแบคทีเรียยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g

5.2 ซูโดโมแนส แอรูจิโนซา ไมพบ

5.3 สตาฟโลค็อกคัสออเรียส ไมพบ

5.4 แคนดิดาอัลบิแคนส ไมพบ

5.5 คลอสตริเดียม ไมพบ

6 การใช้งาน ทำให้เส้นผมนุ่มสลวย ไม่พันกันและเป็นเงางาม

7. ความคงสภาพ ลักษณะทั่วไป สีและกลิ่นอยู่ในสภาพที่ดีไม่แปรสภาพหรือเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาตามที่กำหนด

3.2 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

ตารางที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ข้อมูลทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
1. เพศ		
หญิง	49	81.67
ชาย	11	18.33
2. อายุ		
ต่ำกว่า 30 ปี	12	20.00
30-39 ปี	28	46.67
40-49 ปี	10	16.67
50-59 ปี	5	8.33
60 ปี ขึ้นไป	5	8.33
3. ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	56	93.33
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	4	6.67

จากตารางที่ 3 ผู้เข้ารับการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 81.67 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 30-39 ปี คิดเป็นร้อยละ 46.67 และส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรีหรือเทียบเท่าร้อยละ 93.33

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ข้อคำถาม	$\bar{x}$	SD.	ระดับ
1. จำนวนผู้เข้ารับการอบรมต่อกลุ่ม	4.10	0.68	มาก
2. การอธิบายส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์	4.35	0.70	มาก
3. การอธิบายขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์	4.25	0.81	มาก
4. การให้ข้อควรระวังในการทำผลิตภัณฑ์	4.55	0.75	มากที่สุด
5. การนำผลิตภัณฑ์ไปเป็นแนวทางในการประกอบอาชีพ	4.20	0.84	มาก
รวม	**4.29**	**0.72**	**มาก**

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมผลิตภัณฑ์มะกรูดหมักผมมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีความพึงพอใจจากมากไปน้อยดังนี้ การให้ข้อควรระวังในการทำผลิตภัณฑ์ การอธิบายส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ การอธิบายขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ การนำผลิตภัณฑ์ไปเป็นแนวทางในการประกอบอาชีพและจำนวนผู้เข้ารับการอบรมต่อกลุ่ม

4. สรุปและอภิปรายผล

4.1 ผลการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

นวัตกรรมผลิตภัณฑ์มะกรูดหมักผมมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หมักผม (มผช. เลขที่ 549/2553) มีค่า pH 4.5-8.0 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2561) ที่ไม่มีการตรวจพบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ และในงานวิจัยของ . Prasart Foo-trakul and Chonlada Watchiradatsatiean (2005) แชมพูและทรีทเม้นท์น้ำมันมะกรูดสกัดเย็นสามารถลดรังแคได้ เนื่องจากในน้ำมันมะกรูดมีสาร terpenoid และ flavonoid ทำหน้าที่ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Malazzesia spp.*

ทั้งนี้การเลือกมะกรูดสำหรับการพัฒนาเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ “มะกรูดหมักผม” ในครั้งนี้ ดำเนินการพัฒนาตามรอยภูมิปัญญาท้องถิ่นในการนำมะกรูดมาใช้หมักผม และพัฒนาให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หมักผม มผช. เลขที่ 549/2553 ซึ่งมีหลักเกณฑ์การเลือกสมุนไพรในท้องถิ่นเพื่อพัฒนาเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนดังนี้

1. เป็นสมุนไพรที่มีปริมาณมาก พบทั่วไปในท้องถิ่น
2. เป็นสมุนไพรที่มีราคาถูก
3. เป็นสมุนไพรที่มีความเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการต่อยอดพัฒนาเป็นนวัตกรรม
4. เมื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แล้วสามารถสร้างมูลค่าได้

4.2 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น

ผู้เข้ารับการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีนวัตกรรมผลิตภัณฑ์มะกรูดหมักผมมีความพึงพอใจต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยรวมอยู่ในระดับมากซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก (2554.) ในการผลิตและพัฒนาตำรับแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย 6 ชนิด ซึ่งมีส่วนผสมสารสกัดจากมะกรูด

ทั้งนี้การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่นนั้น ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนานั้นต้องได้รับการยอมรับจากชุมชน ซึ่งเรื่องการยอมรับในนวัตกรรมเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะประชาชนในชุนชนจะเป็นผู้ที่อยู่กับสมุนไพร รู้จักสมุนไพรเป็นผู้ใช้ เป็นผู้บอกต่อๆ กันไปยังชุมชนอื่นที่อยู่ใกล้เคียง ดังนั้นฐานของการยอมรับมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น หมายความว่าสมุนไพรชนิดใดที่บรรพบุรุษเคยนำมาใช้ ไม่ว่าจะเป็นด้าน ยาสมุนไพร อาหาร หรือ เครื่องสำอาง และสืบทอดต่อกันมา จะกลายเป็นองค์ความรู้ของชุมชน เป็นภูมิปัญญาที่มีคุณค่า จะส่งผลต่อการยอมรับของคนในชุมชนได้

การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากภูมิปัญญาท้องถิ่นจึงเป็นการย้อนรอยการใช้ประโยชน์ของสมุนไพรด้วยภูมิปัญญาดังเดิมซึ่งนำเข้าสู่กระบวนการให้ได้มาตรฐานสามารถตรวจสอบได้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) จึงเป็นมาตรฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นแนวทางการยกระดับผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่า เป็นการเพิ่มช่องทางการตลาดในเชิงพาณิช ซึ่งจะสะท้อนกลับมาสู่การพัฒนาความเป็นอยู่ รายได้ของชุมชน และ รวมไปถึงการดูแล อนุรักษ์ การรักษาสมุนไพรให้คงอยู่ในพื้นที่ของชุมชนต่อไป และยังสะท้อนถึงความมีรากเหง้าด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่นนั่นเอง

5. กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนจากสมุนไพรในท้องถิ่น เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมสมุนไพรพื้นบ้านและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มศักยภาพการพัฒนาสมุนไพรที่ใช้เป็นอาหาร ยารักษาโรคและเครื่องสำอางในเขตจังหวัดภาคกลางสู่การแข่งขันเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืน ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกในการวิจัยและการใช้ห้องปฏิบัติการสำหรับการวิจัยเป็นอย่างสูง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กัลยา สนิทนอก และ อนงค์ศรีโสภา. 2562. **องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันผิวมะกรูดและการประยุกต์ใช้ผิวมะกรูดเพื่อแต่งกลิ่นชา**. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 50 ฉบับที่ 1 (พิเศษ) .น463-468.

[2] ธีรศักดิ์ โรจนาราธา และคณะ. 2551. **การประชุมวิชาการจับกระแสการรักษาและยาใหม่ 3**. คณะเภสัชศาสตร์และชมรมศิษย์เก่าคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[3] นริศา คำแก่น . 2551. **การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสมุนไพร.** กรุงเทพฯ : ก็อปปี้บอกซ์.

[4] นิธิ เอียวศรีวงศ์. 2556. **การศึกษาของชาติกับภูมิปัญญาท้องถิ่น.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง.

[5] ณรงค์ โพธิ์พฤกษานันท์. 2559. **การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการพัฒนาคุณภาพสมุนไพรแปรรูป**. การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านบริหารธุรกิจราชมงคลพระนครและการนำเสนอผลงานวิจัยเชิงสร้างสรรค์ 16-17 ธันวาคม พ.ศ.2559

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2561). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแชมพูผสมสมุนไพร 7 ชนิด มผช. มอก. เอส 12-2561. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

[7] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ.2560-2564.กรุงเทพมหานคร: สำนักนายกรัฐมนตรี

[8] สุพัฒน์ ศรีสวัสดิ์. 2556. **พืชสมุนไพรประจำถิ่นและภูมิปัญญาการประยุกต์ใช้สำหรับการแพทย์พื้นบ้านในจังหวัดชายแดนภาคใต้.** วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. ปีที่ 5 ฉบับที่ 4 (2013): ฉบับพิเศษประจำปี 2556. น14-27.

[9] สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์ฟัก. 2554. การผลิตและพัฒนาตำรับแชมพูที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย. ว. วิทย์. กษ. 42(2)(พิเศษ): 659-661

[10] สุนทรี จีนธรรม และคณะ. 2562. ภูมิปัญญาท้องถิ่นการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรในชุมชน ตำบลบ่อเงิน อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 13 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2562

[11] ประภัสสร วีระพันธ์ และวัชรี คุณกิตติ. 2560. **คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยในหลอดทดลอง.** วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน. ปีที่ 7 ฉบับที่ 3. น30-38.

[12] เอกศักดิ์ เฮงสุโข และวิสิทธิ์ มะณี. 2561. **รูปแบบการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการดูแลสุขภาพและการใช้ประโยชน์จากสมุนไพร.** วารสาร“ศึกษาศาสตร์มมร”คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย มหา มกุฏราชวิทยาลัยปีที่ 6 ฉบับที่ 1. น278-293.

[13] อุดมเดชา พลเยี่ยม และ นิภาพร ปัญญา. 2561. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการใช้ประโยชน์จากพืชในท้องถิ่นสำหรับการพัฒนาเป็นเครื่องดื่มสมุนไพร : กรณีศึกษาพืชในท้องถิ่นชุมชนแพรกหนามแดง อำเภอ**

อัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม เพื่อความมั่นคงด้านอาหารอย่างยั่งยืน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[14] อุดมเดชา พลเยี่ยม และ ปิ่นธิดา ณ ไธสง. 2559. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องศักยภาพด้านอาหารของพืชท้องถิ่น ชุมชนแพรกหนามแดง อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงครามเพื่อความมั่นคงทางอาหารและการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[15] Prasart Foo-trakul and Chonlada Watchiradatsatiean. 2005. **Development of anti-dandruff shampoo from kaffir lime which is the by-product of food industry**. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 39: 725 – 729.

การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยในปี 2562

Assessment of the impact of PM2.5 on Chronic Obstructive Pulmonary Disease of people in the Upper North Thailand in 2019

รวิวรรณ อินน้อย[1] และ สิทธิชัย พิมลศรี[1*]

[1]หน่วยวิจัยมลพิษบรรยากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยพะเยา
[*]Email: sittichai007@hotmail.com

บทคัดย่อ

สถานการณ์มลพิษภาคเหนือประเทศไทย ยังคงเป็นปัญหาในทุก ๆ ปี โดยเฉพาะในเดือนมีนาคม ซึ่งมีความเข้มข้นของ PM2.5 ในแต่ละวัน สูงกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศขององค์การอนามัยโลก (WHO) และมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง และในปี 2566 ประเทศไทยได้มีการปรับค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ให้เข้มงวดขึ้น เพื่อยกระดับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศ ป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นโรคที่ได้รับผลกระทบมากจากฝุ่นละออง การศึกษานี้จึงประเมินผลกระทบ PM2.5 ต่อโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของประชาชน 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบนในปี พ.ศ.2562 ด้วยแบบจำลอง The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) ผลการศึกษาพบว่ากรณีควบคุมค่าความเข้มข้น PM2.5 ให้ได้ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศประเทศไทยปัจจุบันที่ระดับ 50 $\mu g/m^3$ และกรณีควบคุมตามมาตรฐานใหม่ที่ระดับ 37.5 $\mu g/m^3$ ทำให้ลดการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 112 และ 122 ราย ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนจากผู้เสียชีวิตรวมทั้งหมดจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเท่ากับ 17.14% และ 18.70% ตามลำดับ จากการวิเคราะห์เห็นได้ว่าในการลดระดับ PM2.5 ตามค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ใหม่ในไทยจะช่วยลดอัตราการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังได้เพิ่มขึ้น 10 รายต่อปี จากมาตรฐานเดิม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นผลกระทบอย่างมากของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตประชาชนภาคเหนือด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง การควบคุมความเข้มข้น PM2.5 ให้ได้ตามมาตรฐานใหม่ช่วยลดผลกระทบสุขภาพเป็นอย่างมาก

คำสำคัญ: ฝุ่นละออง PM2.5, โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง , ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

Abstract

There is an air quality problem every year in Northern Thailand, especially in March. The daily concentration of PM2.5 is higher than the World Health Organization (WHO) Ambient Air Quality Standard and Thailand's National Ambient Air Quality Standard. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a disease that is affected significantly by particulate matter. This study assessed the impact of PM2.5 on

COPD of people in 9 upper northern provinces in 2019 by using the Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) model. The results showed that the control of PM2.5 concentration to the current air quality standard of Thailand at 50 μg/m^3 and in the case of control under the new standard at 37.5 μg/m^3 resulting in a reduction the number of COPD mortality 112 and 122 respectively, that are 17.14% and 18.70% of all COPD mortality, respectively. The analysis shows that reducing PM2.5 levels according to the new PM2.5 standard in Thailand would reduce the death rate from COPD by 10per year comparing with the old standard. The results of the study showed a significant impact of PM2.5 on COPD mortality in northern people. Controlling the PM2.5 concentration to the new standard significantly reduced the health impact.

Keywords: PM2.5, BenMAP-CE, Chronic obstructive pulmonary disease (COPD), Health benefit

1. บทนำ

สถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ภาพรวมคุณภาพอากาศมีแนวโน้มทรงตัว แต่ยังพบเกินมาตรฐานเนื่องจากฝุ่นละออง PM2.5 [1] ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย สาเหตุหลักเกิดจากการเผาในที่โล่งและไฟไหม้ป่า [2] การเผาไหม้ในที่โล่ง การเผาไหม้ทางการเกษตร และไฟป่า เป็นแหล่งสำคัญของ PM2.5 [3] การปล่อยมลพิษของภาคเหนือประเทศไทย ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเผาในพื้นที่ป่ามากกว่าการเผาในพื้นที่การเกษตร ซึ่งภาคเหนือตอนบนมีป่าไม้มาก การปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาในที่โล่ง จึงมีปริมาณความเข้มข้นสูงกว่าภาคเหนือตอนล่างซึ่งเป็นบริเวณที่มีพื้นที่การเกษตรมาก [4] การกระจายตัวของการเผาในที่โล่งในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2549-2558 พบว่ามีการเผามากที่สุดในเดือนมีนาคม โดยมีรูปแบบการเผาที่คล้ายกันในทุกปี โดยเริ่มมีการเผาตั้งแต่เดือนธันวาคมและเพิ่มจำนวนต่อเนื่องจนมากที่สุดในเดือนมีนาคมและลดลงในเดือนเมษายน [5]

มลพิษทางอากาศก่อให้เกิดการบดบังทัศนวิสัยการจราจรทั้งทางบกและทางอากาศและมีผลกระทบต่อสภาวะเศรษฐกิจของพื้นที่ภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ [6] ฝุ่นละอองในบรรยากาศเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ เนื่องจาก PM 2.5 ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากสามารถเดินทางเข้าถึงชั้นถุงลมของปอดได้ ดังนั้น PM2.5 จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นหยาบหรือฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า [7] PM 2.5 จึงถือเป็นมลพิษที่อันตรายที่สุดชนิดหนึ่ง [8] มีการศึกษาพบว่า PM2.5 ที่มาจากการเผาไหม้ชีวมวลมีความสัมพันธ์กับการตายจากทุกสาเหตุ ด้วยความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative Risk : RR) 1.92%: 95% CI 1.19 - 5.03) การเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด (RR 3.30%: 95% CI 1.97 - 8.57) ต่อการเพิ่มขึ้นของ PM 2.5 10 ไมโครกรัม/ม^3 [9] ระดับมลพิษทางอากาศ PM 2.5 ที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้เสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุของประเทศไทย (RR 1.0220: 95%CI 1.0142, 1.0298) [10] กลุ่มโรคที่เป็นกลุ่มเฝ้าระวังจากสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือ ประกอบด้วย 4 กลุ่มโรค ได้แก่ กลุ่มโรคตาอักเสบ กลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือด กลุ่มโรคทางเดินหายใจ และ กลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ [6] PM 2.5 มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ (RR 1.016 95%CI: 1.001–1.032) การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (RR 1.089 95%CI: 1.016–1.167) โรคหลอดเลือดหัวใจ (RR 1.086 95%CI: 1.002–1.177) และภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด (RR 1.057 95%CI: 1.003–1.113) ในจังหวัดเชียงใหม่ [11]

การศึกษาที่มีอยู่หลากหลายงานได้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับ PM2.5 ในด้านพิษวิทยา ระบาดวิทยา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ และภูมิศาสตร์ [12] อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาการประเมินผลกระทบขึ้นอยู่

กับความแตกต่างในแต่ละพื้นที่ วิธีการวิจัย และขนาดตัวอย่างระหว่างการศึกษาต่าง ๆ ค่าสัมประสิทธิ์การตอบสนองต่อการสัมผัสของกรณีทางระบาดวิทยาต่าง ๆ [13] ในศึกษาในปี 2559 พบประเทศไทย มีผู้เสียชีวิตจากการสัมผัส PM 2.5 ทั้งหมด 50,019 ราย แบ่งเป็นการเสียชีวิตจากการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่าง 16,419 ราย โรคหลอดเลือดสมอง 7,411 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 4,999 ราย มะเร็งปอด 5,701 ราย และโรคหัวใจขาดเลือด 15,489 ราย และยังวิเคราะห์ประโยชน์ด้านสุขภาพจากการลด PM 2.5 มาที่ระดับ 10 $\mu g/m^3$ และ 25 $\mu g/m^3$ พบว่า มีผู้เสียชีวิตจากทุกสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัส PM 2.5 ทั้งหมดลดลง 28,681 ราย และ 4,741 รายตามลำดับ [14] ในประเมินผลกระทบด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องในเขตเมืองที่มีประชากรหนาแน่นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ BenMAP-CE พบว่า การลดค่า PM 2.5 รายปี ตามแนวทางของ WHO จะช่วยไม่ให้มีผู้เสียชีวิต 1,415 ราย โดยแบ่งเป็นพื้นที่ กรุงเทพฯ จำนวน 91 ราย [15] ความเข้มข้นของ PM 2.5 ในกรุงเทพฯ มีส่วนทำให้เกิดการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 4,240 ราย โรคหัวใจและหลอดเลือด 1,317 ราย และมะเร็งปอด 370 รายต่อปี การวิเคราะห์เพิ่มเติมพบว่า การลดความเข้มข้น PM 2.5 ประจำปีในกรุงเทพฯ ให้เป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศของไทยและ WHO จะช่วยลดอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรรายปีในกรุงเทพฯ ลง 33% และ 75% ตามลำดับ [16]

ปัจจุบันมีการศึกษาหลายการศึกษาที่สามารถประเมินและวิเคราะห์อันตรายต่อสุขภาพที่เกิดจาก PM2.5 อย่างไรก็ดี การศึกษาของประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในภาพรวมของประเทศ และยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับ PM 2.5 ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปัญหามลพิษอากาศรุนแรงเป็นประจำทุกปี ซึ่ง PM 2.5 มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง [11] และมีผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนมากกว่าโรคอื่นๆ ที่ทำการศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการศึกษาผลกระทบของ PM2.5 ต่อโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของประชาชนภาคเหนือตอนบน เพื่อนำไปสู่การกำหนดนโยบายหรือแผนการดำเนินการกำหนดเป้าหมายให้ระดับ PM2.5 ไม่เกินค่าที่แนะนำ เพื่อลดผลกระทบต่อชีวิตและสุขภาพ

2. วิธีการวิจัย

2.1 The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE)

BenMAP-CE เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่คำนวณจำนวนและมูลค่าทางเศรษฐกิจของการเสียชีวิตและการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ซอฟต์แวร์นี้รวมฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อความเข้มข้น ข้อมูลประชากร และข้อมูลด้านสุขภาพและเศรษฐกิจที่จำเป็นในการหาปริมาณของผลกระทบต่อสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงปริมาณจำนวนผลกระทบด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ โดยคำนวณตามสูตร [17] ดังนี้

$$\Delta Y = Y_0\left(1 - e^{-\beta \Delta PM}\right) \times Pop \qquad (1)$$

โดยที่ ΔY คือ อัตราการเจ็บป่วย/ตายจากการสัมผัสมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

Y_0 คือ อัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ

e คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชั่นผลกระทบต่อสุขภาพที่ได้มาจากการศึกษาทางระบาดวิทยา แสดงถึงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงในผลกระทบด้านสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ต่อหน่วยของมลพิษ

ΔPM คือ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศ

Pop คือ จำนวนของประชากรที่ได้รับผลกระทบ

2.2 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศ

BenMAP-CE ต้องการทั้งข้อมูลคุณภาพอากาศของสถานการณ์พื้นฐานและข้อมูลคุณภาพอากาศของสถานการณ์ควบคุม ในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ

2.2.1 สถานการณ์พื้นฐาน คือ สถานการณ์ที่แสดงลักษณะของระดับคุณภาพอากาศจากข้อมูลตรวจวัดคุณภาพอากาศในกรณีพื้นฐาน (Base case) ซึ่งในการศึกษานี้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมงใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย เป็นสถานการณ์พื้นฐาน โดยรวบรวมข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมง 15 สถานี ใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย จากกรมควบคุมมลพิษ และได้กำหนดหลักเกณฑ์การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมิน โดยข้อมูล PM 2.5 ที่ใช้ในการศึกษาต้องมีข้อมูล PM 2.5 รายชั่วโมง อย่างน้อย 18 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 75 ของข้อมูลรายวัน ซึ่งหากมีข้อมูล PM 2.5 รายวัน ที่ขาดหายไปหรือไม่สามารถใช้ได้ จะใช้วิธีการประมาณค่า PM2.5 ที่ขาดหายไป โดยจะถูกประมาณค่าจากอัตราส่วนค่า PM 2.5 ต่อ PM 10 ซึ่งค่า PM 2.5 และ PM 10 ที่ใช้ต้องเป็นข้อมูลในปีที่ศึกษาเดียวกัน

2.2.2 สถานการณ์ควบคุม คือ สถานการณ์จำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงไป (เพิ่มขึ้นหรือลดลง) จากสถานการณ์พื้นฐาน สถานการณ์ควบคุมมักจะหมายถึงระดับคุณภาพอากาศที่คาดหวังหลังจากมีการปฏิบัติตามกฎระเบียบหรือข้อบังคับใหม่ ซึ่งในการศึกษานี้ ผู้วิจัยกำหนดการสถานการณ์ควบคุม PM2.5 ตามมาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ปัจจุบัน ที่ 50 $\mu g/m^3$ และตามมาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ที่จะประกาศใช้ใหม่ ในปี พ.ศ. 2566 ที่ค่า 37.5 $\mu g/m^3$

2.3. จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบ

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลด้านประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบนได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน แพร่ น่าน พะเยา และตาก จากคลังข้อมูลสุขภาพ (Health Data Center: HDC) กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชั่นผลกระทบต่อสุขภาพ

ฟังก์ชั่นผลกระทบต่อสุขภาพเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลพิษกับการเปลี่ยนแปลงในอุบัติการณ์ของจุดสิ้นสุดด้านสุขภาพ ความสัมพันธ์นี้มักเรียกว่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact Function: HIF) หรือฟังก์ชั่นตอบสนองความเข้มข้น (Concentration-response) ซึ่งได้มาจากการศึกษาทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ สามารถคำนวณได้ตามสูตร [17] ดังนี้

$$\beta = ln(RR) / \Delta pollution \qquad (2)$$

โดยที่ β คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชั่นผลกระทบต่อสุขภาพ

RR คือ ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (relative risk, RR) แสดงถึงความเสี่ยงของการเกิดโรคสัมพัทธ์ต่อการสัมผัสมลพิษอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

$\Delta pollution$ คือ การเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศ

2.5 อัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ

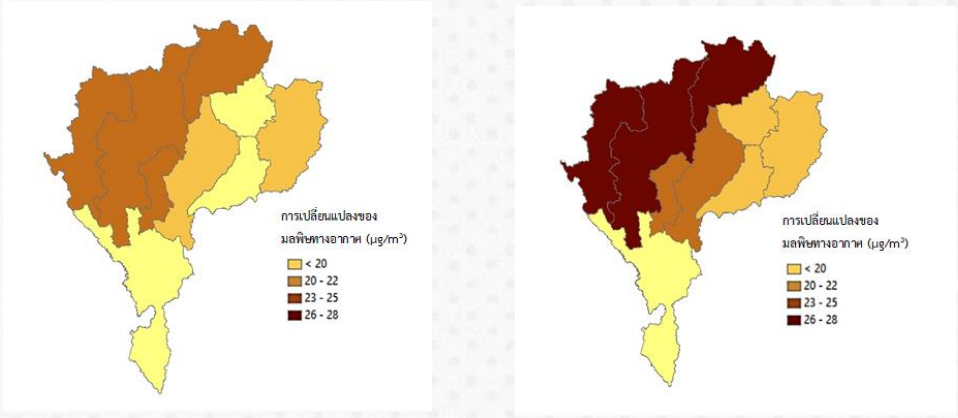
ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ในการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ซึ่งระบุจังหวัด เพศ อายุ และเหตุผลการเสียชีวิตตามการจำแนกตามบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ฉบับทบทวนครั้งที่ 10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10 : ICD-10) รหัส ICD-10: J44.9 ซึ่งสอดคล้องกับค่า

สัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ ที่ได้มาจากการศึกษาและวิจัยของ Pothirat Chaicharn [12] โดยรวบรวมข้อมูลจากระบบข้อมูลบริการสถิติชีพ กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศภาคเหนือตอนบนประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2562 มีค่า PM2.5 ภาคเหนือตอนบนเฉลี่ย 30.57 µg/m^3 และในการควบคุม PM2.5 ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงปัจจุบันที่ 50 µg/m^3 และตามมาตรฐาน PM2.5 ที่จะประกาศใช้ใหม่ในปี พ.ศ. 2566 ที่ค่า 37.5 µg/m^3 พบว่าในสถานการณ์คุณภาพอากาศของสถานการณ์ควบคุม ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงของ PM2.5 ภาคเหนือตอนบนเฉลี่ย 22.56 และ 24.85 µg/m^3 ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน สามารถแสดงผลดังภาพที่ 1



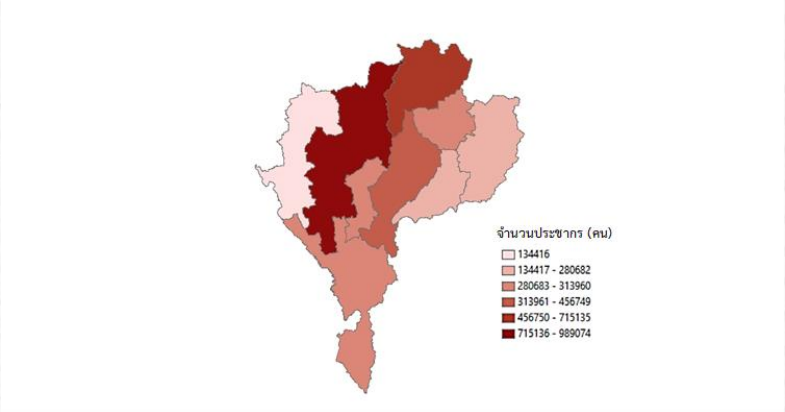
(ก) (ข)

ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงลดลงของ PM2.5 ในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบนกรณี
(ก) ควบคุมมลพิษอากาศตามมาตรฐานปัจจุบันที่ 50 µg/m^3 และ (ข) ควบคุมตามมาตรฐาน PM2.5 ใหม่ที่ 37.5 µg/m^3

3.2. ลักษณะประชากรและข้อมูลสุขภาพประชากรจังหวัดภาคเหนือตอนบน

3.2.1 ลักษณะประชากรภาคเหนือตอนบน

ข้อมูลด้านประชากรในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลประชากรที่อาศัยใน 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี 2562 ในกลุ่มอายุตั้งแต่ 18 ปี ถึง 99 ปี พบว่ามีประชากรทั้งหมด 3,755,830 คน โดยจังหวัดที่มีประชากรมากที่สุดคือ



ภาพที่ 2 ข้อมูลประชากรในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

เชียงใหม่ มีประชากรทั้งหมด 989,073 คน รองลงมาเป็นจังหวัดเชียงราย และลำปาง โดยมีประชากร 715,135 และ 456,749 คน ตามลำดับ และจังหวัดที่มีประชากรน้อยที่สุดคือ แม่ฮ่องสอน มีประชากร 134,416 คน ซึ่งรายละเอียดข้อมูลประชากรในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน สามารถแสดงผลดังภาพที่ 2

3.2.2 อัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ

ข้อมูลอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน พบว่า การเสียชีวิตของประชากรภาคเหนือตอนบน ในปี 2562 มีจำนวนผู้เสียชีวิตจากการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ทั้งหมด 667 ราย โดยแบ่งเป็นเพศชาย 411 ราย และเพศหญิง 256 ราย และจากการศึกษาอัตราอุบัติการณ์ของผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรภาคเหนือตอนบน พบว่า อัตราอุบัติการณ์ของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ในเพศชายและ เพศหญิง เท่ากับ 0.000216 และ 0.000126 ตามลำดับ

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ จากการศึกษาทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ ผู้วิจัยเลือกจากการศึกษาและวิจัยของ Pothirat Chaicharn (2019) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของ PM2.5 ค่าเฉลี่ยรายวันกับการเสียชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปในจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือประเทศไทย ช่วงอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการสัมผัสกับ PM2.5 ที่เพิ่มขึ้น 10 $\mu g/m^3$ โดยมีค่า RR 1.089 (95%CI:1.016–1.167) ซึ่งสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ

จุดสิ้นสุดด้านสุขภาพ	ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ
การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease: COPD)	0.008526

3.4 การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน

ในการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน โดยโปรแกรม BenMAP-CE ในสถานการณ์คุณภาพอากาศของสถานการณ์ควบคุม ซึ่งได้คำนวณจากอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศ และจำนวนของประชากรที่ได้รับผลกระทบ ผลการวิเคราะห์พบว่า ในสถานการณ์ควบคุม PM2.5 ตามมาตรฐานปัจจุบันที่ 50 $\mu g/m^3$ และตามมาตรฐาน PM2.5 ที่จะประกาศใช้ใหม่ ในปีพ.ศ. 2566 ที่ 37.5 $\mu g/m^3$ จะส่งผลให้อัตราการเสียชีวิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 112.27 ราย และ 122.61 ราย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังพื้นฐาน 17.14 และ 18.70 ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน สามารถแสดงผลดังตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน

จังหวัด	การเสียชีวิตที่หลีกเลี่ยงได้จากการลดลงในมาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ปัจจุบัน (50 µg/m^3)	ร้อยละของการเสียชีวิตพื้นฐาน	การเสียชีวิตที่หลีกเลี่ยงได้จากการลดลงในมาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ใหม่ (37.5 µg/m^3)	ร้อยละของการเสียชีวิตพื้นฐาน
เชียงราย	23.29	19.13	24.74	20.30
เชียงใหม่	17.33	19.13	18.57	20.48
แม่ฮ่องสอน	2.15	18.74	2.31	20.06
น่าน	24.77	15.58	27.28	17.14
ลำปาง	19.71	16.83	21.7	18.51
แพร่	9.95	14.72	11.15	16.48
ลำพูน	4.56	17.56	5.01	19.27
ตาก	3.13	12.29	3.76	14.71
พะเยา	5.28	13.75	6.00	15.61
9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน	112.27	17.14	122.61	18.70

4. บทสรุป

การศึกษานี้เป็นการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศไทย โดยทำการศึกษาผลกระทบสุขภาพจากสัมผัส PM2.5 ระยะสั้น (Short term exposure) ของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของ PM2.5 ค่าเฉลี่ยรายวันกับการเสียชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปในจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือประเทศไทย ช่วงอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ทำการศึกษาในปี พ.ศ.2562 ของกรณีระดับ PM2.5 ลดลงมาที่ระดับมาตรฐาน PM2.5 ประเทศไทยปัจจุบัน และระดับมาตรฐาน PM2.5 ที่มีการปรับปรุงให้มีความเข้มงวดและเหมาะสม ผลการวิจัยพบว่า การลดความเข้มข้น PM2.5 เฉลี่ยรายวันให้เป็นตามระดับมาตรฐาน PM2.5 ประเทศไทยปัจจุบัน และระดับมาตรฐาน PM2.5 ที่มีการปรับปรุง สามารถลดอัตราการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในประชาชนภาคเหนือตอนบน ได้ 112 และ 122 รายต่อปี ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนจากผู้เสียชีวิตรวมทั้งหมดจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเท่ากับ 17.14% และ 18.70% ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าในการปรับปรุงระดับ PM2.5 ให้มีความเข้มงวด ตามค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ใหม่ในไทย จะช่วยลดอัตราการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้องรังในภาคเหนือตอนบนได้เพิ่มขึ้น 10 รายต่อปี จากมาตรฐานเดิม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย สำหรับการให้ข้อมูลมลพิษทางอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งหมดใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย และขอขอบคุณกองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงสาธารณสุข สำหรับการให้ข้อมูลการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561. ม.ป.พ, กรุงเทพฯ. 2562.

[2] ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุตม์ ภัทธิราสินสิริ. แหล่งกำเนิด ผลกระทบและแนวทางจัดการฝุ่นละออง PM 2.5 บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารสมาคมนักวิจัย.25(1), 461-474.

[3] Adchara Chinsorn and Seksan Papong,2021 The Estimation of PM2.5 Pollution Using Statistical Analysis and MERRA-2 Aerosol Reanalysis for Health Risk Assessment in Northern Thailand. Thai Environmental Engineering Journal Vol. 35 No.3, 2021, 31-40.

[4] ปฏิพัทธ์ วงค์เรือง. การเปลี่ยนแปลงของการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งใน เขตภาคเหนือ ประเทศไทย. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา. 2555.

[5] สมพร จันทระ และคณะ. (มีนาคม 2561). การติดตามตรวจสอบการเผาในที่โล่งในภาคเหนือของประเทศไทยสำหรับการประเมินการปล่อยและการเคลื่อนที่ของมลพิษทางอากาศเพื่อการวางแผนการจัดการปัญหาหมอกควัน. สืบค้นจากhttp://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:52688

[6] สมพร จันทระ. (2563). คุณภาพอากาศและสถานการณ์หมอกควันในจังหวัดเชียงใหม่. สืบค้นจาก https://www.cmu.ac.th/th/article/e2d66ce5-27bb-4e2f-a5fb-b16b7fb5d7a4

[7] กรมควบคุมมลพิษ. โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล. ม.ป.ท.: ม.ป.พ. 2561.

[8] Vijay S. Limaye, Wolfgang Schöpp and Markus Amann. (26 December 2018). Applying Integrated Exposure-Response Functions to PM2.5 Pollution in India. Available: https://www.mdpi.com/1660-4601/16/1/60

[9] Angeliki Karanasiou, et al. (10 August 2021). Short-term health effects from outdoor exposure to biomass burning emissions: A review. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721018076

[10] ดนัย ธีวันดา และคณะ. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับการเข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตของประเทศไทย. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม ปีที่ 44 ฉบับที่ 3, (2564), 103-114.

[11] Chaicharn Pothirat, et al. (22 September 2019). The short-term associations of particular matterson non-accidental mortality and causes of death in Chiang Mai, Thailand: a time series analysis study between 2016-2018. Available: http://cmuir.cmu.ac.th/jspui/handle/6653943832/67852

[12] Zhixiang Xie, Yaochen Qin, Lijun Zhang, Rongrong Zhang. Death Effects Assessment of PM2.5 Pollution in China. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 27, 2018(4), 1813-1821.

[13] Xuping Song, et al. Short-Term Exposure to Air Pollution and Cardiac Arrhythmia: A Meta-Analysis and Systematic Review. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016(13), 642.

[14] William Mueller, et al. (6 May 2021). A health impact assessment of long-term exposure to particulate air pollution in Thailand. Available: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abe3ba

[15] Nguyen Nhat Ha, Chi Nguyen and ThiKim Oanh. Photochemical smog modeling of PM 2.5 for assessment of associated health impacts in crowded urban area of Southeast Asia. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186420315418

[16] Nathaniel R. Fold, et al. (6 October 2020). An Assessment of Annual Mortality Attributable to Ambient PM2.5 in Bangkok, Thailand. Available: https://www.mdpi.com/1660-4601/17/19/7298/htm

[17] U.S. Environmental Protection Agency | US EPA. (2563). Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP). Available: https://www.epa.gov/benmap/how-benmap-ce-estimates-health-and-economic-effects-air-pollution

Cultivating Scientists with a Business Mindset: Teaching Entrepreneurship as a Special Topic

Jirasak Tharajak[1], Lavanchawee Sujarittanonta[1]*, Lin fan[2]

[1]Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand

[2] College of Management, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung City, Taiwan

*Email: Lavanchawee.s@rmutp.ac.th

Abstract

A business mindset is an emerging priority for science students, but they have no training in business. A scientist should recognize the potential of scientific discoveries, select and developing them for the market, which would help to advance science for the benefit of the world. Science students need to be able to shift from the science mindset in the laboratory to the business mindset outside the laboratory.

The objective of this research is to find ways to efficiently cultivate the business mindset among science students in higher education through a course on entrepreneurship offered as a special topic at the faculty of Science and Technology.

This research examines the experience of science students as they go through an entrepreneurship course, how students search within themselves to identify and interest, with guidance from the instructor through the process of setting up a business in their chosen area. Qualitative data was collected through in-situ observation and informal interviews of the undergraduate science students in the faculty of Science and Technology. Not surprisingly, it was found that there are differences in thinking between science students and business school students. Results of the study lead to guidelines for improving the teaching of business for science students, suggesting that future creation of business courses for science students should also include creativity. In addition, science teacher training also should include entrepreneurship, so that science teachers can help to guide students to think of their scientific knowledge as a business advantage for commercialization.

Keywords: uncertainty, business mindset, science student, scientific entrepreneurship

1. Introduction

A business mindset is an emerging priority for the science discipline. However, science students are already overloaded by their scientific studies and research, and have little or no opportunity to receive training in business. This poses a challenge in the advancement of science for the benefit of the world, because a scientist should recognize the potential of scientific discoveries, select and developing them for the market. Scientists also need to be able to shift from the science mindset in the laboratory to the business mindset outside the laboratory.

Due to disruptive technology, the knowledge sector is also impacted and has to change and adjust to the new world. Learning and teaching, seminars and conferences are also conducted online, which has gained universal acceptance also because of the COVID pandemic situation.

The work environment for new graduates has also been disrupted, with new kinds of work task and job titles being created, and many traditional and conventional jobs becoming obsolete. The technological world today is constantly changing rapidly and therefore what students need is the mindset to prepare them for the unknown in their future, the so-called volatile, uncertain, complex and ambiguous (VUCA) work environment. Therefore, universities need to prepare students to evaluate their environment and figure out ways to survive and become successful under uncertainty.

Therefore to cope with the world that is rapidly changing due to disruptive technology and AI advancements, this research proposes that a business mindset, specifically the entrepreneurial mindset, is an emerging priority for the science discipline.

2. Literature Review

Entrepreneurship is now widely accepted as a 21st Century skill that is being promoted at the grassroots levels of society and economy, such as in rural SMEs, village and community enterprises in every country all over the world.

However, science students are already overloaded by their hard sciences curriculum, scientific studies and long hours of research in the laboratory, and have little or no opportunity to receive training in business. This poses a challenge in the advancement of science for the benefit of the world, because a scientist should recognize the potential of scientific discoveries, select and developing them for commercialization to reach the wider market of industries and individual consumers.

Scientists also need to be able to shift from the science mindset in the laboratory to the business mindset outside the laboratory. As a result, today entrepreneurship is recognized as highly relevant to science education.

In order to understand how this research should approach the challenge of teaching entrepreneurship to science students, the authors reviewed relevant literature pertaining to academic entrepreneurship and scientific knowledge, entrepreneurial mindset and success under uncertainty, and finally rounding off with the subsection on how to stimulate students' entrepreneurial mindset, which would provide a guidance on the methodology of this study on undergraduate science students.

2.1 Academic Entrepreneurship and Scientific Knowledge

Academic entrepreneurship has been found to impact the production of scientific knowledge (Fini, Perkmann, & Ross, 2022), simply because academics with scientific discoveries need to extend their research through market channels of the relevant industries, in order to reach the individuals whose lives would be improved by these scientific advancements. It makes logical sense why entrepreneurship is a critical skill for science students and academics, because scientific enterprises are key to scientific advancements (Kaya-Capocci, 2021) for the benefit of mankind at the national and global level.

For example, technology entrepreneurship is a skill that has been found by recent research to be necessary for the digital era today, and therefore Lamine, Mian, Fayolle & Linton (2021) found strong support for the need for scientists and engineers to be educated on entrepreneurship as well

2.2 Entrepreneurial Mindset and Success under Uncertainty

Entrepreneurship has long been widely accepted as an element that fosters success under uncertain business conditions (Hill & Levenhagen,1995; Cooney, 2012; Cho & Lee, 2018; Lüthje& Franke, 2002; Rapp & Olbrich, 2021; Rashid& Ratten, 2021). Several scholars have extensively examined abilities to become successful under changing situations, and found strong linkages between entrepreneurship and various abilities to adjust to change, such as entrepreneurial orientation and innovation capabilities (Fan et Al., 2021), innovation capital (Nasser, 2021), new product development (Ferreras-Méndez et Al., 2021), dynamic capabilities (Abu-Rumman et Al., 2021).

Entrepreneurship strongly fosters scientific advancements and scientific proliferation, as studies found that entrepreneurship has also been found to be linked to the motivation to change through networking mechanism (Elfring, Klyver, & van Burg 2021).

According to a study by Iafelice, Kovijanic, & Condry (2022), an entrepreneurial mindset enables individuals to innovate, think outside the box, and cope with challenges.

2.3 Stimulating Students' Entrepreneurial Mindset

What is an entrepreneurial mindset and how to cultivate such a mindset, especially among scientists whose focus had been on their laboratory work and pure scientific discoveries, rather than on the marketability of the scientific knowledge for the industry and end users through commercialization? Can entrepreneurial thinking be taught to someone with a scientific mind, and if so, through which methods? To find our more, developments in entrepreneurship education are reviewed below.

It was found that recent discussions and debates on entrepreneurship education has been active and developing (e.g.; Hägg & Gabrielsson, 2020; Seow, Pan, & Koh, 2019), with discussions and research on various new aspects and dimensions of entrepreneurship concepts and education of such concepts, also spanning every continent. For example, entrepreneurship in the circular economy in Europe (Del Vecchio et Al., 2021), green entrepreneurial education in the Bio-Circular-Green (BCG) economy in Africa (Ead & Fadlalla, 2021); sustainable development of entrepreneurial mindset in China (Cui, 2021), entrepreneurial competitiveness education in China (Li, Long, Jiang, Huang, Wang, & Huang, 2022), entrepreneurship ecosystem (EE) in Africa (Molamu, 2021) and India (Shukla, Dwivedi & Acharya,

2022), responsible entrepreneurship education and training in Canada (Pepin, Tremblay & Audebrand, 2021), new trends in innovative entrepreneurship in Latin America and the Caribbean (Romaní, Martins, Varela, & Pombo, 2021), creative entrepreneurship in China and Thailand (Xiumiao & Suacamram, 2021), to mention a few.

To find out more about how a person can acquire an entrepreneurial mindset, more recent studies have examined executives and managers from different industries. For example, after studying executives and mid-level managers in the Silicon Valley of California for 5 years, Iafelice, Kovijanic, & Condry (2022) and identified methodologies to stimulate entrepreneurial mindset in the technology industry.

3. Methodology

The above literature review suggests that a multitude of new concepts and perspectives have arisen when it comes to entrepreneurial education, many of which are qualitative in nature, making it difficult or impossible to collect quantitative data through a survey questionnaire. Moreover, the sample size that this study piloted the entrepreneurial course on science students had only 7 registered students. Therefore, it was decided that qualitative data on an entrepreneurial startup was collected from the 7 undergraduate students from the faculty of Science and Technology who enrolled in the course "Special Topic: Entrepreneurship". In a way, this course was opened for enrollment to learn more about the response and performance of the science students towards the first business course that they ever took, thanks to the initiative and farsightedness of the faculty Dean.

The science students were introduced to basic concepts of entrepreneurship, and were required to think up a small business as part of their course. Through observation, the researchers examined the 7 respondents' thought process of in coming up with a business and developing a business plan, finalizing with the setting up on an online company to feature their products and services. Basic observation techniques were used to observe the progress of the students and thus, collecting qualitative data as the students learned about how to start a business, and discovered themselves and developed into aspiring entrepreneurs. This method of observation is in line with Mansoori & Lackeus (2002) research which highlights the entrepreneurship processes as being discovery-driven planning.

To avoid researcher bias, analysis is carried out by two researchers with different backgrounds – the Thai researcher who teaches science in Thailand at the faculty of Science and Technology, and a French researcher who teaches business degree program in Taiwan. This combination is important because the Taiwan-based researcher is not only from a different cultural background, being the representation of European culture, but also analyzing from the business perspective in comparison with Chinese business mindset of his Taiwanese students who are socially and culturally business minded and are also enrolled in a business degree program, thus intensely business focus component of the analysis.

To provide a guidance for analyzing the qualitative data, the researchers follow empirical studies that look at how the entrepreneurial mindset can be developed, such as Peschl, Deng & Larson

(2021) who examined students who do not necessarily identify as entrepreneurial. Their findings and analysis identified 7 entrepreneurial thinking skills for the 21st Century (entrepreneurial thinking skillset ET-7), and also proposed pedagogical methods for developing these skills.

Because the 7 startups were different businesses from 7 different science students, the research can also be seen as 7 case studies. For the analytical framework of these 7 cases, the teachable 7 skills that Peschl et Al. (2021) identified were applicable for assessing the 7 students' business ideas, namely (1) problem solving, (2) tolerance for ambiguity, (3) failing forward, (4) empathy, (5) creativity with limited resources, (6) responding to critical feedback, and (7) teamwork approach. The pedagogical methods that they proposed for developing these 7 skills included flipped classroom, learning through failure or giving students the opportunity to fail, and access to open educational resources.

Also considered were new perspectives that have been opened up to incorporate new emerging concepts for the learners when it comes to entrepreneurship education, such as participants' representations about entrepreneurship; new perspectives of conceiving entrepreneurship; and lastly and possibly the most practical, is how to facilitate the integration of entrepreneurship knowledge into practice (Loi et Al., 2022).

4. Findings and Analysis

Interestingly, the 7 business plans that were produced were unrelated to the science disciplines that the students majored in.

Namely, the 7 cases of entrepreneurs were: 1) Basil fried rice shop owner, 2) grape orchard owner selling drinks and raisin through a café, 3) Salted dried beef producer, 4) durian orchard owner 5) shrimp farm owner, 6) Cat café owner and 7) E-sport game shop owner. These 7 businesses in fact are simple businesses that could have been started by anyone without specific knowledge.

From the Business Description & Background part, the science student entrepreneurs specified that they decided to choose their startup based on their personal preference, e.g. they decided to start their business based on what they liked (to eat, to play, to have as pets), not based on their scientific interests as science students.

The Business Environment Analysis of the 7 cases were logical, but this is also related to the type of business, which for the 7 proposed businesses, were straightforward, as they are not innovative businesses in the high exponential growth category. As a result, correspondingly, the Marketing Plans were also not demanding. The science students did not change or adjust their business choice, even after carrying out a business environment analysis. In comparison to business school students, the reverse or back-and-forth thought process would take place, whereby the business environment analysis becomes a process that helps them to identify new business opportunities, and from there design the business idea that would have advantage compared to existing competitors.

In all, the 7 businesses were unremarkable and not noteworthy when it comes to capitalizing on scientific knowledge, because they students in this study did not create business out of the scientific

knowledge that they learnt through pure science courses. This finding is very different from what was suggested by the research by Tan and Subramaniam (2002) that looked at science student entrepreneurs in Singapore, which found that their science student respondents focused on startups to provide mainly creative scientific solutions to practical problems. The reason for this difference might be that the 7 Thai science students had not been exposed to business in their family, since Singaporean science students in the study by Tan and Subramaniam (2002) were most likely Chinese or Indians who are by cultural circumstance more likely to have business exposure growing up in a family that runs a business.

Another possible reason for the discrepancy could also be caused not only by the science student, but also by the science teachers of these 7 students. For example, the study Deveci (2016) on Turkey found that there is a need to increase science teachers' knowledge and experience on entrepreneurship, which has to begin as far back as at the science teacher training stage.

5. Conclusion, Limitations and Recommendations

This research is based on the pilot course on entrepreneurship offered to science students. The area of entrepreneurship is chosen to stimulate interest in business, because this topic is open to everyone to explore, regardless of personal characteristics, preference and educational background.

This study has limitations because the 7 science students are too few in numbers, and are also not representative of science entrepreneurs. In reality, there are scientists with careers in business, where the scientist set up startups and SMEs, and also advice investors who work in the business fields on scientific investments.

Another related concept that was raised by Fayolle, Lamine, Mian & Phan's (2021) study is creativity for scientists. Their research looked at entrepreneurship in science, technology and engineering, highlighted the importance of creativity for science and technology entrepreneurship education. This suggests that the science degree program may need to explore the development of creativity among science students too, perhaps through offering art and design courses to stimulate creative minds.

There are also other factors that need to be examined in combination with the data that were collected through observational method. For example, the science students may need additional preparation in order to be primed towards science startups at the beginning of the course, rather than be left to discover themselves without stimulation. After all, science students are not immersed in an entrepreneurial environment, unlike business school students who do not need to be stimulated since their degree program is already heavily focused on business processes in every course of their curriculum.

The results of this research highlight the importance of incorporating entrepreneurship skills and business mindset into the design of new science curriculum in the future, e.g. health, cosmetics and anti-aging, science teacher training degree programs.

Acknowledgements

Authors gratefully acknowledge the help of Rajamangala University of Technology Phra Nakhon (RMUTP) and National Sun Yat-sen University (NSYSU) for supporting this research.

References

[1] Abu-Rumman, A., Al Shraah, A., Al-Madi, F., & Alfalah, T. (2021). Entrepreneurial networks, entrepreneurial orientation, and performance of small and medium enterprises: are dynamic capabilities the missing link?. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, *10*(1), 1-16.

[2] Cho, Y. H., & Lee, J. H. (2018). Entrepreneurial orientation, entrepreneurial education and performance. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*. Cho & Lee (2018)

[3] Cooney, T. M. (2012, November). Entrepreneurship skills for growth-orientated businesses. In *Report for the Workshop on 'Skills Development for SMEs and Entrepreneurship* (Vol. 28).

[4] Cui, J. (2021). The impact of entrepreneurship curriculum with teaching models on sustainable development of entrepreneurial mindset among higher education students in China: the moderating role of the entrepreneurial climate at the institution. *Sustainability*, *13*(14), 7950.

[5] Del Vecchio, P., Secundo, G., Mele, G., & Passiante, G. (2021). Sustainable entrepreneurship education for circular economy: emerging perspectives in Europe. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*.

[6] Deveci, I. (2016). Perceptions and competence of Turkish preservice science teachers with regard to entrepreneurship. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, *41*(5), 153-170.

[7] Ead, H. A., & Fadlallah, S. A. (2021). EDUCATION AND CULTURE IS THE PROPER ENTRANCE TO AFRICA" GREEN ENTREPRENEURIAL EDUCATION IN AFRICA". *Journal of the International Academy for Case Studies*, *27*, 1-10.

[8] Elfring, T., Klyver, K., & van Burg, E. (2021). *Entrepreneurship as networking: Mechanisms, dynamics, practices, and strategies*. Oxford University Press.

[9] Fan, M., Qalati, S. A., Khan, M. A. S., Shah, S. M. M., Ramzan, M., & Khan, R. S. (2021). Effects of entrepreneurial orientation on social media adoption and SME performance: The moderating role of innovation capabilities. *PloS one*, *16*(4), e0247320.

[10] Fayolle, A., Lamine, W., Mian, S., & Phan, P. (2021). Effective models of science, technology and engineering entrepreneurship education: current and future research. *The Journal of Technology Transfer*, *46*(2), 277-287.

[11] Ferreras-Méndez, J. L., Olmos-Peñuela, J., Salas-Vallina, A., & Alegre, J. (2021). Entrepreneurial orientation and new product development performance in SMEs: The mediating role of business model innovation. *Technovation*, *108*, 102325.

[12] Fini, R., Perkmann, M., & Ross, J. M. (2022). Attention to exploration: The effect of academic entrepreneurship on the production of scientific knowledge. *Organization Science*, *33*(2), 688-715.

[13] Hägg, G., & Gabrielsson, J. (2019). A systematic literature review of the evolution of pedagogy in entrepreneurial education research. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*.

[14] Hill, R. C., & Levenhagen, M. (1995). Metaphors and mental models: Sensemaking and sensegiving in innovative and entrepreneurial activities. *Journal of Management*, *21*(6), 1057-1074.

[15] Iafelice, B., Kovijanic, T., & Condry, M. W. (2022). Acquiring an Entrepreneurial Mindset for Technology Leaders and Scientists. *IEEE Engineering Management Review*.

[16] Kaya-Capocci, S., McCormack, O., Erduran, S., & Birdthistle, N. (2021). Exploring the impact of positing entrepreneurship in nature of science: initial science teachers' perspectives. *Education+ Training*.

[17] Lamine, W., Mian, S., Fayolle, A., & Linton, J. D. (2021). Educating scientists and engineers for technology entrepreneurship in the emerging digital era. *Technological forecasting and social change*, *164*, 120552.

[18] Li, G., Long, Z., Jiang, Y., Huang, Y., Wang, P., & Huang, Z. (2022). Entrepreneurship education, entrepreneurship policy and entrepreneurial competence: mediating effect of entrepreneurship competition in China. *Education+ Training*.

[19] Loi, M., Fayolle, A., van Gelderen, M., Riot, E., Refai, D., Higgins, D., ... & Cavarretta, F. (2022). Entrepreneurship education at the crossroads: challenging taken-for-granted assumptions and opening new perspectives. *Journal of Management Inquiry*, *31*(2), 123-134.

[20] Lüthje, C., & Franke, N. (2002, May). Fostering entrepreneurship through university education and training: Lessons from Massachusetts Institute of Technology. In *European Academy of Management 2nd Annual Conference on Innovative Research in Management, Stockholm* (pp. 9-11).

[21] Mansoori, Y., & Lackeus, M. (2020). Comparing effectuation to discovery-driven planning, prescriptive entrepreneurship, business planning, lean startup, and design thinking. *Small Business Economics*, *54*(3), 791-818.

[22] Molamu, K. (2021). *African Entrepreneurship Ecosystems: A Comparative Study of The Top Five* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

[23] Nasser, W. H. (2021). Innovation capital, sustainable entrepreneurial orientation, and the moderating role of entrepreneurial resilience. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, *9*(3), 73-85.

[24] Pepin, M., Tremblay, M., & Audebrand, L. K. (2021). Responsible entrepreneurship: a new challenge for entrepreneurship education and training. In *Innovation in Global Entrepreneurship Education* (pp. 259-273). Edward Elgar Publishing.

[25] Peschl, H., Deng, C., & Larson, N. (2021). Entrepreneurial thinking: A signature pedagogy for an uncertain 21st century. *The International Journal of Management Education*, *19*(1), 100427.

[26] Rapp, D. J., & Olbrich, M. (2021). On predictive entrepreneurial action in uncertain, ill-structured conditions. *Review of Managerial Science*, *15*(7), 1961-1979.

[27] Rashid, S., & Ratten, V. (2021). Entrepreneurial ecosystems during COVID-19: the survival of small businesses using dynamic capabilities. *World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*.

[28] Romaní, G., Martins, I., Varela, R., & Pombo, C. (2021). New trends on entrepreneurship research in Latin America and Caribbean countries: evidence from GEM and GUESSS projects–an analytical editorial. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*.

[29] Seow, P. S., Pan, G., & Koh, G. (2019). Examining an experiential learning approach to prepare students for the volatile, uncertain, complex and ambiguous (VUCA) work environment. *The International Journal of Management Education*, 17(1), 62-76.

[30] Shukla, S., Dwivedi, A. K., & Acharya, S. R. (2022). Entrepreneurship Teaching in India and the Region. *The Journal of Entrepreneurship*, 09713557221107444.

[31] Tan, L. W. H., & Subramaniam, R. (2002). Science and the student entrepreneur. *Science*, *298*(5598), 1556-1556.

[32] Xiumiao, Z., & Suacamram, M. (2021). Developing Creative Entrepreneurship through Experience-Based Learning: Creating Products of Guangxi, China to Thailand. *International Journal of Instruction*, *14*(2), 903-918.

Disruptive Technology and Wellness in East and South East Asia: Can We Entrust Proactive Health to Disruptive Technology?

Lin fan[1]*, Lavanchawee Sujarittanonta[2]

[1]College of Management, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung City, Taiwan
[2]Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand
*Email: Linfan@cm.nsysu.edu.tw

Abstract

As the second great wave of technological innovations opens up new possibilities for healthcare in East and South East Asia, what is the level of acceptance by the patients, especially the younger generation of the digital age in Asia, especially East and South East Asia where the culture is hierarchical in nature?

This research asked 100 students from East Asian Taiwan and 100 students from South East Asia Thailand. It was found that when it comes to sensitive personal matters such as one's health and wellbeing, the South East Asian Thai students are more casual and readily seek health advice from social media and online sources, whereas the East Asian Taiwan students entrust their health and wellness to professional doctors both Western and Traditional medicine, even though they also seek online information. Advice from senior family members is highly trusted by both Thai and Taiwan students.

This suggests that the strengths and weaknesses of disruptive technology in wellness needs to be explored further, as the medical industry is also actively persuading higher acceptance of online technological medical advice, due to the efficiency, cost and reach.

Keywords: wellness, disruptive technology, medical industry, proactive health, Asian youths

1. Introduction

As the second great wave of technological innovations opens up new possibilities for healthcare in East and South East Asia, key questions arise: will technology augment, rather than subvert, the medical system? Will technology help or burden the lives of physicians?

What about the acceptance by the patients, especially the younger generation of the digital age in Asia, especially East and South East Asia where the culture is hierarchical in nature, so patients have a strong level of trust in authorities such as doctors, and are likely to have low levels of trust on

information received through the internet, especially when it comes to sensitive personal matters such as one's health and wellbeing.

We attempt in this paper to discern the role of technology in the Asian healthcare industry, and to determine its strengths and weaknesses regarding healing and wellness. Further research will be needed to determine the impact of "disruptive technology" in achieving better care, lower costs, and improved well-being of the workforce.

2. Literature Review

The Asian cultural emphasis on power distance, paternalism and collectivism is widely recognized and accepted, thanks to support from Hofstede's cultural dimensions theory and empirical studies (Hofstede, 2003). Over the years to date, new research that tests Hofstede's cultural dimensions still produces findings that support the Asian cultural trust in authorities, e.g. Pheng and Yuquan's (2002) comparative study of Chinese and Singaporeans; Wu's (2006) revisiting Hofstede 30 years later; Orr & Hauser's (2008) re-inquiry of Hofstede in the 21st Century; commemoration of Hofstede by Sent & Kroese (2022).

In order to provide an overview of disruptive technology in healtcare to date, this research carried out a literature review to summarize the strengths and weaknesses of disruptive technology in healthcare in the subsections below.

2.1 Strengths of disruptive technology in healthcare

The COVID-19 pandemic has overwhelmed healthcare services. The growing number of chronic patients led an ageing population of physicians to burnouts worldwide (Meskó et al., 2018).

To address this challenge, researchers and practitioners began hoping that the digitalisation of healthcare would revolutionise medical practices. What is broadly called "disruptive technology" includes high-tech and emerging technologies such as artificial intelligence (AI), industry 4.0, Internet of Medical Things (IoMT), big data, virtual reality (VR), augmented reality (AR), Machine learning (ML), Drone technology (DT), Autonomous Robots, 5G, and blockchain (Abdel-Basset et Al., 2021). Many are directly integrated into personal health records, mobile applications, wearables and conversation agents (chatbots and social robots). The digitisation of society means that healthcare is amassing data at an unprecedented rate. IBM estimates that the overall volume of global healthcare data doubles every few years (Kelly et al., 2021).

Disruptive technology has the potential to significantly benefit not only the doctors, patients, and the producers of pharmaceuticals, because it can give real-time access to all parties involved, be it the recipient of the medical service, the health service professional providers, as well as the producers of medications that are prescribed by the physicians (Trenfield et Al., 2022). Thus telemedicine is supposed to reduce the pressure on health professionals through video conferencing. It could make it easier to monitor discharged patients and manage their recovery (Haleem et Al., 2021). More specific examples include the Medical Sieve project in radiology, which aims at building the next-generation "cognitive

assistant" with reasoning capabilities; and Deep Genomics, which helps identify linkages to diseases in large data sets of medical records (Meskó et Al., 2018).

As digital corporations move into health care, longer-living patients strive to keep rising costs at bay while obtaining quality services (Herrmann et Al., 2018). AI offers tremendous potential for cost-savings on therapeutic care, given its predictive accuracy of outbreaks based on robust "infodemiology" and "infoveillance" frameworks supported by algorithms and mobile applications. " Smart City" technologies were deployed across Asia for infection control purposes, ranging from conventional thermal cameras to digital tracing of at-risk people. Chatbots have also been deployed to shift part of healthcare provision away from hospitals and to support a number of programmes for self-management of chronic disease (Ho, Caals, & Zhang, 2020).

At the same time, there are legal and ethical concerns that need to be addressed in order to pave way for robust implementation and scalability across a variety of socio-cultural and political contexts (Ganasegeran and Abdulrahman, 2020).

2.2 Weaknesses of disruptive technologies in healthcare

Although many digital health solutions have been proposed, they were far from successful. Applications of artificial intelligence and big data analytics, for example, showed weaknesses in generalisability and translation, stressing the need for more pragmatic options (Gunasekeran, Tseng, Tham, et al., 2021). Artificial intelligence creates the "third wheel" effect that puts the doctor-patient relationship at risk, and data security reduces acceptance within the healthcare sector (Trenfield et Al., 2022). Even telemedicine is no substitute for a physical consultation. Artificial intelligence can never remove the necessity for caregivers.

Besides, the problem of knowledge and training cannot be underestimated. As AI has been heralded as the most transformative technology in healthcare, approaches to AI to date have been anchored in industry, where the demand for an AI-literate workforce has outpaced training programmes and knowledge. This is particularly observable within medicine, where clinicians may be unfamiliar with the technology (Ishii et al., 2020).

In practice, the professional autonomy of healthcare professionals is disrupted, highlighting the need to renegotiate the roles of humans and AI. AI is changing pre-existing approaches to diagnosis and treatment. Caregivers are forced to become more proactive and focused on prevention, while patients are more engaged and responsible in each AI application. The implications for job design are frequently discussed for doctors and patients but only rarely for nurses, managers and organisations at large. Indeed, some organisations from other industries have already adopted more agile hierarchies that can adapt to volatile environments (Tursunbayeva & Renkema 2022).

From the above analysis of the strengths and weaknesses of disruptive healthcare technology, it is still inconclusive whether the modern young people of the digital age, for whom every minute of their daily lives evolves around their mobile phones, would seek health information, medical advice and wellness treatments through social media and various healthcare technologies available to them or not.

Therefore, it is necessary to collect data to find out the current state of acceptance of disruptive health technology.

3. Methodology

The authors consulted a wellness expert who runs a program on Clubhouse application in order to scan the level of knowledge and information that is being communicated online to digital age audience, and also sought advice on a medical technology startup in order to feel out the current state of medical technology that is in use.

In order to find out the level of usage and trust in currently available disruptive health technology by Asian youths, specifically 100 East Asian Taiwanese and 100 South East Asian Thailand, this study collected data by assigning in-class assignments to students that they answered online, which asked the students simple questions, namely (1) How do you search for medicines when you do not feel well? E.g. Do you ask your parents, relative and friends, or do you search for information online and through hospital apps. (2) In practice, do you still visit the clinics and hospitals? If not, why? (3) In your opinion, do you buy medications over the counter in drugstores, from the doctors, or from online?

4. Findings and Analysis

Of the 100 East Asian Taiwanese and 100 South East Asian Thailand, it was found that the Taiwanese students trusted face-to-face consultations with real live doctors more than online advice, even when the online advice are from reputable sources, e.g. medical institutional websites, social media or applications. The Taiwan preference for face-to-face appointment sessions is not only for Western medicine and treatments, but also for alternative medicine which in Taiwan's case is Chinese medicine doctors. While the Taiwanese also check online for information occasionally, they overall prefer to seek advice from their senior relatives, and prefer to make a visit to the clinic or hospital, especially specialists. This preference is possibly aided by the Taiwan national health care system, which provides full coverage for health visits to both Western medicine and Traditional Chinese doctors. In general, Chinese culture gives a lot of importance to health and wellness, which is a part of the Chinese tradition all through China's history.

In contrast, Thai students who are representative of South East Asia, generally avoided or postpone visits to clinics and hospitals. The Thai students preferred to get advice from their parents, but do not make a visit to get face-to-face appointments, unless self-help methods and over the counter medicines do not work. The Thai students are however, active about health and beauty products, and health supplements, which is possibly a result of their activeness in social media and hence exposure to online advertising and online live marketing. This behavior at first may seem as if the Thai or South East Asians are more careless about their health, choosing to visit a doctor only when they do not feel better after trying out the medications that they purchase on their own according to the advice they find online, and confirmed by the pharmacists at convenient drug stores.

Therefore, assuming that the South East Asian countries also have behavior similar to Thai student samples in this study, then it could be predicted that South East Asian youths will be more open to accepting disruptive technology in health and wellness. Thus, new technological online, AI, virtual doctors via mobile phone applications will be more popular and have more users than East Asians like China and Taiwan.

5. Conclusion

From the data that we collected, it was found that youths of the digital age in East and South East Asia today have a high level of trust in health and wellness information that they receive from social media and online applications. However, the East Asians Taiwanese are more alert about their health and would seek face-to-face consultations very readily.

While the increasing trust in online health information may be disheartening to real life physicians and healthcare providers, whose businesses likely have been declining due to fewer clients seeking their professional health services, the findings are optimistic because it suggests that the Asians users in disruptive healthcare is steeply on the increase, since trust in authorities such as doctors (per Hofstede's cultural dimensions) are now diluted by information availability and treatment suggestions offered through the IoT.

During the pandemic, electronic medium to buy, pay, and track orders could bypass public gatherings, and blockchain was used to track and check the qualities of medical supplies. IoT devices, biosensors, smart bands, and drones were readily available in the market and can be used for various purposes instead of human beings. Efforts toward reducing the risk of infections include the manufacturing of a "smart ambulance" equipped with GPS, IoT, speech recognition systems, biosensors and auto-sanitisation facilities that can be connected to the cloud server of the hospital (Kumar et Al. 2020).

Widely perceived to have helped contain and manage the COVID-19 outbreak, disruptive technologies are moving beyond public health. In the foreseeable future, the digitalisation of healthcare and of work itself is expected to accelerate. While much has already been written about ethical concerns, it is less clear how they will be addressed across Asia. But it is important for public dialogue to be initiated in order to inform political choices toward responsibility, equity and sustainability (Ho, Caals, & Zhang, 2020).

We therefore wish that technological disruption will eventually augment, not subvert, the patient–physician relationship. Done wisely, digitalisation has the power to organise the cacophony of patient data and produce evidence-based guidelines. It can also automate repetitive and cumbersome tasks, such as documentation and other administrative distractions. In sum, it has the power to enhance physicians ' ability to focus on their patient, shifting their responsibilities away from transactional tasks toward the personalised care that lies at the heart of human healing. Digitalisation frees up cognitive and emotional space for patients (Lin, Mahoney, & Sinsky 2019). Future research must determine the impact

of disruptive technologies in achieving better care, lower costs, and improved well-being of the workforce. While there are risks and challenges associated with the use of AI, these are not insurmountable.

Acknowledgements

Authors gratefully acknowledge the help of National Sun Yat-sen University (NSYSU) and Rajamangala University of Technology Phra Nakhon (RMUTP) for supporting this research.

References

[1] Abdel-Basset, M., Chang, V., & Nabeeh, N. A. (2021). An intelligent framework using disruptive technologies for COVID-19 analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, *163*, 120431.

[2] Ganasegeran, K., Abdulrahman, S.A. (2020). Artificial Intelligence Applications in Tracking Health Behaviors During Disease Epidemics. In: Hemanth, D. (eds) *Human Behaviour Analysis Using Intelligent Systems. Learning and Analytics in Intelligent Systems*, vol 6. Springer, Cham.

[3] Gunasekeran, D.V., Tseng, R.M.W.W., Tham, YC. et al. (2021) Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related technologies. *npj Digit. Med*. 4, 40.

[4] Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. *Sensors International*, *2*, 100117.

[5] Herrmann, M., Boehme, P., Mondritzki, T., Ehlers, J. P., Kavadias, S., & Truebel, H. (2018). Digital transformation and disruption of the health care sector: internet-based observational study. *Journal of medical internet research*, *20*(3), e9498.

[6] Ho, C.WL., Caals, K. & Zhang, H. (2020) Heralding the Digitalization of Life in Post-Pandemic East Asian Societies. *Bioethical Inquiry* 17, 657–661.

[7] Hofstede, G. (2003). Cultural dimensions. www.geert-hofstede.com. Last accessed on 31 July 2022.

[8] Ishii, E., Ebner, D.K., Kimura, S. et al. (2020) The advent of medical artificial intelligence: lessons from the Japanese approach. *Journal of Intensive Care* 8: 35.

[9] Kelly, J. T., Collins, P. F., McCamley, J., Ball, L., Roberts, S., & Campbell, K. L. (2021). Digital disruption of dietetics: are we ready?. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, *34*(1), 134-146.

[10] Kumar, Shashank, Rakesh D. Raut & Balkrishna E. Narkhede (2020) A proposed collaborative framework by using artificial intelligence-internet of things (AI-IoT) in COVID-19 pandemic situation for healthcare workers, *International Journal of Healthcare Management*, 13:4, 337-345.

[11] Lin, S.Y., Mahoney, M.R. & Sinsky, C.A. (2019). Ten Ways Artificial Intelligence Will Transform Primary Care. *Journal of General Internal Medicine* 34: 1626–1630.

[12] Meskó, B., Hetényi, G., & Gyorffy, Z. (2018). Will artificial intelligence solve the human resource crisis in healthcare?. *BMC health services research*, *18*(1), 1-4.

[13] Pheng, L. S., & Yuquan, S. (2002). An exploratory study of Hofstede's cross-cultural dimensions in construction projects. *Management Decision*.

[14] Orr, L. M., & Hauser, W. J. (2008). A re-inquiry of Hofstede's cultural dimensions: A call for 21st century cross-cultural research. *Marketing Management Journal*, *18*(2), 1-19.

[15] Richards, B. J., Taylor, M., & Sage Jacobson, S. (2022). *Technology, Innovation and Healthcare: An Evolving Relationship*. Edward Elgar Publishing. (Richards et Al., 2022)

[16] Sent, E. M., & Kroese, A. L. (2022). Commemorating Geert Hofstede, a pioneer in the study of culture and institutions. *Journal of Institutional Economics*, *18*(1), 15-27.

[17] Trenfield, S. J., Awad, A., McCoubrey, L. E., Elbadawi, M., Goyanes, A., Gaisford, S., & Basit, A. W. (2022). Advancing pharmacy and healthcare with virtual digital technologies. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 114098.

[18] Triberti, S., Durosini, I., La Torre, D., Sebri, V., Savioni, L., & Pravettoni, G. (2022). Artificial Intelligence in Healthcare Practice: How to Tackle the "Human" Challenge. In *Handbook of Artificial Intelligence in Healthcare* (pp. 43-60). Springer, Cham.

[19] Tursunbayeva, Aizhan, and Maarten Renkema (2022). Artificial intelligence in health-care: implications for the job design of healthcare professionals. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, doi:10.1111/1744-7941.12325.

[20] Wu, M. (2006). Hofstede's cultural dimensions 30 years later: A study of Taiwan and the United States. *Intercultural communication studies*, *15*(1), 33.

สภาวะที่เหมาะสมในการอบคืนไฟใบมีดตัดอ้อยในรถตัดอ้อย

Optimum conditions for reheating sugar cane cutter blades in sugarcane harvesters

สมบัติ น้อยมิ่ง[1*] มาโนช ริทินโย[2] และ อภิลักษณ์ คบทองหลาง[1]

[1] สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
[*]Email: sombut.no@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอุณภูมิและเวลาในการอบคืนตัวที่ส่งผลต่อสมบัติทางกล ของใบมีดรถตัดอ้อยที่ทำจากเหล็กกล้าสปริง SUP9 เมื่อนำมาทดสอบการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จุ่มชุบด้วยน้ำมัน และนำชิ้นงานไปอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 300, 350 และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 30, 60 และ 90 นาที โดยปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ จากนั้นทำการทดสอบความแข็ง ทดสอบการต้านทานแรงกระแทก ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค จากการทดลองพบว่า เมื่อนำใบมีดรถตัดอ้อยที่ทำจากเหล็กกล้า SUP9 มาทำทำการชุบแข็งที่อุณภูมิ 850 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที จุ่มชุบด้วยน้ำมัน ส่งผลให้ใบมีดรถตัดอ้อยมีความแข็งเพิ่มขึ้น มีการต้านทานแรงกระแทกได้น้อย แต่เมื่อทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 300, 350 และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 30, 60 และ 90 นาที จะส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง มีความต้านแรงกระแทกเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: อุณหภูมิเทมเพอร์ เวลาเทมเพอร์ สมบัติทางกล

Abstract

The objective of this research is to study temperature and tempering time affecting mechanical properties. of sugarcane cutter blades made of SUP9 spring steel when tested for hardening at 850°C for 30 min, dipped in oil. The specimens were then annealed at 300, 350 and 400 degrees for 30, 60 and 90 minutes, leaving them to cool in air. Then do a hardness test. impact resistance test check microstructure and statistical analysis from the experiment, it was found that When the sugarcane cutter blades made of SUP9 steel were hardened at 850 °C for 30 min, dipped in oil. As a result, the hardness of the sugarcane cutter blades increased. It has less impact resistance. However, when annealing at 300, 350 and 400 degrees Celsius for 30, 60 and 90 minutes, the hardness value is reduced. has increased impact resistance but the tempering

Keywords: Tempering temperature, tempering time, mechanical properties

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทั้งการทำไร่ ทำนา หรือทำสวน การประกอบอาชีพทางเกษตรนั้น การเกษตร และอาชีพเกษตรกรรมที่คนไทยนิยมทำกันอีกอาชีพหนึ่ง คือการปลูกอ้อย [1] อ้อยเป็นพืชจำพวกหญ้าชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มาก ในการใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร อ้อยนับเป็นพืชสำคัญอันดับ 4 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว ตามลำดับ ทั้งนี้ อ้อยเป็นพืชที่ปลูกง่ายเมื่อปลูกครั้งหนึ่งแล้วสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกอ้อยมาแต่โบราณกาล โดยอ้อยนั้นจะถูกนำมาทำน้ำตาลจากอ้อยได้เริ่มในสมัยกรุงสุโขทัยประมาณปี พ.ศ. 1920 แหล่งผลิตสำคัญอยู่ที่เมืองสุโขทัย พิษณุโลก และกำแพงเพชร น้ำตาลที่ผลิตได้ในสมัยนั้นเป็นน้ำตาลทรายแดง (Muscovado) หรือน้ำอ้อย ส่วนการผลิตน้ำตาลทรายขาว (Centrifugal Sugar) นั้นได้เริ่มที่จังหวัดลำปางเมื่อปี พ.ศ. 2480 อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาล ซึ่งการประกอบอาชีพเกษตรกรรมจะต้องมีอุปกรณ์ทางการเกษตรเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานให้มีความสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งอุปกรณ์ทางการเกษตรที่นำมาใช้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชอ้อยคือ การเก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดอ้อยเพื่อเป็นการลดมลพิษในการเผาใบอ้อยที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและยังสามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้ตามปริมาณมากและเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด สิ่งที่สำคัญในการเก็บเกี่ยวอ้อยคือ อุปกรณ์ตัดอ้อย เช่น ใบมีดตัดอ้อย ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากเป็นวัสดุชิ้นแรกที่สัมผัสกับต้นอ้อย [2] กลุ่มเกษตรจึงนิยมใช้การตัดอ้อยแบบใช้รถตัดอ้อยกันมากขึ้นเพื่อทำให้ตัดอ้อยขาดเป็นท่อนและง่ายต่อการจัดเก็บเพราะว่ารถตัดอ้อยมีความสามารถในหลายๆ ด้านของการตัดอ้อยสูงกว่าการตัดอ้อยด้วยมือ รถตัดอ้อยที่มีคุณภาพจากต่างประเทศจึงได้ถูกนำมาใช้ภายในประเทศในด้านราคาก็มีราคาแพง ทำให้ส่งผลกระทบต่อระบบการเก็บเกี่ยวอ้อยเรื่องของการเป็นต้นทุนหลักของการเก็บเกี่ยวอ้อย จากการที่มีผู้เข้าไปสำรวจระบบในการผลิตรถตัดอ้อยของสถานประกอบการจักรกลเกษตรแห่งหนึ่งในประเทศไทยพบว่ามีปัญหาในส่วนประกอบของชิ้นส่วนมีดตัดอ้อยที่ผลิตขึ้นมาใช้นั้นยังคงมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่ามีดตัดอ้อยจากต่างประเทศอยู่มาก

ใบมีดตัดอ้อยนั้นจะผลิตมาจากเหล็กสปริง (Spring steel) เกรด SUP9 เป็นเหล็กที่ใช้ทำสปริงสามารถทนได้ทั้งแรงอัดและแรงดึง ชุบแข็งได้ดี ขึ้นรูปได้ง่ายทนต่อการเสียดสีรวมทั้งมีความแข็งแรงสูงใช้ในงานประเภทชิ้นส่วนสปริงหรืองานใบมีดต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี จากการศึกษางานวิจัยของ ถนอม ลี้ตระกูล [3] ศึกษาการพัฒนามีดตัดในรถตัดอ้อยเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็ง โดยใช้เหล็กเกรด SUP9 อบที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผาแช่ที่ 20 นาที แล้วชุบด้วยน้ำมันแล้วจึงทำการอบคลายความเครียด ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส 40 นาที ทำให้มีค่าความแข็งเฉลี่ยที่ 457 วิกเกอร์สดังงานวิจัยของ คนึงขวัญ ปันศิริ และคณะ [4] ได้ศึกษาผลของการปรับสภาพทางความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของเหล็กแหนบโดยการตีขึ้นรูปมีดแล้วนำมาชุบแข็งที่อุณหภูมิ 850-1000 องศาเซลเซียส และอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 200-500 องศาเซลเซียส โครงสร้างจุลภาคศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ทดสอบความแข็งและทดสอบแรงดึงพบว่าโครงสร้างเหล็กแหนบในสภาพรีดและสภาพตีขึ้นรูปมีดประกอบด้วยเฟสเฟอร์ไรท์และเพิร์ลไลท์และหลังการชุบแข็งโครงสร้างประกอบด้วยมาร์เทนไซต์และเพิร์ลไลท์โดยหลังการชุบแข็งตามด้วยการอบคืนตัวนั้นเกิดโครงสร้างเทมแปอร์มาร์เทนไซต์ค่าความแข็งในสภาพรีดมีค่าเท่ากับ 40 HRC หลังตีขึ้นรูปมีดมีค่าความแข็งเท่ากับ 34 HRC เมื่อชุบแข็งมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นโดยชิ้นงานหลังการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที มีค่าสูงสุดเท่ากับ 62 HRC และหลังการอบคืนตัวความแข็งมีค่าลดลงในขณะที่ค่าความแข็งแรงสูงสุดและความเหนียวเพิ่มขึ้น สมศักดิ์ แก้วพลอย [5] ได้ศึกษาสภาวะที่ เหมาะสมในการอบชุบเหล็กกล้าผสมด้วยความร้อน และการอบคืนตัว (Tempering) ของเหล็กกล้าผสม AISI 4140 โดยศึกษาหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ให้ค่าความแข็งและความเหนียวที่ใช้งานที่ดีที่สุด โดยใช้โปรแกรม MinitapR.13 ช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง จึงพบว่าอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนตัวมีผลต่อค่าพลังงานกระแทก ส่วนอุณหภูมิมีผลต่อค่าความแข็งและ เวลาในการอบคืนตัวไม่มีผลต่อค่าความแข็ง ดังนั้นจะได้ อุณหภูมิที่ให้ค่าความแข็งและความเหนียวที่ใช้งานได้ดีที่สุด คือ ที่ระดับ 550 องศาเซลเซียส เวลาในการอบคืนที่ 60 นาที สุวัฐชัย วัชรถาวรศักดิ์ และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติเหล็กน้ำพี้หลังการชุบแข็งที่อุณหภูมิ 850 องศา

เซลเซียส ในสารจุ่มชุบน้ำพบว่าเหล็กน้ำพี้แบบถลุงใหม่ในกลุ่มC มีความแข็งสูงสุดเท่ากับ 839.67 HV ในชิ้นทดสอบที่ 205 เหล็กน้ำพี้ แบบดังเดิมในกลุ่ม A มีความแข็งสูงสุดเท่ากับ 319.67 HV ในชิ้นทดสอบที่ 101 จึงบอกได้ว่าเหล็กน้ำพี้แบบถลุงใหม่ในกลุ่ม C มีความแข็งหลังชุบแข็งที่ดีกว่าเหล็กน้ำพี้แบบดั้งเดิมในกลุ่ม A จึงเหมาะกับการนำไปใช้ในงานวิศวกรรม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและพัฒนาใบมีดในรถตัดอ้อยเพื่อประโยชน์ต่อเกษตรกรและเป็นการนำหลักวิชาการมาพัฒนากระบวนการ เพื่อลดปัญหาการสิ้นเปลืองให้น้อยที่สุดและเพิ่มประสิทธิภาพของใบมีดในรถตัดอ้อย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วัสดุ

- ใบมีดในรถตัดอ้อยเหล็ก SUP 9 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชิ้นทดสอบใบมีดในรถตัดอ้อย

อุปกรณ์

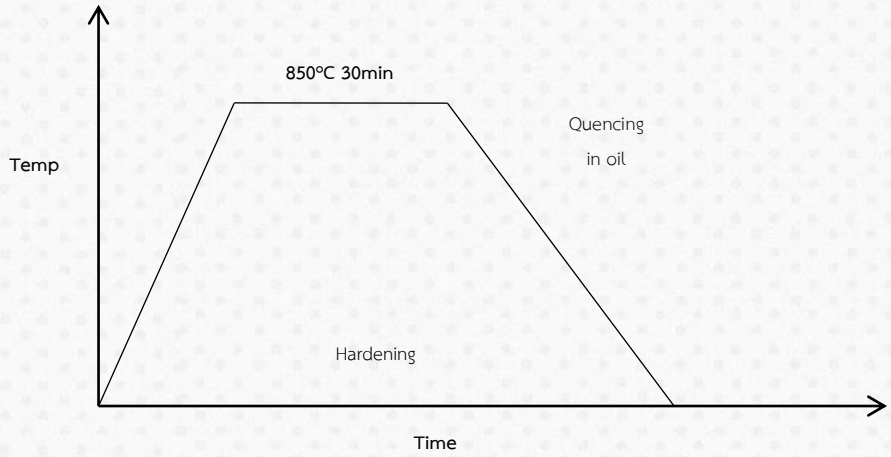
- เตาอบชุบด้วยความร้อนขดลวดความต้านทาน ยี่ห้อ SNOL รุ่น IP 20
- เครื่องทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอรส์ ยี่ห้อ Matsuzawa รุ่น MHT2
- เครื่องตัดชิ้นงานทดสอบ ยี่ห้อ METKON รุ่น Q-3A

3. ผลการวิจัย

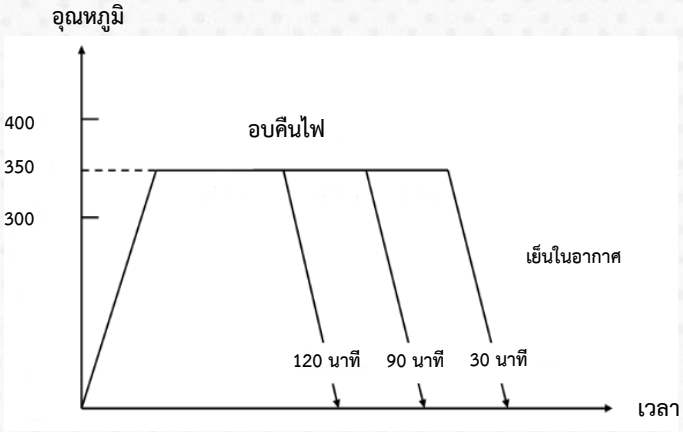
3.1 กระบวนการอบชุบและการอบคืนไฟ

นำใบมีดในรถตัดอ้อยที่ไม่ผ่านกระบวนการทางความร้อน นำไปชุบแข็งที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส อบแช่ 30 นาที จากนั้นทำการชุบแข็งอย่างรวดเร็วโดยใช้น้ำมันเป็นสารจุ่มชุบดังแสดงในรูปที่ 2

การอบคืนไฟเป็นกระบวนการอบงานที่ผ่านกระบวนการอบชุบแข็งมาแล้วที่อุณหภูมิต่ำกว่า Ac_1 ด้วยเวลาต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของงานในการพิจารณาตามระดับอุณหภูมิในการอบ จะใช้อุณหภูมิในการอบคืนไฟที่อุณหภูมิต่ำ เหมาะสมกับเหล็กกล้าคาร์บอนที่ผ่านการชุบผิวแข็ง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 กราฟการอบชุบ



รูปที่ 3 แผนภูมิการอบคืนไฟ

การเตรียมชิ้นทดสอบโดยใช้ใบมีดในรถตัดอ้อย เกรดSUP9 หนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 90 มิลลิเมตร ยาว 265 มิลลิเมตร จะถูกแปรรูปให้มีขนาดพร้อมในการเป็นมีดตัดในรถตัดอ้อยแล้วเลือกมา 3 ชิ้นตัวอย่าง แล้วทำการตัดให้ได้ความยาว 200 มิลลิเมตร มาขึ้นรูปเรือนเย็น โดยชิ้นงานจะถูกวางในท่อที่เป็นแบบแล้วจึงเทเรซิ่นลงไปดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชิ้นทดสอบใบมีดในรถตัดอ้อย

3.2 การออกแบบการทดลอง

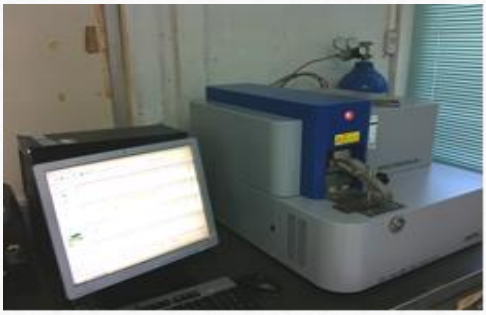
การหาปัจจัยที่เหมาะสมโดยกำหนดให้ค่าความแข็งและระยะลึกของค่าความแข็งเป็นผลคำตอบของการทดลอง [6] อุณหภูมิสำหรับกระบวนการอบคืนไฟที่อุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปอยู่ที่ 300 - 500 องศาเซลเซียส ส่วนเวลาที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความลึกของชั้นผิวแข็งที่ต้องการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้แบ่งปัจจัยของอุณหภูมิอบคืนไฟออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 300, 350 และ 400 องศาเซลเซียส และปัจจัยของเวลาอบคืนไฟเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 60, 90 และ 120 นาที ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับและขอบเขตปัจจัยในการทดลอง

Factors	Level			Unit
	Low (-1)	Medium (0)	High (+1)	
1.Tempering Temp (A)	300	350	400	°C
2. Tempering Time (B)	60	90	120	min

3.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

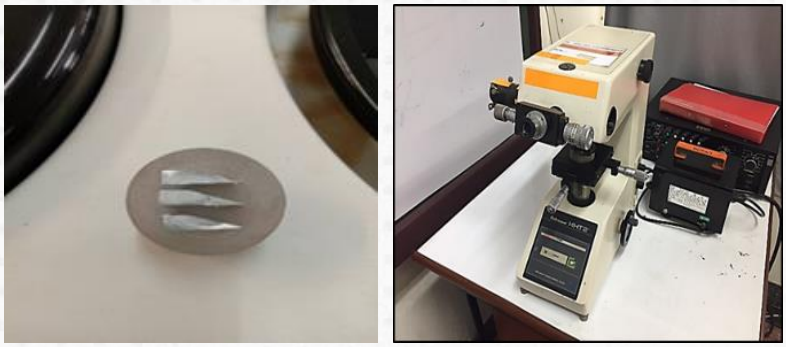
การตรวจสอบปริมาณธาตุผสมในเหล็กใบมีดในรถตัดอ้อย ด้วยเครื่องสเป็กโตรมิเตอร์ โดยจะนำเหล็ก SUP9 ใบมีดในรถตัดอ้อย มาตรวจสอบปริมาณธาตุผสมโดยจะตัดเหล็กมาตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี นำมาขัดผิวด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 80 – เบอร์ 400 เพื่อให้เห็นเนื้อเหล็ก จากนั้นนำมาทดสอบด้วยเครื่องสเป็กโตรมิเตอร์ และนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของธาตุผสมต่าง ๆ ดังรูปที่ 5



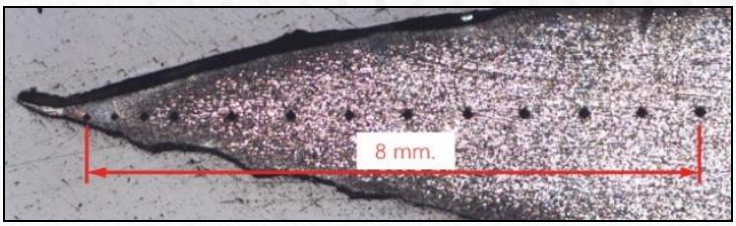
รูปที่ 5 เครื่องสเปกโตมิเตอร์

3.4 การวัดค่าความแข็ง

เมื่อชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการทดลองเรียบร้อยแล้วจะถูกนำมาทำการตัดออกเป็นส่วนๆ จากนั้นทำการขึ้นเรือนเย็นชิ้นทดสอบที่ถูกตัด ดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) ชิ้นทดสอบที่ถูกขึ้นเรือนเย็นจะถูกนำมาขัดด้วยกระดาษทราย โดยเริ่มจากกระดาษทรายเบอร์ 180, 220, 320, 400, 600, 800, 1,000 และ 1,200 ตามลำดับ เพื่อให้ชิ้นงานได้ระนาบ และทำการขัดมัน เสร็จแล้วทำการวัดค่าความแข็งด้วยไมโครวิเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ข) ในการวัดค่าความแข็งชิ้นทดสอบจะถูกวัดจากคมของมีดเข้าไปเป็นระยะ 8 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7 และนำค่าที่ได้มาทำการเฉลี่ยจากนั้นทำการบันผลทึกผลการทดลอง



รูปที่ 6 (ก) การขึ้นเรือนเย็น (ข) เครื่องทดสอบไมโครวิเกอร์ส

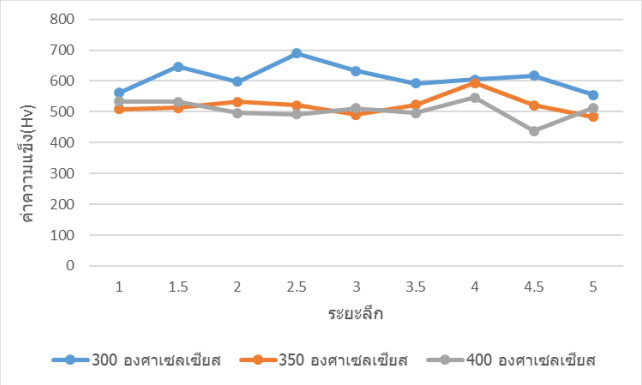


รูปที่ 7 ลักษณะและระยะในการวัดค่าความแข็ง

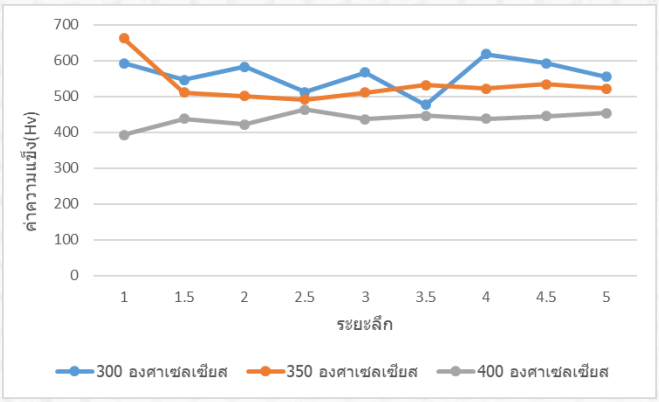
4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การเปรียบเทียบค่าความแข็ง

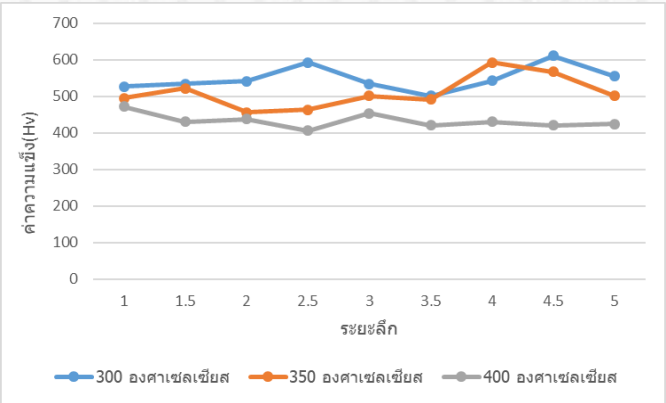
จากกราฟแสดงค่าความแข็งของชิ้นทดสอบภายหลังการชุบแข็งและการอบคืนตัวจำนวน 9 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาทีทำการกดวัดความแข็งแบบไมโครวิเกอร์ (Micro VicKer) จากผลแสดงค่าความแข็งโดยใช้อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที พบว่า ค่าความแข็งลดลงซึ่งค่าความแข็งที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งเฉลี่ย 610.88 HV ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ 350 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งเฉลี่ย 514.07 HV และอุณหภูมิที่ใช้ 400 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งเฉลี่ย 506.44 HV จากกราฟแสดงค่าความแข็งของชิ้นทดสอบภายหลังการชุบแข็งและการอบคืนตัวจำนวน 9 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาทีทำการกดวัดความแข็งแบบไมโครวิเกอร์ (Micro VicKer) จากผลแสดงค่าความแข็งโดยใช้อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที พบว่า ค่าความแข็งลดลงซึ่งค่าความแข็งที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งเฉลี่ย 560.44 HV ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ 350 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งเฉลี่ย 534.30 HV และอุณหภูมิที่ใช้ 400 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งเฉลี่ย 437.25 HV และจากการทดลองแสดงในรูปที่ 10 พบว่าค่าความแข็งของชิ้นทดสอบภายหลังการชุบแข็งและการอบคืนตัวจำนวน 9 ชิ้นโดยทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาทีทำการกดวัดความแข็งแบบไมโครวิเกอร์ (Micro VicKer) จากผลแสดงค่าความแข็งโดยใช้อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที พบว่า ค่าความแข็งลดลงซึ่งค่าความแข็งที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งเฉลี่ย 559.84 HV ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ 350 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งเฉลี่ย 509.99 HV และอุณหภูมิที่ใช้ 400 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งเฉลี่ย 433.25 HV



รูปที่ 8 ค่าความแข็งเฉลี่ยของใบมีดในรถตัดอ้อยที่ผ่านการอบคืนตัวที่เวลา 30 นาที



รูปที่ 9 ค่าความแข็งเฉลี่ยของใบมีดในรถตัดอ้อยที่ผ่านการอบคืนตัวที่เวลา 60 นาที



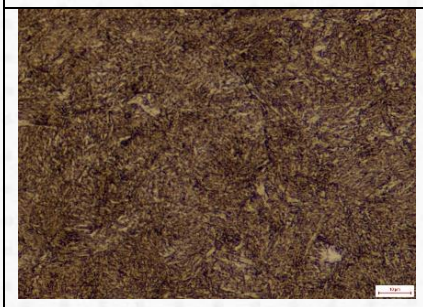
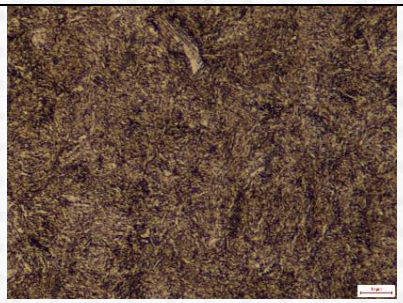
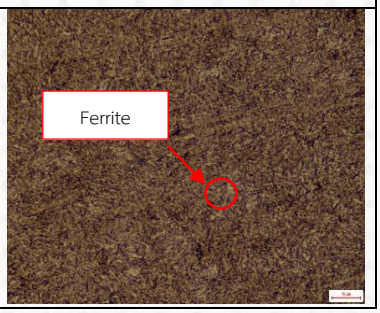
รูปที่ 10 ค่าความแข็งเฉลี่ยของใบมีดในรถตัดอ้อยที่ผ่านการอบคืนตัวที่เวลา 90 นาที

4.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

โครงสร้างจุลภาพของใบมีดในรถตัดอ้อยที่ผ่านการอบคืนตัวที่เวลา 90 นาที ที่อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียส ชิ้นงานที่ผ่านการอบคืนตัวที่เวลา 90 นาทีนาที ที่อุณหภูมิ 300, 350, และ 400 องศาเซลเซียสดังแสดงในรูปที่ 11

เมื่อนำมาตรวจสอบโครงสร้างจุลภาพ พบว่ามีโครงสร้างของเฟอร์ไรต์และเพอร์ไรต์เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดียวกันแต่อุณหภูมิต่างกันโครงสร้างของเพอร์ไรต์มีแนวโน้มลดลงและเฟอร์ไรต์เพิ่มขึ้น

แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้เฟสของเฟอร์ไรต์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าความแข็งของใบมีดในรถตัดอ้อยที่ผ่านการอบคืนตัวลดลงและทำให้ความเหนียวสูงขึ้น และเมื่อนำโครงสร้างที่ผ่านการอบคืนตัวในอุณหภูมิและเวลาดังกล่าวจะเห็นได้ชัดว่ามีเฟสเฟอร์ไรต์และเพอร์ไรต์เพิ่มขึ้นแต่โครงสร้างมาเทนไซต์ลดลงซึ่งจะสรุปได้ว่าอุณหภูมิและเวลาในการอบคืนตัวของใบมีดในรถตัดอ้อย จะมีผลต่อโครงสร้างจุลภาพอย่างเห็นได้ชัด

เวลาอบคืนตัว 90 นาที		
300 องศาเซลเซียส	350 องศาเซลเซียส	400 องศาเซลเซียส
		

รูปที่ 11 โครงสร้างจุลภาพที่ผ่านการอบคืนตัว เวลา 90 นาที

5. บทสรุป

จากการทดลองพบว่า ใบมีดในรถตัดอ้อยที่พร้อมจำหน่ายจะมีค่าความแข็งของใบมีดในรถตัดอ้อยจะถูกกำหนดจากค่าความแข็งของใบมีดที่พร้อมจำหน่วยและเป็นต้นแบบมีค่าความแข็งที่ 454 HV จากนั้นได้นำใบมีดในรถตัดอ้อยมาปรับปรุงคุณสมบัติผ่านการอบชุบที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแช่ที่เวลา 30 นาที แล้วชุบด้วยน้ำมันจากนั้นนำมาทำการอบคืนตัวจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้นค่าความแข็งของใบมีดในรถตัดอ้อยจะมีแนวโน้มลดลง แต่ค่าต้านทานแรงกระแทกจะสูงขึ้น จากการหาปัจจัยที่เหมาะสมในการอบคืนตัวของใบมีดในรถตัดอ้อย จะได้ว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบคืนตัวที่ให้ค่าความแข็งที่ดีที่สุดคือที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที โดยให้ค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 610.88 HV และค่าต้านทานแรงกระแทกที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที โดยให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกเฉลี่ยเท่ากับ 39 Joules

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำบทความวิชาการขอขอบพระคุณเครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ปีงบประมาณ 2565 และรวมไปถึงนักศึกษาสาขาวิศวกรรมวัสดุ นายณัฐการต์ รัตนสุข และนายธนภูมิ คงกะพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลองในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม (2562, สิงหาคม. 7).รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย. http://www.ocsb.go.th/th/cms/

[2] โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. Saccharum officinarum. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.rspg.or.th.

[3] ถนอม ลี้ตระกูล. การพัฒนามีดตัดในรถตัดอ้อยเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็ง. ภาควิชากรรมการผลิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (2555).

[4] คะนึงขวัญ ปันศิริ, สุวนันท์ อาจวาที, ศิวัช ลาวัลย์วลีกุล และปัทมา อภิชัย. “ผลของการปรับสภาพ ทางความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติชิงกลของเหลวก็แหนบที่ใช้ตีมีด”. การประชุมระดับนาๆชาติลำปาง: 241-251.

[5] สมศักดิ์ แก้วพลอย. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบชุบเหล็กกล้าผสมด้วยความร้อน. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, (2555).

[6] มนัส สถิรจินดา. เหล็กกล้า. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 3, 2537.

[7] เสริมศักดิ์ พลคร และปิยพงษ์ ก้งเส็ง. ปัจจัยในการชุบแข็งที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาคและความแข็งของเหล็ก. สาขาวิศวกรรมวัสดุ. มหาวิทยาลัยนเรศวร, (2552)

[8] นิรนาม. (2562, สิงหาคม. 19). การอบคืนตัวเบื้องต้น. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://shorturl.asia/DHwMG

[9] ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ. วัสดุวิศวกรรม. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2549.

[10] สมนึก วัฒนศรียกุล. การทดสอบวัสดุ. กรีนเวิลด์มีเดีย, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2549.

[11] อัญชลี ดีงูเหลือม. การศึกษาของอุณหภูมิและเวลาในการเทมเพอร์มีดโต้ภายหลังการชุบแข็งที่มีต่อสมบัติทางกล. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. มหายวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคล, (2559).

[12] Mustafa Bayrak., et al., “Analysis of Tempering treatment on material properties of DIN 41Cr4 and DIN 42CrMo4 Steels”. Journal of Material Engineering and Performnce. 597-600, 2007.

[13] กฤช รุนรักษา และคณะ. "การศึกษากระบวนการปรับปรุงโลหะด้วยความร้อนของเล็บขุดท่อ ผลิต ด้วยเหล็กเกรด AISI 4140". การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่8. 21 กรกฎาคม 2560. มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: หน้า 514-518.

[14] รัฐศักดิ์ ผลาขจรศักดิ์. กาศึกษาอิทธิพลของตัวแปรด้านการชุบแข็งและการบำบัดเย็นที่มีผลต่อ การต้านทานการสึกหรอของเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ/กรุงเทพ, (2548).

รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน ของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

A model for developing educational innovation competencies of teachers affecting student development at Rajaprajanukroh 22 School in Mae Hong Son

ชยุต ข่าขันมะลี

โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน
Email: Chayut0114@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาฯ 2) เพื่อการสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษา ฯ 3) เพื่อศึกษาการใช้และหาประสิทธิผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาฯ 4) เพื่อศึกษาผลการประเมินรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาฯ การศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ และร่างรูปแบบได้ตรวจสอบและยืนยันจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน โดยวิธีประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มตัวอย่างศึกษา ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา ครู นักเรียน ปีการศึกษา 2564 รวมทั้งสิ้น 274 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) ผู้บริหารสถานศึกษาต้องส่งเสริมพัฒนาสมรรถนะครูสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา สำหรับเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ และกำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของบันทึกข้อตกลงการพัฒนางานเกณฑ์ ว PA 2) การสร้างรูปแบบฯ มี 5 องค์ประกอบ คือ (1) ด้านปัจจัยนำเข้า (2) กระบวนการ (3) ด้านผลผลิต (4) ด้านผลลัพธ์ และ (5) ข้อมูลย้อนกลับ 3) การใช้และหาประสิทธิผลรูปแบบฯ ครูพบว่า ด้านความสามารถ ความรู้ความเข้าใจ ความพึงพอใจ ในการใช้รูปแบบฯ อยู่ในระดับมาก ส่วนนักเรียนพบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจ ความพึงพอใจการพัฒนาส่งเสริมจากครูโดยใช้นวัตกรรม อยู่ในระดับมาก และ 4) ผลการประเมินรูปแบบฯ อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: รูปแบบการพัฒนา, สมรรถนะ, นวัตกรรมทางการศึกษา

Abstract

The objectives of this research were 1) The objectives of this research were 1) To study the problems, demands and approaches to develop educational innovation competencies, 2) To implement a model for developing educational innovation competencies, 3) To study and discover the effectiveness of the model for developing educational innovation competencies and; 4) To analyze the assessment

results of the model for developing educational innovation competencies. The study was divided into four phases as purposed. The draft model was proposed for review and confirmation by nine experts using connoisseurship. The samples used were school administrators, teachers, students in the academic year 2021 with a total of 274 participants. The tool used was 5-Point Likers Scale Questionnaires. The statistics used to analyze the data were percentage, mean and standard deviation. The findings revealed that 1) Educational institution administrators must promote the development of teacher competency to encourage educational innovations as a tool for learning management and designated as part of the PA criterion development memorandum, 2) Modeling had 5 components: (1) inputs (2) process (3) output (4) results and (5) feedback. 3) The effectiveness of the model was found that the competence, knowledge, understanding, and satisfaction in using the model were at a high level, in terms of students, it was found that knowledge, understanding, satisfaction, development from teachers using innovation were at a high level and; 4) The model assessment results were at a high level.

Keywords: development model, competency, educational innovation

1. บทนำ

การศึกษาเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเพิ่มความสามารถของคนและการพัฒนาประเทศในทุกด้าน ซึ่งในการจัดการศึกษานั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับวิถีชีวิตของคน โดยรัฐบาลต้องจัดการศึกษาอย่างมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ จัดให้ได้อย่างทั่วถึงและเสมอภาค อันจะส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และชุมชนที่อยู่อาศัยเพื่อเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป (Edward & Elizabeth, 2008) ซึ่งองค์ประกอบสำคัญที่จะช่วยพัฒนาคุณภาพการศึกษาและคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสอดคล้องกับการพัฒนาเยาวชนไทยแห่งยุคศตวรรษที่ 21 คือ การบริหารงานวิชาการเป็นงานบริหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก จะเห็นว่าผู้บริหารต้องสนใจ สนับสนุน และปฏิบัติงานด้านวิชาการ ซึ่งเกือบเป็นครึ่งหนึ่งของการบริหารการศึกษา (อภิชา พุ่มหวง, 2559) ประเทศไทยให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ดังจะเห็นได้จากกรอบแนวทางการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ. 2552-2561) ที่กำหนดให้มีการพัฒนา 4 ประการ คือการพัฒนาคุณภาพคนไทยยุคใหม่พัฒนาคุณภาพครู พัฒนาสถานศึกษา พัฒนาคุณภาพการบริหารจัดการยุคใหม่ (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2554) ซึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว ครูต้องมีความรู้ความเข้าใจในเป้าหมายของหลักสูตรและกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างถ่องแท้ สามารถนำไปถ่ายทอดแก่นักเรียนและประยุกต์ใช้สื่ออุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เอื้อต่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้เล็งเห็นความจำเป็นอย่างรีบด่วนที่จะต้องเร่งหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ในการพัฒนาทักษะและความสามารถต่าง ๆ ดังกล่าวให้เกิดขึ้นกับนักเรียน เพื่อให้เป็นพื้นฐานที่จะเติบโตเป็นคนไทยที่มีความคิดสากล มีความสามารถในการทำงานร่วมกันและแข่งขันกับนานาชาติได้อย่างประสิทธิภาพ เพราะสิ่งเหล่านี้จะทำให้ประเทศไทยดำรงอยู่ในเวทีระดับนานาชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2555)

ผลการศึกษาสภาพปัญหาด้านนวัตกรรมทางการศึกษา (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2553) แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 ที่ได้กำหนดแนวทางเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้เป็นกรอบการพัฒนาการศึกษาเพื่อให้บรรลุตามวิสัยทัศน์ที่กำหนดไว้คือ “คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิต อย่างเป็นสุข สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21” และกำหนดมาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ.2561 เป็นมาตรฐานการศึกษาขั้นต่ำที่จำเป็นของแต่ละระดับและประเภทการศึกษาในการพัฒนาคุณลักษณะที่

พึงประสงค์ที่จะให้ขึ้นกับนักเรียนทั้งในระหว่างและหลังจากสำเร็จการศึกษา ซึ่งถือเป็น “คุณลักษณะของคนไทย 4.0” ที่สามารถสร้างความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน โดยเฉพาะคุณลักษณะทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) เป็นนักเรียนรู้ (Learner Person) เป็นผู้มีความเพียร ใฝ่เรียนรู้ และมีทักษะการเรียนรู้ ตลอดชีวิตเพื่อก้าวทันโลกยุคดิจิทัลและโลกในอนาคต และมีสมรรถนะ (competency) ที่เกิดจากความรู้ ความรอบรู้ ด้านต่าง ๆ มีสุนทรียะ รักษ์และประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาไทย มีทักษะชีวิตเพื่อสร้างงานหรือสัมมาอาชีพ บนพื้นฐานของความพอเพียงความมั่นคงในชีวิต และคุณภาพชีวิตที่ดี ต่อตนเอง ครอบครัว และสังคม 2) เป็นผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovative Co-creator) เป็นผู้มีทักษะทางปัญญา ทักษะศตวรรษที่ 21 ความฉลาดดิจิทัล (digital intelligence) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ทักษะข้ามวัฒนธรรม สมรรถนะการบูรณาการข้ามศาสตร์และมีคุณลักษณะของความเป็นผู้ประกอบการ เพื่อร่วมสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมทางเทคโนโลยีหรือสังคม เพิ่มโอกาสและมูลค่าให้กับตนเอง และสังคม 3) เป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง (Active Citizen) เป็นผู้มีความรักชาติ รักท้องถิ่น รู้ถูกผิด มีจิตสำนึกเป็นพลเมืองไทยและพลโลก มีจิตอาสา มีอุดมการณ์และมีส่วนร่วมในการพัฒนาชาติ บนหลักการประชาธิปไตย ความยุติธรรม ความเท่าเทียม เสมอภาค เพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนและการอยู่ร่วมกันในสังคมไทยและประชาคมโลกอย่างสันติ (Delahaye, 2018)

สอดคล้องกับวิสัยของโรงเรียนที่กำหนดไว้ คือ ภายในปีการศึกษา 2565 โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 มีระบบการจัดการศึกษาที่ มุ่งพัฒนานักเรียนอย่างเต็มศักยภาพสร้างครูมืออาชีพ ใช้เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ เป็นศูนย์การเรียนรู้ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง จากรายงานการประเมินตนเองของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 ปีการศึกษา 2562-2563 ได้แก่มาตรฐานที่ 2 กระบวนการบริหารและการจัดการ ตัวชี้วัดที่ 4 พัฒนาครูและบุคลกรให้มีความเชี่ยวชาญทางวิชาชีพ พบว่า จุดที่ควรพัฒนาการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาครูและบุคลากรให้มีความเชี่ยวชาญทางวิชาชีพ ให้มีความรู้ ความสามารถ ทักษะตาม มาตรฐานตำแหน่ง จัดอบรมเกี่ยวกับสื่อเทคโนโลยีในการจัดการศึกษาและนวัตกรรมทางการศึกษา (รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา, 2563)

ครูที่มีคุณภาพต้องมีสมรรถนะตามสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้พัฒนาสมรรถนะและตัวบ่งชี้ของครูไทย (ประกิต สิงทองและคณะ, 2560) โดยแบ่งเป็นสมรรถนะหลัก (Core competency) 5 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การมุ่งผลสัมฤทธิ์ในการปฏิบัติงาน 2) การบริการที่ดีการพัฒนาตนเอง 3) การทำงานเป็นทีม 4) จริยธรรม และ 5) จรรยาบรรณวิชาชีพครู และสมรรถนะประจำสายงาน (Functional competency) ประกอบด้วย 6 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การบริหารหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ 2) การพัฒนานักเรียน 3) การบริหารจัดการชั้นเรียน 4) การวิเคราะห์สังเคราะห์และการวิจัยเพื่อพัฒนานักเรียน 5) ภาวะผู้นำครู 6) การสร้างความสัมพันธ์ และความร่วมมือกับชุมชนเพื่อการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับบริบทของโรงการการศึกษาสงเคราะห์ ผู้บริหารจึงมีแนวคิดพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมเกี่ยวกับนวัตกรรมทางการศึกษาของครู

หลักการความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 มีหน้าที่และความรับผิดชอบในการจัดการศึกษาให้เป็นตามจุดมุ่งหมายและหลักการที่กล่าวข้างต้น จึงมีความประสงค์พัฒนาครูและบุคลกรให้มีความเชี่ยวชาญทางวิชาชีพ เพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านการสร้างนวัตกรรมของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 ในและเป็นการพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนองและสอดคล้องกับแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นตามบริบทของสถานศึกษาซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพครูและนักเรียนสู่มาตรฐานการศึกษาที่กำหนดไว้อย่างยั่งยืนต่อไป จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้บริหารมีนโยบายส่งเสริม สนับสนุนการพัฒนาสมรรถนะด้านการสร้างนวัตกรรมของครูสู่การพัฒนานักเรียน จึงร่วมมือทางวิชาการกับภาควิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดำเนินจัดโครงการอบรมและพัฒนาครูด้านการออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งครูส่วนใหญ่ควรได้รับการพัฒนาความสามารถด้านการออกแบบ สร้างนวัตกรรมการศึกษา เช่น การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับการออกแบบ นวัตกรรมการศึกษาประเภทต่างๆ และกระบวนในการปรับปรุงประสิทธิภาพ นวัตกรรมการศึกษารวมถึงการนำนวัตกรรมการศึกษาไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้บริหาร

สถานศึกษา ครูผู้สอน มีความตระหนักในสร้างนวัตกรรมเพื่อพัฒนานักเรียน พัฒนาความสามารถของครูด้านการออกแบบและสร้างนวัตกรรมการศึกษาโดยใช้รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านการสร้างนวัตกรรมของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 สอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา แนวทางแก้ไขในประเด็นที่จะสามารถยกระดับคุณภาพของครู เพื่อให้ครูพัฒนาคุณภาพของนักเรียนอย่างแท้จริง

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อพัฒนารูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน
2. เพื่อการสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน
3. เพื่อศึกษาการใช้และหาประสิทธิผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน
4. เพื่อศึกษาผลการประเมินรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยตามขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

การศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1.1 ศึกษาองค์ประกอบของการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ตอนที่ 1.2 ศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ตอนที่ 1.3 ศึกษาแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

การสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 2.1 ยกร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ตอนที่ 2.2 ตรวจสอบร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ขั้นตอนที่ 3 การใช้และหาประสิทธิผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

2. วิธีการวิจัย

2.1 ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการวิจัย 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1.1 ศึกษาองค์ประกอบของการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยขั้นตอนนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสังเคราะห์เนื้อหา งานวิจัย เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน ประกอบด้วย ประเภทของเอกสาร ชื่อเอกสาร ชื่อผู้แต่ง ปีที่พิมพ์ สถานที่พิมพ์ รายละเอียดโครงสร้าง

แหล่งข้อมูลในการวิจัย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาประกอบด้วย

1) อานนท์ ปลื้มเนตรและคณะ พ.ศ. 2559 ชื่อ การพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41 สังกัด คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

2) ปรีชา ชื่นชนกพิบูลและคณะ พ.ศ. 2557 ชื่อรูปแบบนวัตกรรมการบริหารเพื่อพัฒนางานของศูนย์บริการศึกษานอกโรงเรียนอำเภอ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

3) วิวัฒน์ อ้นน่วมและคณะ พ.ศ. 2559 ชื่อรูปแบบการส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะของครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

4) พินิจ ทองคำ พ.ศ. 2561 ชื่อ กูเกิ้ลแอปพลิเคชั่น : นวัตกรรมทางการศึกษาสำหรับครูยุคศตวรรษที่ 21 มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

5) กัญญาพัชญ์ กานต์ภูวนันต์และคณะ พ.ศ. 2562 ชื่อ รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สาขาวิชาการบริหารการศึกษาและผู้นำการเปลี่ยนแปลง มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

ตอนที่ 1.2 ศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบบันทึกประเด็นการประชุมรับฟังความคิดเห็น (public hearing) สำหรับการระดมความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมประชุม มีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา ความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

แหล่งข้อมูลในการวิจัย

แหล่งข้อมูลในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา ครู ปีการศึกษา 2564 ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) รวมทั้งสิ้น 40 คน

ตอนที่ 1.3 ศึกษาแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนฯ เพื่อใช้สำหรับการศึกษาสภาพ และแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน ตามองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า (Input) องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการ (Process) องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิต (Out put) องค์ประกอบที่ 4 ผลลัพธ์ (Out come) องค์ประกอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback)

แหล่งข้อมูลในการวิจัย

1) สถานศึกษาที่มีการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ซึ่งมีผลงานเป็นที่ประจักษ์และได้รับการยอมรับหรือได้รับรางวัลด้านนวัตกรรมทางการศึกษาได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 2 โรงเรียน ดังนี้

1.1) โรงเรียนบ้านพระนอน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

1.2) โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 31 อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

2) ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีที่มีความรู้และประสบการณ์ ซึ่งมีผลงานเป็นที่ปรากฏและได้รับการยอมรับเกี่ยวกับการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา เช่น หนึ่งโรงเรียนหนึ่งนวัตกรรม จากคุรุสภา Obac Award ด้านนวัตกรรม จำนวน 3 คน

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ตอนที่ 2.1 ยกร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

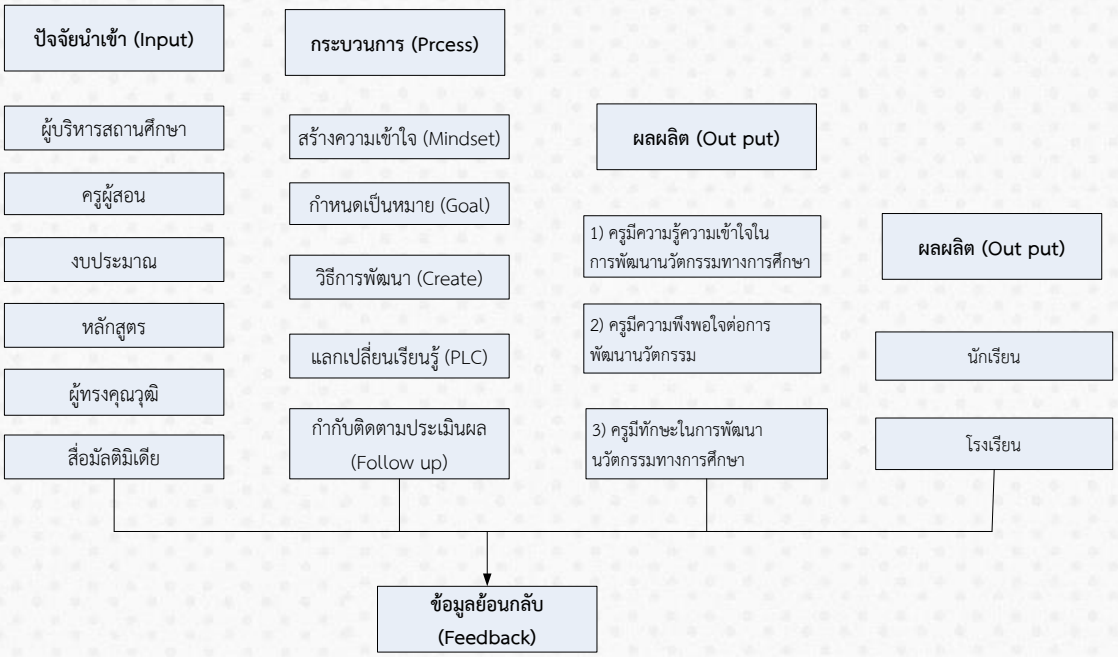
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบบันทึกการประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) เกี่ยวกับยกร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมให้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน และแบบสัมภาษณ์ผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในการจัดการศึกษา เพื่อศึกษารูปแบบแนวการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

แหล่งข้อมูลในการวิจัย

แหล่งข้อมูลในการศึกษา คือ ผู้ที่มีความรู้ และประสบการณ์ในการจัดการศึกษา เพื่อการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา สังกัดสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ ที่มีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ จำนวน 3 คน ตัวแทนของครูผู้สอนโรงเรียนการศึกษาสงเคราะห์ จำนวน 3 คน นักวิชาการ สังกัดสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จำนวน 3 คนคณะกรรมการสถานศึกษา ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) รวมทั้งสิ้น 9 คน

จากการยกร่างยกร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน สร้างกำหนดเป็นรูปแบบแผนผังดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน ของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

ตอนที่ 2.2 ตรวจสอบร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบบันทึกการประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) ตรวจสอบร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน และแบบประเมินวิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ประกอบของร่างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วน 5 ระดับ เพื่อให้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเป็นไปได้ของรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

แหล่งข้อมูลในการวิจัย

แหล่งข้อมูลในการศึกษา ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีผลงานเป็นที่ปรากฏและได้รับการยอมรับเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน เข้าร่วมการประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์มหาวิทยาลัยและนักวิชาการ จำนวน 3 คน ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 3 คน และ ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 3 คน คน รวมทั้งสิ้น 9 คน ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญหรือประสบการณ์ในการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ขั้นตอนที่ 3 การใช้และหาประสิทธิผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบประเมินความความสามารถในการใช้รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทั้งฉบับ เท่ากับ 0.982

2) แบบสอบถามความรู้ความเข้าใจการใช้รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ เท่ากับ 0.970

3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ เท่ากับ 0.973

4) แบบสอบถามการประเมินความรู้ความเข้าใจในการได้รับการพัฒนาส่งเสริมจากครูผู้สอนของนักเรียน เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.879

5) แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อการใช้นวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.919

6) แบบประเมินประเมินความเป็นนักนวัตกรของนักเรีย**น** เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทั้งฉบับ เท่ากับ 0.819

แหล่งข้อมูลในการวิจัย

ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ปีการศึกษา 2564 ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 4 คน ครู จำนวน 36 คน และกลุ่มตัวอย่างนักเรียน จำนวน 234 คน โดยวิธีการแบ่งชั้นโดยใช้ตาราง Krejcie & Morgan รวมทั้งสิ้น 276 คน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบประเมินความเป็นประโยชน์และความพึงพอใจของรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน คือคุณภาพนักเรียนที่เกิดจากการทดลองใช้รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีลักษณะเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทั้งฉบับเท่ากับ 0.966

แหล่งข้อมูลในการวิจัย

ผู้บริหารสถานศึกษา จำนวน 4 คน ครู จำนวน 36 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ในปีการศึกษา 2564 เป็นผู้ให้ข้อมูล รวมจำนวนผู้ให้ข้อมูล ทั้งสิ้น 40 คน

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การนำแบบสอบถามมาประมวลวิเคราะห์โดยข้อมูล โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

4.51 – 5.00	หมายถึง	คุณภาพของนักเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด
3.50 – 4.50	หมายถึง	คุณภาพของนักเรียน อยู่ในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	คุณภาพของนักเรียน อยู่ในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง คุณภาพของนักเรียน อยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง คุณภาพของนักเรียน อยู่ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมินรูปแบบฯ ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องมีค่าเฉลี่ย ≥ 3.50

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1) ผลการศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการพัฒนารูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

สภาพปัญหาความต้องการและแนวทางการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า (Input)

1) ผู้บริหารสถาน ได้แก่ การส่งเสริม สนับสนุนครูผู้สอนสร้างนวัตกรรม การกำกับ ติดตามและประเมินผลครูผู้สอนสร้างนวัตกรรม การพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่พัฒนานักเรียน

2) ครู ได้แก่ มีนวัตกรรมทางการศึกษาสำหรับเป็นเครื่องมือจัดการเรียนการสอน ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนการจัดการเรียนรู้

2.1 สมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษา ได้แก่ สมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ สมรรถนะด้านการพัฒนาหลักสูตร สมรรถนะด้านการวิจัยทางการศึกษา สมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา และสมรรถนะด้านภาวะผู้นำ

3) งบประมาณ ได้แก่ วางแผนงานการเงิน ทรัพยากรนำมาใช้ในการดำเนินงาน

4) หลักสูตร ได้แก่ มีหลักสูตรสำหรับการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครู และโครงสร้างหลักการเนื้อหา สาระของหลักสูตรการพัฒนาระยะสั้นชัดเจน และมีวิธีการวัดประเมินผลหลังการพัฒนา

5) ผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ วิทยากรหรือผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับนวัตกรรมทาการศึกษา และให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ การพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษา และเป็นวิทยากรหรือผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับนวัตกรรมทาการศึกษา และให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ การพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษา

6) สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ วีดีทัศน์ และ web browser ออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรม

องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการ (Process)

1) สร้างความเข้าใจ (Mindset) ได้แก่ ความเข้าใจการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา การเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ ด้วยกัน และมีกำหนดเป้าหมายของตน

2) กำหนดเป้าหมาย (Goal) ได้แก่ การร่วมกำหนดทิศทางและผลลัพธ์ของการของการพัฒนารูปแบบฯ และผู้บริหารสถานศึกษาใช้กระบวนมีส่วนร่วมในการดำเนินงาน

3) วิธีการพัฒนา (Create) ได้แก่ การกำหนดขั้นตอนรายละเอียดของการพัฒนาสมรรถนะตามหลักสูตร วิธีการพัฒนาสมรรถนะด้านวัตกรรมของครูหลากหลาย

4) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Professional Leaning community) กระบวนการแลกเปลี่ยนแนวคิด มุมมอง ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา

5) กำกับ ติดตาม ประเมินผล (Follow up) ให้คำปรึกษา การส่งเสริม สนับสนุนและการประเมินผลการพัฒนาและไม่มีวิธีการดำเนินการตรวจสอบผลการดำเนินงานเพื่อให้ข้อเสนอแนะ ปรับปรุงอย่างเป็นระบบ

องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิต (Out put) ครูผู้สอน ได้แก่

ครูมีความรู้ความเข้าใจ ความพึงพอใจและมีทักษะในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา

องค์ประกอบที่ 4 ผลลัพธ์ (Out come)

1) นักเรียน ได้แก่ นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ของครูโดยใช้นวัตกรรมทางการศึกษา

2) โรงเรียน ได้แก่ สถานศึกษามีนวัตกรรมทางการศึกษา (Education innovation) ที่หลากหลายและมีคุณภาพ

องค์ประกอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ได้แก่ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่สะท้อน (Reflect) และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับผู้สร้างนวัตกรรมทางการศึกษา

3.2 ผลการศึกษาการสร้างและพัฒนารูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

พบว่ารูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นรูปแบบที่ใช้แนวคิดตามหลักการบริหารแบบมีส่วนร่วมมาใช้บริหารโรงเรียนเพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่การพัฒนานักเรียน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า (Input) องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการ (Process) องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิต (Out put) องค์ประกอบที่ 4 ผลลัพธ์ (Out come) องค์ประกอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) โดยมีรายละเอียดดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า (Input) ประกอบด้วย

1. ผู้บริหารสถานศึกษา
2. ครู (สมรรถนะของครู)
3. งบประมาณ
4. หลักสูตร
5. ผู้ทรงคุณวุฒิ
6. สื่อมัลติมีเดีย

องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการ (Process) ประกอบด้วย

1. สร้างความเข้าใจ (Mindset)
2. กำหนดเป้าหมาย (Goal)
3. วิธีการพัฒนา (Create)
4. แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Professional Leaning community)
5. กำกับ ติดตาม ประเมินผล (Follow up)

1.3 องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิต (Out put) ประกอบด้วย ครู

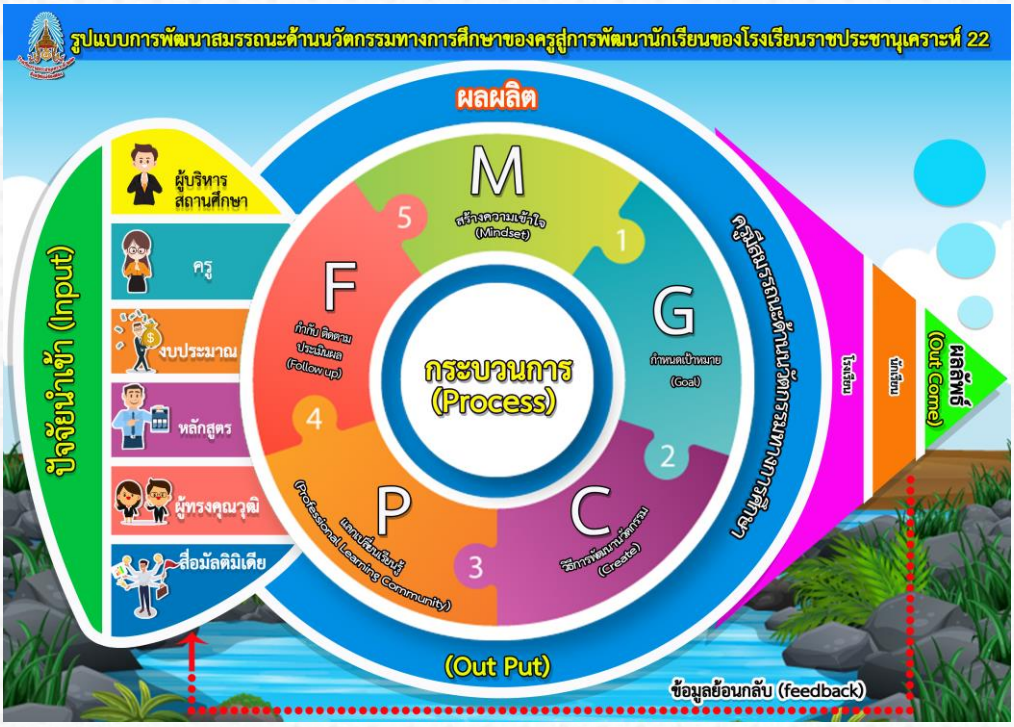
1. ครูมีความรู้ความเข้าใจในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา
2. ครูมีความพึงพอใจต่อการพัฒนานวัตกรรม
3. ครูมีทักษะในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา

1.4 องค์ประกอบที่ 4 ผลลัพธ์ (Out come) ประกอบด้วย

1. นักเรียน
2. โรงเรียน

1.5 องค์ประกอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback)

ผลการศึกษาการสร้างและพัฒนารูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน สามารถสร้างรูปแบบโมเดลการศึกษาสำหรับการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครู ได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

3.3. ผลการใช้และหาประสิทธิผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน

1) ผลการประเมินความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาของครู โดยประเมินจากสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครู มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยเรียงลำดับดังนี้ สมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา สมรรถนะด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ สมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ และสมรรถนะต้านการพัฒนาหลักสูตร

2) ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าความรู้ความเข้าใจในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน มีการปฏิบัติในระดับมาก โดยเรียงลำดับดังนี้ ครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญของนวัตกรรมต่อการจัดการศึกษา ที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาและพัฒนาการจัดการศึกษา ครูมีความเข้าใจในการนำนวัตกรรมการศึกษามาใช้แทนวิธีการเดิม เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และลำดับต่ำสุดที่มีการปฏิบัติในระดับมาก ครูมีความเข้าใจและสามารถอธิบายการออกแบบโครงสร้างของนวัตกรรมการเรียนการสอน ตามรูปแบบองค์ประกอบ

3) ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการพัฒนานวัตกรรมของครูโดยใช้การพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า ผลการประเมิน โดยภาพรวม ความพึงพอใจต่อการพัฒนานวัตกรรมของครูโดยใช้รูปแบบฯ อยู่ในระดับมาก ($\overline{\chi}$ = 4.14) โดยลำดับสูงสุด คือ ท่านได้รับการสนับสนุนจากสถานศึกษา ($\overline{\chi}$ = 4.30) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ท่านมีแรงจูงใจจากปัญหาในชั้นเรียนนำมาสร้างนวัตกรรม สถานศึกษาส่งเสริมให้ท่านเกิดความรู้ ทักษะ เจตคติ ความคิดริเริ่ม มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรม

และท่านมีความมุ่งมั่นเสียสละ มีจิตวิญญาณ ($\overline{\chi}$ = 4.25) อยู่ในระดับมาก ส่วนลำดับที่ต่ำสุดคือ ท่านเป็นแบบอย่างที่ดีในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแนวคิดใหม่ ท่านเปิดโอกาสทางความคิดให้ท่านสร้างนวัตกรรมได้อย่างอิสระ ท่านมีการทำงานเป็นทีมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ($\overline{\chi}$ = 4.03) อยู่ในระดับมาก

4) ผลการประเมินทักษะในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาโดยใช้การพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมของครูสู่พัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า

การประเมินทักษะในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา พบว่า ผลการประเมิน โดยภาพรวม ทักษะในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา อยู่ในระดับมาก ($\overline{\chi}$ = 4.13) โดยลำดับสูงสุด คือ สร้างแนวทางในการปฏิบัติตนเพื่อเป็นครูที่ดีและมีกระบวน ($\overline{\chi}$ = 4.25) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ โรงเรียนจัดทำรายงานประจำปี (SAR) เพื่อรายงานภาพรวมของการดำเนินงานตามแผนพัฒนาคุณภาพโรงเรียน ($\overline{\chi}$ = 4.23) อยู่ในระดับมาก ส่วนลำดับที่ต่ำสุดคือ สถานศึกษานำครูผู้สอนศึกษาดูงานโรงเรียนต้นแบบที่มีผลงานด้านการสร้างนวัตกรรมระดับชาติหรือนานาชาติและภาพเคลื่อนไหว เสียง วีดิโอที่ใช เหมาะสมกับเนื้อหา และสื่อการเรียนรู้ได้ดี ($\overline{\chi}$ = 4.03) อยู่ในระดับมาก

5) ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจในการได้รับการพัฒนาส่งเสริมจากครูผู้สอนของนักเรียน พบว่า ผลการประเมิน โดยภาพรวม ความรู้ความเข้าใจในการได้รับการพัฒนาส่งเสริมจากครูผู้สอนของนักเรียน อยู่ในระดับมาก ($\overline{\chi}$ = 3.98) โดยลำดับสูงสุด คือ นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจำแนกประเภทของสารคดี ซึ่งจัดว่าเป็นนวัตกรรมการศึกษาประเภทหนังสือเสริมประสบการณ์ ($\overline{\chi}$ = 4.21) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับการจำแนกประเภทของหนังสือส่งเสริมการอ่าน เช่น นิทาน เรื่องสั้น และสารคดี ($\overline{\chi}$ = 4.18) อยู่ในระดับมาก ส่วนลำดับที่ต่ำสุดคือ นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถบอกคำศัพท์ภาษาอังกฤษ นวัตกรรม ว่ามาจากภาษาอังกฤษคำว่า Innovation ($\overline{\chi}$ = 3.53) อยู่ในระดับมาก

6) ผลการประเมินการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้นวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน พบว่า ผลการประเมิน โดยภาพรวม ความพึงพอใจต่อการใช้นวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียน อยู่ในระดับมาก ($\overline{\chi}$ = 3.98) โดยลำดับสูงสุด คือ ด้านสื่อการสอน ($\overline{\chi}$ = 4.04) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ด้านนักเรียน ($\overline{\chi}$ = 4.00) อยู่ในระดับมาก ส่วนลำดับที่ต่ำสุดคือ ด้านเนื้อหา ($\overline{\chi}$ = 3.81) อยู่ในระดับมาก

7) ผลการประเมินประเมินความเป็นนักนวัตกรของนักเรียน พบว่า ผลการประเมิน โดยภาพรวม ความเป็นนักนวัตกรของนักเรียน อยู่ในระดับมาก ($\overline{\chi}$ = 3.91) โดยลำดับสูงสุด คือ เชื่อมั่นในงาน ผู้ร่วมงาน และตนเอง ($\overline{\chi}$ = 4.26) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษา ($\overline{\chi}$ = 4.23) อยู่ในระดับมาก ส่วนลำดับที่ต่ำสุดคือ ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษา ($\overline{\chi}$ = 3.61) อยู่ในระดับมาก

3.4 ผลการประเมินผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า พบว่า ผลการประเมิน โดยภาพรวม ประเมินผลรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมการศึกษาฯ อยู่ในระดับมาก ($\overline{\chi}$ = 4.01) โดยลำดับสูงสุด คือ ระบุเหตุผลความจำเป็น ปัญหาหรือความ ต้องการ แนวคิด หลักการสำคัญในการ ออกแบบนวัตกรรม/วิธี ปฏิบัติที่เป็นเลิศ ระบุกระบวนการ หรือ วิธีการพัฒนานวัตกรรม การนำไปใช้โดยมี ขั้นตอนต่อเนื่องสัมพันธ์ กัน และสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ ระบุผลสำเร็จของการดำเนินงานที่เกิดจาก การนำไปใช้ คุณค่าของนวัตกรรม/วิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ ที่ส่งผลต่อการพัฒนานักเรียน และประโยชน์ที่ได้รับจ ากนวัตกรรม/วิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ ($\overline{\chi}$ = 4.08) อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ระบุบุคคล/หน่วยงาน/ องค์กร หรือวิธีการที่ช่วยให้งานประสบความ สำเร็จตามจุดประสงค์การดำเนินงานมีประสิทธิภาพส่งผลต่อ คุณภาพของนวัตกรรม/วิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ ($\overline{\chi}$ = 4.05) อยู่ในระดับมาก ส่วนลำดับที่ต่ำสุดคือ การนำเสนอผลงานด้านนวัตกรรมทางการศึกษา ($\overline{\chi}$ = 3.90) อยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

จากการสรุปผลการวิจัยรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีประเด็นอภิปรายดังนี้

1. องค์ประกอบของรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า (Input) ประกอบด้วย 1) ผู้บริหารสถานศึกษา 2) ครู 3) งบประมาณ 4) หลักสูตร 5) ผู้ทรงคุณวุฒิ 6) สื่อมัลติมีเดีย องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการ (Process) ประกอบด้วย 1) สร้างความเข้าใจ (Mindset) 2) กำหนดเป้าหมาย (Goal) 3) วิธีการพัฒนา (Create) 4) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Professional Leaning community) 5) กำกับ ติดตาม ประเมินผล (Follow up) องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิต (Out put) ประกอบด้วย ครู 1) ครูมีความรู้ความเข้าใจในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา 2) ครูมีความพึงพอใจต่อการพัฒนานวัตกรรม 3) ครูมีทักษะในการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา องค์ประกอบที่ 4 ผลลัพธ์ (Out come) ประกอบด้วย 1) นักเรียน 2) โรงเรียน องค์ประกอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ซึ่งทุกองค์ประกอบส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อให้ประสบความสำเร็จและบรรลุผลตรงเป้าหมายให้ครูผู้สอนเกิดสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาสู่การพัฒนานักเรียน รูปแบบการพัฒนาควรจัดให้ตรงตามความต้องการและความนโยบาย สนองจุดเน้นของสถานศึกษา มีกระบวนการส่งเสริมที่มีขั้นตอนชัดเจนสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้ ทั้งนี้ทุกขั้นตอนต้องอาศัยการมีส่วนร่วมจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายเริ่มตั้งแต่การมีส่วนร่วมในการวางแผนการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจการมีส่วนร่วมในการดำเนินการร่วมสังเกตติดตามประเมินผลและการมีส่วนร่วมร่วมสะท้อนผลซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาและเข้าใจบทบาทหน้าที่ของครูในการจัดการเรียนการสอนมีความตระหนักในการมีส่วนร่วมการจัดการเรียนการสอนร่วมกับผู้บริหารครูผู้สอนนักเรียนเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนด้วยนวัตกรรมทางการศึกษารูปแบบการพัฒนานี้จะทำให้บุคลากรมีความรู้ความชำนาญทางด้านทักษะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนมีการเสริมสร้างความรู้และทักษะด้วยนวัตกรรมทางการศึกษาส่งผลต่อการพัฒนาของนักเรียนและสถานศึกษามีนวัตกรรมทางการศึกษาที่ช่วยพัฒนาคุณภาพของสถานศึกษาและยังเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านนวัตกรรมทางการศึกษาให้กับโรงเรียนหรือสถานศึกษาที่ใกล้เคียงและสถานศึกษาในสังกัดสอดคล้องกับ (กัญญาพัชญ์ กานต์ภูวนันต์, 2562) ได้ทำการศึกษารูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำหนดและประเมินรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของครูโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษและผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษในศตวรรษที่ 21 ด้านมาตรฐานและการประเมินและด้านการทางการพัฒนาวิชาชีพครูส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะของครูโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษประกอบด้วยองค์ประกอบหลักได้แก่ด้านภาษาและเทคโนโลยีสำหรับครูด้านการพัฒนาหลักสูตรด้านการจัดการเรียนรู้ด้านการวัดและประเมินผลด้านการวิจัยทางการศึกษาด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาและด้านความเป็นครู 2) รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วยเป้าหมายวัตถุประสงค์เนื้อหากระบวนการและการประเมิน 3) รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องความเป็นไปได้และความเป็นประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด (Nam & Quang, 2022)

2. รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน มีประเด็นอภิปรายดังนี้

2.1 องค์ประกอบที่ 1 ปัจจัยนำเข้า (Input) ประกอบด้วย 1) ผู้บริหารสถานศึกษาควรมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์เหมาะสมกับการบริหารงานในสถานศึกษา เช่น การมีวิสัยทัศน์ มีภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงมีความมุ่งมั่น เสียสละ มีจิตอาสา อุดมการณ์ มีความสามารถเชิงบูรณาการ มีประสบการณ์ในการบริหารสถานศึกษาอย่างต่อเนื่องมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี ฯลฯ

2) ครูปฏิบัติหน้าที่ในการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เหมาะสมกับการปฏิบัติหน้าที่ในสถานศึกษา เช่น ผู้ที่มีความมุ่งมั่น เสียสละ มีจิตอาสา จิตวิญญาณและอุดมการณ์ มีความรู้ ความเข้าใจในบริบทสภาพแวดล้อม สังคมและวัฒนธรรมของชุมชน (Brown & Trevi, 2006) 2.1) สมรรถนะของครูควรมีทักษะด้านการจัดการเรียนรู้ ที่ได้รับการพัฒนาหลักสูตรเกี่ยวกับการพัฒนาครูผู้สอน อีกทั้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการพัฒนานักเรียนต้องดำเนินการวิจัยทางการศึกษาหรือวิจัยในชั้นเรียน ร่วมกับการพัฒนาเครื่องมือการจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาจึงจะเกิดสมรรถนะของครูเกิดทักษะด้านภาวะผู้นำด้านการศึกษา 3) งบประมาณสนับสนุนการสร้างองค์ความรู้ให้กับครูผู้สอนเกี่ยวกับการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา ประกอบไปด้วย การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ ค่าตอบแทนวิทยากร ค่าตอบแทนผู้เชี่ยวชาญ 4) หลักสูตรการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ ส่งเสริมสมรรถนะด้านการคิดค้น พัฒนานวัตกรรม 5) ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้วยวิธีการพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรม กระบวนการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการสร้างนวัตกรรมโดย การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการโดยมีวิทยากรเป็นผู้ทรงคุณวุฒิมาให้ความรู้และครูผู้สอนศึกษาค้นคว้า อบรมออนไลน์ ด้วยตนเอง (Self study) (Gerald, 2012) และสถานศึกษานำครูผู้สอนไปศึกษาดูงานในโรงเรียนต้นแบบการสร้างนวัตกรรมที่มีผลงานโดดเด่นระดับชาติหรือนานาชาติ 6) สื่อมัลติมีเดียที่จะช่วยให้รูปแบบการพัฒนาเกิดประสิทธิภาพต้องประกอบด้วย มัลติมีเดีย สื่อ วีดีทัศน์ โปรแกรม power point web browser

2.2) องค์ประกอบที่ 2 กระบวนการ (Process) ประกอบด้วย 1) สร้างความเข้าใจ (Mindset) ผู้บริหารประชุมหารือเพื่อสร้างเจตคติและหาแนวทางพัฒนาการเรียนรู้ของครูด้วยการ รับฟัง เพื่อสร้างความเข้าใจเพิ่มขึ้น ทำให้ครูสามารถเรียนรู้ได้มากขึ้น ไม่ปฏิเสธสิ่งที่ได้ยินทันทีแต่นำไปพิจารณาปฏิบัติก่อน เปิดโอกาสให้ครูมีข้อซักถาม สำรวจความต้องการและเข้าใจสภาพปัญหา สร้างความ มั่นใจในการแก้ปัญหาของครูแต่ละคน เพื่อให้ครูสามารถกำหนดเป้าหมายในการสร้างนวัตกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนได้ครูได้ความรู้ใหม่ๆ เพิ่มขึ้น และมีแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม หาข้อดี ข้อเสียของแนวทางแก้ปัญหาเพื่อพิจารณาการเลือกประเด็นที่จะนำไปสู่การวางแผนในขั้นต่อไป (อานนท์ ปลื้มเนตรและคณะ, 2559) ได้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41 สังกัด คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร พบว่าที่สำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะครูด้านนวัตกรรมทางการศึกษา คือ สมรรถนะด้านการจัดการเรียนรู้ สมรรถนะต้านการพัฒนาหลักสูตร สมรรถนะด้านการวิจัยทางการศึกษา สมรรถนะด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา และสมรรถนะด้านภาวะผู้นำ 2) กำหนดเป้าหมาย (Goal) เป็นการกำหนดทิศทาง การวางแผนการพัฒนานวัตกรรม ครูมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมในรายวิชาและระดับชั้นเรียนที่ตนเองสอน โรงเรียนมีรูปแบบการพัฒนาครูผู้สอนในการสร้างสรรค์นวัตกรรมการศึกษา การสร้างแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมให้กับนักเรียน เพื่อนักเรียนให้รู้จักวิธีการ มองปัญหาและแก้ไขอย่างสร้างสรรค์ อันเป็นลักษณะเฉพาะของนวัตกร 3) วิธีการพัฒนา (Create) การพัฒนาครูหรือรูปแบบการพัฒนาที่สอดคล้องกับความพร้อมและความสนใจ โดยใช้แหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอก ที่นำมาใช้ในการพัฒนาเรื่องนวัตกรรมให้แก่ครู มีการใช้สื่อมัลติมีเดียทั้งรูปแบบ On-line และ รูปแบบ On-site มีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเอง ซึ่งเป็นไปตามความพร้อมและความสนใจของครูแต่ละคนสอดคล้องกับงานวิจัย (นารีรัตน์ เสมสุข, 2564) ได้ศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบสมรรถนะครูในการพัฒนาหลักสูตรสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบดังกล่าว พบว่าองค์ประกอบที่สอดคล้องกับสมรรถนะครูในการพัฒนาหลักสูตรฯ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ด้านทักษะที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร ด้านความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตร และด้านคุณลักษณะของการพัฒนาหลักสูตร 4) แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Professional Leaning community) การสะท้อนมุมมองในสิ่งที่ดีรับการพัฒนา มีการแลกเปลี่ยนแนวคิด ข้อเสนอแนะหลังการพัฒนา ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานวัตกรรม ครูมีความสนใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งร่วมกัน ปรึกษาหารือและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้วยความ

สมัครใจ เพื่อร่วมสร้างความเข้าใจหรือพัฒนาแนวปฏิบัติในเรื่องนั้น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัย (ภานุวัฒน์ ติดทะ, 2558) ได้ศึกษาความต้องการพัฒนาสมรรถนะครูโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกลุ่มดอยอ่างขาง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 34 เชียงใหม่ ได้สรุปผลวิจัยสมรรถนะของครูที่สำคัญในการพัฒนา ด้านการพัฒนานักเรียน ด้านการบริการที่ดีและด้านการทำงานเป็นทีมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้วยกระบวนการ PLC 5) กำกับ ติดตาม ประเมินผล (Follow up) กระบวนการควบคุมที่มุ่งกระทำให้เกิดความสำเร็จของงาน โดยมีการตรวจ ติดตาม เพื่อให้งานประสบความสำเร็จและมีการติดตามความก้าวหน้าตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ โดยผู้ที่ได้รับการแต่งตั้ง และผู้บริหารแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อกำกับติดตามการทำงานของครู และมีการประเมินการปฏิบัติงานอย่างน้อยภาคเรียนละ 2 ครั้ง และครูรายงานผลการดำเนินงาน (SAR) ภาคเรียนละ 1 ครั้ง สอดคล้องกับงานวิจัย (ดวงรำไพ งามศัพท์, 2560) ได้ศึกษาการศึกษาสมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ตามการรับรู้ของผู้บริหารและครูในโรงเรียน สังกัดเทศบาลนครพระนครศรีอยุธยา ผลการวิจัยพบว่า สมรรถนะครูโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ด้านการกระบวนการเรียนรู้ และด้านวัดผลและประเมินผลการจัดการเรียนรู้จะส่งผลให้ครูมีสมรรถนะที่เป็นเลิศ

2.3) องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิต (Out put) ครูผ่านการอบรมและมีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาความสามารถในการสร้างนวัตกรรมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ทักษะที่เกี่ยวข้องในการสร้างนวัตกรรมในรายวิชาและระดับชั้นเรียนที่ตนเองสอน เกิดกระบวนการเรียนรู้ใหม่ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีครูมีมีทักษะ (Skill) ความรู้ (Knowledge) และทัศนคติ (Attitude) ที่ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับ (เฉลิมพร วังศรีคูณ, 2561) ได้ศึกษาการสังเคราะห์กระบวนการพัฒนาสมรรถนะประจำสายงานครูด้านการวิเคราะห์ สังเคราะห์และการวิจัยเพื่อพัฒนานักเรียนโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการพัฒนาสมรรถนะประจำสายงานครู ต้องผ่านกระบวนการพัฒนา 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 โครงการอบรมภาคทฤษฎี ส่วนที่ 2 โครงการเชิงปฏิบัติการ พบว่ากระบวนการพัฒนามีความเหมาะสมมีประโยชน์ นำไปใช้ในการพัฒนาสมรรถนะครูเพื่อพัฒนานักเรียนได้

2.4) องค์ประกอบที่ 4 ผลลัพธ์ (Out come) นักเรียน มีความรู้ความเข้าใจ ทักษะในการสร้างนวัตกรรมได้รับการพัฒนา ส่งเสริมจากครูผู้สอนให้เป็นผู้มีความรู้ มีเจตคติ และเป็นตามเป้าหมายที่สถานศึกษากำหนด และโรงเรียนมีนวัตกรรมทางการศึกษา (Education innovation) โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้คิดค้นพัฒนาสิ่งใหม่ หรือปรับปรุงสิ่งเดิมที่มีอยู่ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ (นเรศ ปุ่นบุตรชาและคณะ, 2561) ได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพนักเรียนในศตวรรษที่ 21 กล่าวว่าพัฒนาการเรียบนรู้ในระดับโรงเรียน ครูมีหน้าที่สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ เพื่อให้มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในเชิงวิชาการ นำไปสู่คุณภาพของนักเรียนส่งผลต่อคุณภาพของครู สมรรถนะและความเชี่ยวชาญของครูจะส่งผลให้นักเรียน เกิดความรู้ ทักษะและทัศนคติที่ดีต่อการเรียน

2.5) องค์ประกอบที่ 5 ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) กระบวนการข้อมูลที่สะท้อน (Reflect) ถึงผลการดำเนินงานการสร้างนวัตกรรมทั้งในด้านจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา รวมถึงข้อเสนอแนะสำหรับผู้สร้างนวัตกรรมในการปรับปรุงพัฒนางานที่สามรถนำไปปฏิบัติได้จริง สอดคล้องกับ (วิวัฒน์ อ้นน่วมและคณะ, 2559) ได้ศึกษารูปแบบการส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะของครูสังกัดสำงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ผลการวิจัยของรูปแบบดังกล่าวต้องประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบที่สำคัญ กระบวนการส่งเสริมพัฒนาที่ประกอบด้วย การวางแผน การดำเนินการตามแผน การตรวจสอบและประเมินผลการพัฒนา การปรับปรุงแก้ไข จึงจะทำให้รูปแบบที่พัฒนาเกิดประสิทธิภาพและนำไปใช้ได้อย่างมีคุณภาพ (George , 2010)

4. บทสรุป/ข้อเสนอแนะ

4.1 ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยไปใช้

1) สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ ควรส่งเสริม และสนับสนุน งบประมาณ การพัฒนาครูผู้สอน ด้านการพัฒนาด้านหลักสูตรการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา โดยการจัดการอบรม สัมมนา ศึกษาดูงาน จัดเวทีนาเสนอผลงาน เพื่อส่งเสริมให้ครูผู้สอนและสถานศึกษาที่มีแนวทางการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ

2) การนำรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน ไปใช้ควรคำนึงถึงสภาพบริบท ความต้องการของแต่ละสถานศึกษา

3) ควรให้ความสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาของครูอย่างต่อเนื่อง

4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทาวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาวิจัยรูปแบบการจัดการศึกษาเพื่อนวัตกรรมของนักเรียนภายใต้นโยบายไทยแลนด์ 4.0

2) ควรศึกษาวิจัยรูปแบบการพัฒนานวัตกรรมการคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาที่มีคุณภาพ

3) ควรศึกษาวิจัยรูปแบบการบริหารหลักสูตรสถานศึกษาเพื่อส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาสำหรับนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์

4) ควรศึกษาความต้องการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาของครูในโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง “รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านนวัตกรรมทางการศึกษาของครูสู่การพัฒนานักเรียนของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22 จังหวัดแม่ฮ่องสอน” ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำปรึกษาจนทำให้บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กัญญาพัชญ์ การนต์ภูวนันต์ และวีระวัฒน์ อุทัยรัตน์. (2562). **รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา ขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีที่ 47 ฉบับเพิ่มเติม 1 (เมษายน-มิถุนายน 2562) หน้า 1-17.

[2] เฉลิมพร วังศรีคูณ และคณะ(2561). **การสังเคราะห์กระบวนการพัฒนาสมรรถนะประจำสายงานครูด้านการวิเคราะห์สังเคราะห์และการวิจัยเพื่อพัฒนาผู้เรียนโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2562. วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ.

[3] ดวงรำไพ งามศัพท์. (2552). **การศึกษาสมรรถนะครูด้านการจัดการเรียนรู้ตามการรับรู้ของผู้บริหารและครูโรงเรียน สังกัดเทศบาลนครพระนครศรีอยุธย**า. วารสารวิจัยและพัฒนาวิไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

[4] นเรศ ปู่บุตรชา วัลนิกา ฉลากบาง วาโร เพ็งสวัสดิ์ และพรเทพ เสถียรนพเก้า. (2561). **สมรรถนะครูกับคุณภาพผู้เรียนในศตวรรษที่ 21** วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

[5] นารีรัตน์ เสมสุข ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ และอัคพงศ์ สุขมาตย์. (2563). **การวิเคราะห์องค์ประกอบสมรรถนะครูในการพัฒนาหลักสูตร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2**. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด.

[6] บุญชม ศรสะอาด. (2549). **การพัฒนาการทำวิทยานิพนธ์**. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[7] ประกิต สิงห์ทอง และคณะ (2560). **การพัฒนาตัวบ่งชี้สมรรถนะครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. วารสารบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[8] ปรีชา ชื่นชนกพิบูลและคณะ. (2557). **รูปแบบนวัตกรรมการบริหารเพื่อพัฒนางานของศูนย์บริการศึกษานอกโรงเรียนอำเภอ**. มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย**.**

[9] พินิจ มีคำทอง. **กูเกิ้ลแอปพลิเคชั่น : นวัตกรรมทางการศึกษาสำหรับครูยุคศตวรรษที่ 21**. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

[10] รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา. (2563). **รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22**. สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ.

[11] วิวัฒน์ อ้นน่วมและคณะ.(2559). **รูปแบบการส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะของครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา**. ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 เดือนกรกฎาคม-กันยายน 2559. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[12] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2555). **แนวทางการกระจายอำนาจการบริหารและการจัดการศึกษาให้คณะกรรมการ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษาตามกฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการกระจายอำนาจบริหารและจัดการศึกษา พ.ศ. 2555.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

[13] สำนักงานทดสอบการศึกษา. (2554). **แนวทางการประเมินคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา.** กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.

[14] สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ. (25560). **แผนพัฒนาการจัดการศึกษาสงเคราะห์ระยะ 5 ปี พ.ศ.2560-2564.** สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นฐาน. กระทรวงศึกษาธิการ.

[15] สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ. (2559). **แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ของสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ**. กระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพฯ.

[16] อภิชา พุ่มพวง. (2559). **ปัญหาและแนวทางการพัฒนาการบริหารงานวิชาการโรงเรียนมัธยมศึกษาจังหวัดสมุทรปราการ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาบริหารการศึกษา.บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยบูรพา.

[17] อานนท์ ปลื้มเนตรและคณะ. (2560). **การพัฒนาสมรรถนะดานนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพของครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41**. กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร**.**

[18] อาภรณ์ ภู่วิทยพันธุ์. (2553). **เครื่องมือการพัฒนาบุคลากรด้วย”การฝึกอบรมในขณะปฏิบัติงาน**”สืบค้นเมื่อวันที่ 22

[19] Brown, M. E. & Trevi, L.K. (2006). Ethical leadership: A review and future direction. The Leadership Quarterly, 17(6), 595–616.

[20] Delahaye, B. L. (2018). **Human resource development: Adult learning and Knoeledge management**. (2ed.) Sydney. Australia: John Wiley & Sons.

[21] Edward BlackHurst and Elizabeth, A. (2008). **Lahm. A Framework for Aligning Technology with Transition Competencies**. University of Kentucky.

[22] George Couros. (2010). The 21st Century Principal. Retrieved March 21, 2020, from

[23] Gerald Aungus. (2012). 21st Century Administrators: New Roles, New Responsibilities.

[24] Nam Danh & Nguyen & Quang Hong Pham. (2022). Improving Teacher Education Curriculum in Vietnam, Handbook of Research on Teacher Education, 10.1007/978-981-16-9785-2, (633-649).

การพัฒนาเกม The Way to Home โดยใช้ Construct 3

Using Construct 3 to Develop Game: The Way to Home

ปภัสวรรณ มั่นใจ*[1] และ เศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์[1]

[1]สาขานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
*Email: papassawan.mun.@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องพัฒนาเกมเพื่อความบันเทิง The Way to Home งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักสองข้อ ได้แก่ ข้อแรกสร้างเพื่อความบันเทิงและทำให้ผู้เล่นได้รับความรู้ในการระมัดระวังตัวในการเดินทางกลับบ้าน ข้อที่สองคือศึกษาและพัฒนาเกม The Way to Home 2 มิติ เพื่อความสนุกสนานบันเทิง เพื่อฝึกทักษะ และเพื่อการเรียนรู้เป็นต้น โดยฉากต่างๆในเกมและตัวละครได้ถูกออกแบบจากโปรแกรม Paint tool Sai และนำเข้าโปรแกรม Construct 3 เพื่อทำเป็นเกม 2 มิติ ผู้วิจัยได้พัฒนาเกม The Way to Home ที่สามารถทำงานบนแพลตฟอร์ม Windows ซึ่งขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วยศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การออกแบบ การพัฒนาเกม และการประเมินผล จากนั้นทำการนำเกม The Way to Home ไปให้ผู้ทดลองใช้งานในสาขานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์จำนวน 20 คน และทำการประเมินความพึงพอใจประสิทธิภาพในการได้ทดลองเล่นเกมซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ($\bar{X}$ = 4.35, S.D. = 0.67) ดังนั้นสรุปได้ว่าเกม The Way to Home สามารถให้ความบันเทิงเพลิดเพลินแก่ผู้เล่น และทำให้ผู้เล่นได้รับความรู้ในการระมัดระวังตัวมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เกม 2 มิติ, การพัฒนา, การจำลอง

Abstract

Research on the development of entertainment games The Way to Home This research has two main objectives: the first is to entertain and educate players on how to be careful on their way home. The second is to study and develop the “The Way to Home”, 2D game, for fun and entertainment. to practice skills and for learning the game scenes and characters were designed in Paint tool Sai program and imported into Construct 3 to make a 2D game. The researchers developed the game The Way to Home It can run on windows platform. The research process consists of studying relevant theory, design, game development and evaluation. Then bring the game The Way to Home To 20 people in the field of digital innovation and software engineering, and evaluate their satisfaction with the game's performance, which was at a very good level. The mean is equal to ($\bar{X}$ = 4.35, SD = 0.67), so The Way to Home can provide entertainment to the players and make players get the knowledge to be more careful

Keywords: Game 2D, Development, Simulator

1. บทนำ

ปัจจุบันเกมนั้นมีความสำคัญในชีวิตประจำวัน เพราะเป็นสื่อบันเทิงออนไลน์ที่ผู้คนสามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยเราสามารถเล่นเกมได้ตามเว็บไซต์ต่างๆด้วยอุปกรณ์ใดๆที่สร้างมาเพื่อเล่นเกมนั้นๆซึ่งสร้างความหลากหลายให้กับการเล่นเกม เกมเป็นสิ่งที่ผู้พัฒนาสร้างมาเพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เพื่อความสนุกสนานบันเทิง เพื่อฝึกทักษะ และเพื่อการเรียนรู้ เป็นต้น เพราะฉะนั้นจึงมีการแบ่งประเภทของเกม เช่น เกมต่อสู้ ได้แรงบันดาลใจจากกีฬาชกมวยเป็นการนำตัวละครมาต่อสู้แบบหนึ่งต่อหนึ่ง ตัวละครจะมีทักษะพิเศษแตกต่างกัน ปัจจุบันเกมแนวต่อสู้ เป็นที่แพร่หลายและได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เกมสวมบทบาท เป็นเกมที่ให้ผู้เล่นสวมบทบาทตัวละครหนึ่งในเกม มีเป้าหมายเดินตามเนื้อเรื่องของเกม หรือมอบอิสระในการกระทำสิ่งต่างๆ ซึ่งมีแบบเล่นออนไลน์ร่วมกับผู้อื่นที่เล่นกันทั่วโลก เกมผจญภัย แนวเกมที่เน้นการเดินทางออกสำรวจดินแดนทำภารกิจที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ อาจจะนำมาในรูปแบบค้นหาค้นทรัพย์หรือช่วยเหลือตัวละครภายในเกมที่มีความเกี่ยวข้องกับเส้นทางเนื้อเรื่องของเกม ซึ่งทุกครั้งที่ได้รับภารกิจ แล้วทำภารกิจสำเร็จจะได้ค่าตอบแทนจากภารกิจนั้นๆ เกมส์ยิงปืน เป็นแนวเกมที่มอบประสบการณ์ให้ผู้เล่นรับบทเป็นตำรวจทหาร รองรับการเล่นแบบทั้งคนเดียวหรือเป็นทีม โดยส่วนใหญ่จะถูกแบ่งเป็นสองฝ่าย เพื่อแข่งขันกันและเอาชนะกัน เกมกีฬา ได้รับแรงบันดาลใจจากกีฬายอดนิยมเช่นฟุตบอล กอล์ฟ เทนนิส หรือแข่งรถ เป็นต้น เกมวางแผน เป็นเกมที่ให้ความสำคัญในกระบวนการความคิด วางกลยุทธ์เพื่อเอาชนะอีกฝ่าย เกมปริศนา เป็นเกมส์เพื่อฝึกพัฒนาสมอง ส่วนมากเป็นเกมปริศนาคำทายหรือภาพจิ๊กซอว์ เกมส์จำลองสถานการณ์ เป็นเกมที่ผู้พัฒนาต้องการมอบประสบการณ์หรือเรียนรู้ช่วยเพิ่มทักษะให้แก่ผู้เล่น เพราะสามารถเรียนรู้ได้จากเกมมแนว Simulation อย่างการสวมบทเป็นวิศวกรในเกม Construction Simulator หรือ Farming Simulator การทำฟาร์มแบบสมจริง เป็นต้น

เกมยังเข้ามามีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรม เพราะมีบริษัทให้บริการวางจำหน่ายเกมผ่านหน้าร้านที่ได้รับความนิยมอยู่แพร่หลาย อาทิเช่น Steam, Epic Game Store, PlayStation Store, Amazon.com ครอบคลุมทั้งตลาดเกม PC และMobile เพิ่มทางเลือกให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงหน้าร้านจำหน่ายเกมได้อย่างสะดวก[1]

โดยผู้จัดทำงานวิจัยมีความสนใจในการศึกษาและพัฒนาเกมแบบ 2 มิติ เพราะเกม 2 มิติเป็นที่นิยมและรู้จักกันเป็นอย่างมากเพราะเกมในช่วงแรกที่เป็นเกมแนว 2 มิติและค่อยพัฒนามาเป็นเกม 3 มิติ ซึ่งเกม 2 มิติมีซอฟต์แวร์ที่พัฒนาเกมอย่างหลากหลายและแพลตฟอร์มที่รองรับ ผู้จัดทำจึงพัฒนาสร้างเกม The Way to Home โดยใช้เครื่องมือ Paint tool Sai ออกแบบและพัฒนาโดยใช้ construct 3 เพื่อสร้างความสนุกสนาน ให้กับคุณเล่นที่ได้ลองเล่นเกม The Way to Home



ภาพที่ 1 กระบวนการพัฒนาเกมประยุกต์จากกระบวนการพัฒนาระบบงาน (SDLC)

2. วิธีการวิจัย

การทำงานวิจัยครั้งนี้มีเพื่อวัตถุประสงค์พัฒนาเกมขึ้นมา ชื่อเกม The Way to Home โดยมีผลการวิเคราะห์และออกแบบดังกล่าวได้ประยุกต์ใช้กระบวนการพัฒนาระบบงาน (SDLC)[2] ตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

2.1. ศึกษาทฤษฎี

ในการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยทที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยเชิงวิชาการทางด้านการพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ดังได้แก่

ธีรเมศร์ ได้ทำการพัฒนาเกม 2 มิติ เกมพิชิตสัตว์ร้ายเมืองใต้ดิน Development of 2D Game Survival in Underground City มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เล่นได้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบนิเวศใต้ดินและรู้จักสิ่งมีชีวิตใต้ดิน มีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตใต้ดินได้อย่างถูกในรูปแบบของเกม ซึ่งจะทำให้ผู้เล่นได้มีความรู้เสริมความตื่นเต้นเพลิดเพลินกับการเล่นไปด้วย [3]

ธนกฤต ได้ทำการผลิตเกม 2 มิติเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 ของโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัยผลการประเมินคุณภาพของสื่อเกม 2 มิติ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า คุณภาพของสื่อเกม 2 มิติ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 4.39 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 ซึ่งอยู่ในระดับ ดี ด้านการออกแบบเกม อยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 4.06 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 ซึ่งอยู่ในระดับ ดี ด้านภาพ อยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 4.53 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก ด้านเสียง อยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 4.00 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0 ซึ่งอยู่ในระดับ ดี และความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังรับชมสื่อจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัย จำนวน 45 คน จากการทดสอบหลังใช้สื่อ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการทดสอบก่อนการใช้สื่อ[4]

เอกพันธ์ ได้สร้างเกม Fantasy World เกมนี้ถูกสร้างมาเพื่อต้องการให้ผู้ที่เล่นสามารถวางแผนการคิดวิเคราะห์หาวิธีในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้หรือเพื่อต่อยอดทางธุรกิจได้ซึ่งจะมีระบบที่ทำให้ผู้เล่นคิดหาวิธีในการขายสินค้า ระบบจำลองเหตุการณ์สภาพอากาศของแต่ละสถานที่ระบบวางแผนการขนส่งสินค้าระบบความ ต้องการของลูกค้าระบบปัญหาที่จะเจอระหว่างเล่นระบบเผ่าพันธ์ที่ต่างวัฒนธรรมและความคิดกันกัน หากต้องการที่จะไปให้ถึงจุดสูงสุดจะต้องหาวิธีชนะเกมและจบเนื้อเรื่องหลัก คำนวณปริมาณ ทรัพยากรที่ผู้เล่นมีสภาพอากาศความต้องการของลูกค้าแต่ละกลุ่มเป้าหมายและสุดท้ายอยากให้คนที่เล่นสนุกไปกับเกมและสามารถนำไปเป็นแนวทางในการต่อยอดธุรกิจได้ [5]

2.1.1 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) การหาค่าเฉลี่ยของการประเมินความคิดเห็นหาได้โดยการเฉลี่ยจากค่าน้ำหนักของข้อมูลที่ได้ เพราะข้อมูลที่ได้มีค่าน้ำหนักต่างกัน จึงต้องใช้สูตรจากการคำนวณทางสถิติ [6] ดังนี้

$$\text{Mean } X = \left(\sum_{i=1}^{n} xi\right) / n$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

xi คือ ผลรวามของข้อมูลทั้งหมด

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของการพัฒนาเกมเพื่อความบันเทิง The Way to Home ในการใช้งานแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมิน

ระดับ	คะแนนเฉลี่ย
1. ระดับมากที่สุด	4.21 - 5.00
2. ระดับมาก	3.41 - 4.20
3. ระดับปานกลาง	2.61 - 3.40
4. ระดับน้อย	1.81 - 2.60
5. ระดับน้อยที่สุด	1.00 - 1.80

2.2. การออกแบบ

การออกแบบเกมควรประกอบด้วย การออกแบบเกมเพลย์ การออกแบบงานศิลปะดิจิทัล การออกแบบเสียง และการออกแบบเนื้อเรื่อง

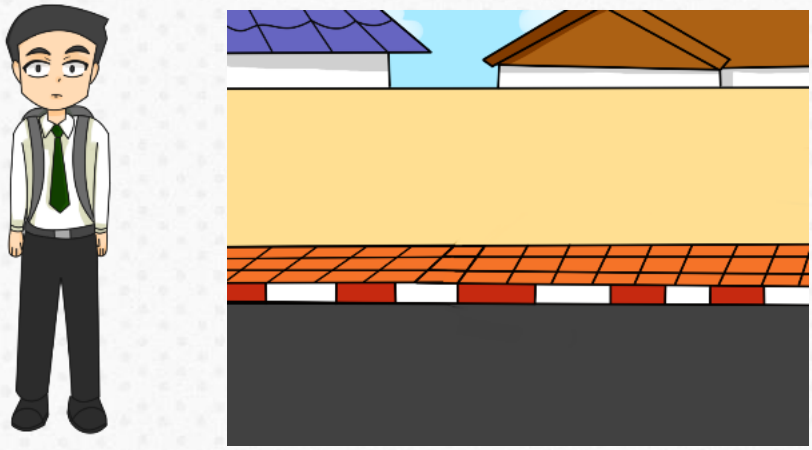
2.2.1 การออกแบบเกม

เกม The Way to Home เป็นเกมแนว 2 มิติ เป็นแนวจำลองสถานการณ์กึ่งวิชวลโนเวล คือ การให้ผู้เล่นได้เล่นเป็นตัวละครนักศึกษา ซึ่งจะเป็นตัวหลักในการดำเนินเรื่องราว เนื้อเรื่องของเกมจะเป็นการที่ตัวละครจะกลับบ้านหลังเลิกเรียน ก็จะพบเจออุปสรรคมากมาย ที่เข้ามาคอยขัดขวางตัวหลัก ซึ่งตัวผู้เล่นจะแพ้ก็ต่อเมื่อเลือกเส้นทางที่อันตราย ผู้เล่นจะชนะก็ต่อเมื่อนำพาตัวละครหลักกลับถึงบ้านได้อย่างปลอดภัย

2.2.2 การออกแบบศิลปะดิจิทัล

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการดำเนินเรื่อง ตัวละคร ฉากหลัง โดยใช้โปรแกรม Paint tool Sai เพราะเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายเหมาะสำหรับมือใหม่ และเหมาะกับคนใช้เมาส์สาย[7]

2.2.2 การออกแบบศิลปะดิจิทัล



ภาพที่ 2 ภาพตัวละครและฉากหลังของเกมเกม The Way to Home ที่ถูกออแบบโดยโปรแกรม Paint tool Sai

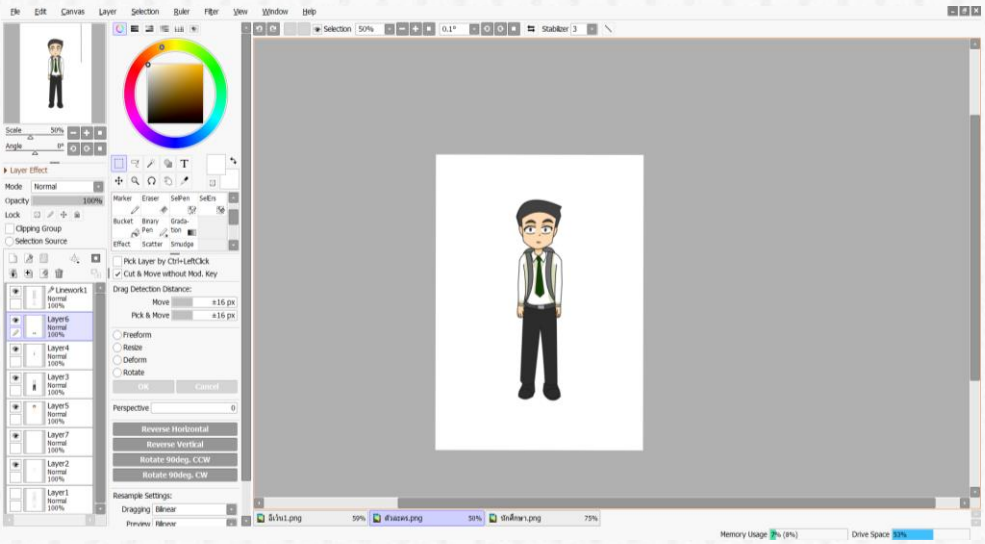
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบข้อเด่น ข้อด้อย ของโปรแกรมสำหรับวาดรูป

ชื่อ	ข้อเด่น	ข้อด้อย
PhotoShop CS6	มี Function เยอะ	ใช้งานยาก ลูกเล่นในการวาดน้อย เพราะไม่ใช่โปรแกรมสำหรับวาดรูปโดยตรงเมื่อเทียบกับโปรแกรมที่ใช้ในการวาดรูปอื่น ๆ
Medibang	ฟรี รองรับหลากหลายแพลทฟอร์ม	มี Function ไม่เยอะ ต้องใช้เวลาศึกษาโปรแกรมพอสมควร
Paint tool Sai	เหมาะสำหรับมือใหม่ ใช้งานง่าย บรัชสวย เหมาะกับคนใช้เมาส์สาย	ใส่ตัวอักษรไม่ได้



ภาพที่ 3 Paint tool Sai โปรแกรมวาดภาพ

Paint Tool SAI ประกอบไปด้วยเครื่องมือสำหรับฝึกวาดภาพ วาดรูป ต่างๆ เช่น Airbrushed Paintbrush เครื่องมือวาดสีน้ำ ดินสอ และยางลบ

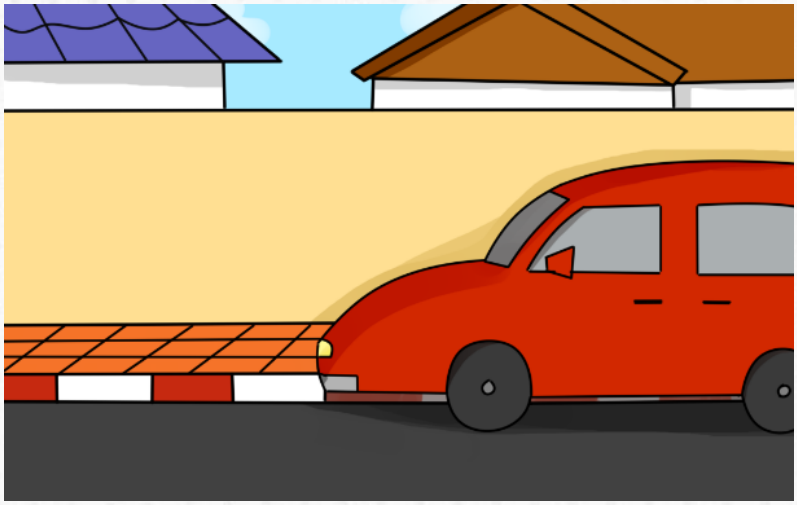


ภาพที่ 4 เป็นการวาดภาพตัวละครโดยใช้โปรแกรมPaint tool Sai

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Paint tool Sai เพื่อออกแบบตัวละครในการใช้ดำเนินเกม The Way to Home โดยร่างตัวละครและแยกเลเยอร์ เพื่อแยกหน้าต่างโดยไม่ให้เกิดการทับซ้อนของสีและเส้นขอบ เลเยอร์แรกจะเป็นการตัดเส้นขอบ ส่วนเลเยอร์อื่นๆ จะเป็นการลงสีและแรเงาตัวละคร



ภาพที่ 5 ตัวละครนักศึกษาชายเป็นตัวละครไว้ดำเนินเรื่องราว เมื่อวาดตัวละครเสร็จให้ Save ไฟล์เป็น .png เพื่อไม่ให้ติดฉากหลังสีขาว



ภาพที่ 6 ฉากหลังของเกม The Way to Home หลังจากวาดตัวละคร ต่อมาก็วาดฉากหลังเพื่อประกอบเกม The Way to Home

2.2.3 การออกแบบเนื้อเรื่อง

เรื่องราวเนื้อเรื่องของเกมจะเป็นการที่ตัวละครจะกลับบ้านหลังเลิกเรียน ก็จะพบเจออุปสรรคมากมาย เช่น นักเลงที่ดักอยู่ทางเดิน มีสุนัขที่ดุขวางทางอยู่ หรืออาจจะโดนคนแปลกหน้าคอยมาติดตามระหว่างทางกลับบ้าน ซึ่งตัวละครหลักจะต้องกลับบ้านอย่างปลอดภัย

2.3. การพัฒนา

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาเกมโดยเลือกใช้โปรแกรม Construct 3 ซึ่งเป็นโปรแกรมพัฒนาเกม 2 มิติที่นิยมและใช้งานง่ายด้วยอินเตอร์เฟสที่เรียบง่ายรองรับการส่งออกไปยัง Windows, MacOS และ Linux [8]

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบข้อเด่น ข้อด้อย ของโปรแกรมสำหรับการพัฒนาเกม

ชื่อ	ข้อเด่น	ข้อด้อย
Unity	ฟรี มี Function เยอะ รองรับทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ใช้ภาษา C#	ต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่อง code
Unreal Engine 4	ฟรี มี Function เยอะ ใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาและสามารถรองรับได้ทั้ง PC , Mac , iOS , Android , Xbox One และ Playstation 4	วิธีใช้ค่อนข้างซับซ้อนและละเอียดจึงเหมาะกับผู้พัฒนาที่มีประสบการณ์พอสมควร
Construct 3	โปรแกรมพัฒนาเกม 2 มิติที่นิยมและใช้งานง่ายด้วยอินเตอร์เฟสที่เรียบง่าย รองรับการส่งออกไปยัง Windows, MacOS และ Linux	เวอร์ชั่นฟรี มีข้อจำกัด



ภาพที่ 7 โปรแกรมของ Construct 3

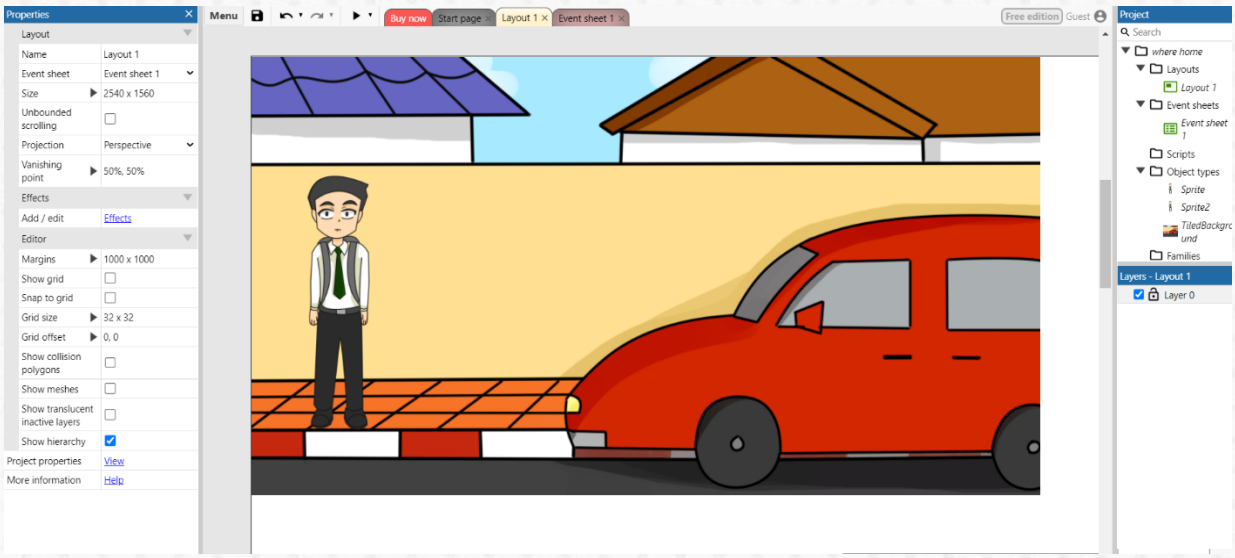
เป็น Game Engine ที่ถูกออกแบบมาให้สามารถสร้างเกม 2D. ออกมาได้โดยไม่ต้องเขียนโค้ด การสร้าง Game Engine Construct 3 สร้างเป็น HTML5 -based 2D แก้ไขเกมที่พัฒนาโดย Scirra จำกัด มันมีวัตถุประสงค์หลักที่ไม่ใช่โปรแกรมเมอร์, ช่วยให้การสร้างอย่างรวดเร็วของเกมผ่านการเขียนโปรแกรมภาพ เปิดตัวครั้งแรกในฐานะเอ็นจิ้น เกมDirectX 9 ที่ได้รับอนุญาตจากGPLสำหรับMicrosoft Windowsพร้อมการเขียนโปรแกรมPythonเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2550 ต่อมาได้กลายเป็นซอฟต์แวร์กรรมสิทธิ์ที่มี Construct 2 รวมถึงเปลี่ยนเทคโนโลยี API จาก DirectX เป็นNW.jsและHTML5เช่นกัน เช่นการลบ Python และเพิ่มการรองรับJavaScriptและปลั๊กอิน SDK ในปี 2012 และในที่สุดก็เปลี่ยนเป็นรูปแบบการสมัครรับข้อมูลเป็นเว็บแอป ปัจจุบัน Construct 3 รองรับการฝังเว็บผ่าน HTML5 การอัปโหลดไปยัง Facebook Instant Games , Construct Arcade ตลอดจนการจัดรูปแบบโฆษณาแบบโต้ตอบ Construct 3 ยังรองรับการส่งออกไปยัง Windows,

MacOS และ Linux ผ่าน NW.js, Android และ iOS ผ่าน Cordova และ Windows Store ผ่าน UWP สร้าง 3 สนับสนุน UWP ยังช่วยให้การส่งออกไปยัง Xbox[9]



ภาพที่ 8 flow chart การใช้งาน Construct 3

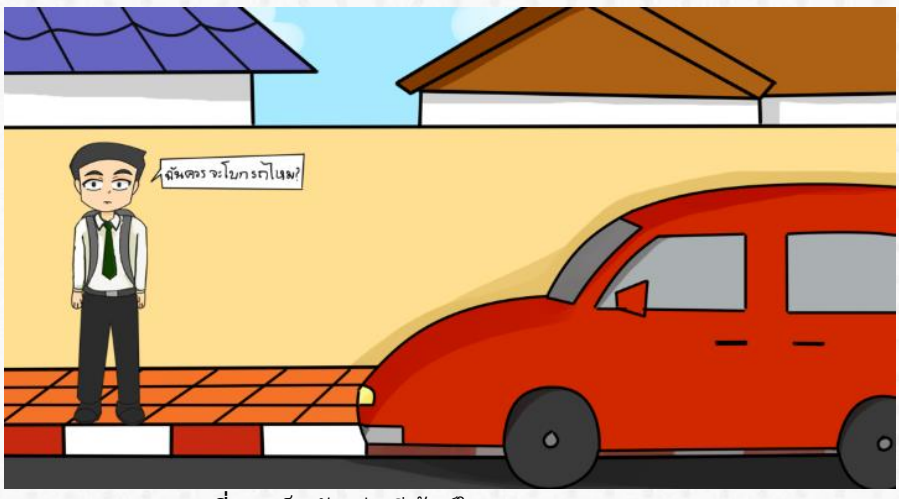
ขั้นตอนในการใช้งาน Construct 3 ดังภาพที่ 8 เริ่มจากการเข้าเว็บไซต์ Construct 3 จากนั้นให้เลือก new project และตั้งชื่อ project พร้อมกับเลือกที่บันทึกไว้ใน drive จากนั้นให้ import รูปภาพที่เตรียมไว้และ save โดยสามารถเลือกเป็นไฟล์ .jpg .gif .png จากนั้นให้เลือกไปที่หน้า event sheet ซึ่งจะเป็นหน้าอินเตอร์เฟสกำหนดระบบของเกมโดยเลือกที่ add event จากนั้นก็ add actionเป็นการกำหนดการควบคุมตัวละคร หรือเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น เมื่อตัวเกมเสร็จสมบูรณ์ให้ export และเลือกแพลตฟอร์มที่ต้องการใช้งาน เช่น window, linux, macOS เป็นต้น



ภาพที่ 9 นำภาพที่ออกแบบจาก Paint tool Sai มาใส่ใน Construct 3

นำภาพที่วาดในโปรแกรม Paint tool Sai มาใส่ใน Construct 3 โดยฉากหลังให้ใส่ในTiled Background และตัวละครให้ใส่ใน Sprite เพื่อนำมาประกอบเป็นฉากในเกม The Way to Home

โดย Construct 3 สามารถให้ตัวเกมดำเนินเรื่องราวได้โดยใช้หน้า Event Sheet จะมีเครื่องมือเป็นชุดคำสั่งสำเร็จรูปโดยให้ลากวางประกอบกัน ซึ่งจะทำให้ตัวเกมสามารถดำเนินเรื่องราวตามลำดับได้โดยที่ไม่ต้องเขียนcode คำสั่ง โดยใช้คำสั่ง add event เลือกตัวละครนักศึกษาและเลือกคำสั่ง platform on landed เพิ่มคำสั่งลงใน add action จากนั้นก็ set animation แล้วเลือกภาพตัวละครนักศึกษาก็จะได้ตัวละครอยู่ในฉาก ต่อมาให้เลือกsimulate control เพื่อเพิ่มคำสั่งการในการควบคุมการเดินของตัวละคร ก็จะสามารถสร้างเกม The Way to Home ให้เสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ 10 เป็นตัวอย่างอีเว้นท์ในเกม The Way to Home

โดย Construct 3 สามารถให้ตัวเกมดำเนินเรื่องราวได้โดยใช้หน้า Event Sheet จะมีเครื่องมือเป็นชุดคำสั่งสำเร็จรูปโดยให้ลากวางประกอบกัน ซึ่งจะทำให้ตัวเกมสามารถดำเนินเรื่องราวตามลำดับได้โดยที่ไม่ต้องเขียนcode คำสั่ง โดยใช้คำสั่ง add event เลือกตัวละครนักศึกษาและเลือกคำสั่ง platform on landed เพิ่มคำสั่งลงใน add action จากนั้นก็

set animation แล้วเลือกภาพตัวละครนักศึกษาก็จะได้ตัวละครอยู่ในฉาก ต่อมาให้เลือกsimulate control เพื่อเพิ่มคำสั่งการในการควบคุมการเดินของตัวละคร ก็จะสามารถสร้างเกม The Way to Home ให้เสร็จสมบูรณ์

2.4. การประเมิน

ผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของการพัฒนาเกมเพื่อความบันเทิง The Way to Home โดยได้นำเกม The Way to Home ไปให้กลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คนทดลองใช้งานและประเมินโดยใช้แบบสอบถาม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของการพัฒนาเกมเพื่อความบันเทิง The Way to Home

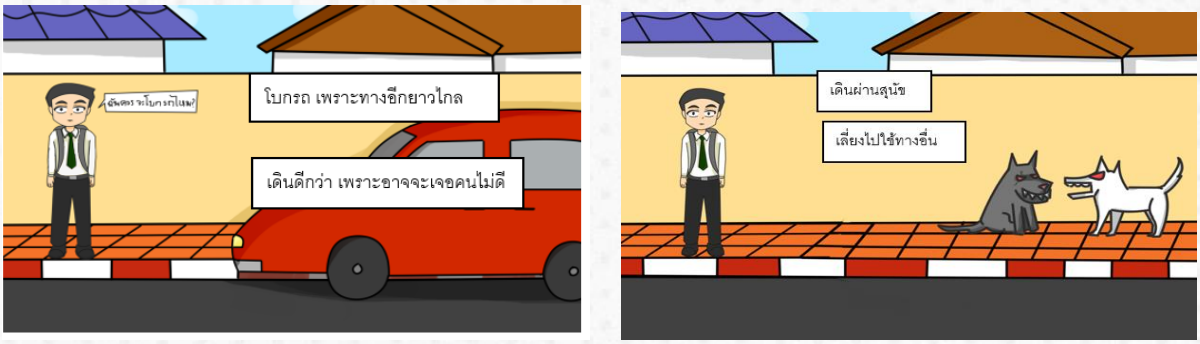
รายการ	ค่าเฉลี่ย($\bar{X}$)	ผลการประเมิน
1.ความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.32	มากที่สุด
2.เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.20	มาก
3.การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม	4.30	มากที่สุด
4.ความน่าสนใจของเนื้อหา	4.40	มากที่สุด
5.ความสอดคล้องระหว่างภาพกับเนื้อหา	4.25	มากที่สุด
6.ความน่าสนใจภาพกราฟิกที่ใช้	4.35	มากที่สุด
7.เสียงดนตรีที่ใช้ประกอบ	4.35	มากที่สุด
รวม	**4.31**	**มากที่สุด**

ผลการประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของการพัฒนาเกมเพื่อความบันเทิง The Way to Home โดยผู้ใช้งานจำนวน 20 คน มีความพึงพอใจในการเล่นเกม The Way to Home ผู้ใช้งานมีความคิดเห็นตรงกันว่า เกม The Way to Home มีความน่าสนใจของเนื้อหาในระดับมากที่สุด($\bar{X}$ = 4.40) รองลงมาคือ เกม The Way to Home มีความน่าสนใจในภาพกราฟิกที่ใช้ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.35) และเสียงดรตรีที่ใช้ประกอบ อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$= 4.35) ค่าเฉลี่ยรวม($\bar{X}$= 4.35, S.D. = 0.67) อยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิจัยการพัฒนาเกมเพื่อความบันเทิง The Way to Home มีดังนี้

3.1 .ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลของเกม The Way to Home



ภาพที่ 11 ตัวอย่างด่านในเกม The Way to Home ฉากที่ 1 และ 2



ภาพที่ 12 ตัวอย่างด่านในเกม The Way to Home ฉากที่ 3

จากการพัฒนาเกมเพื่อความบันเทิง The Way to Home ผู้วิจัยได้พัฒนาเป็นเกม 2 มิติ เพื่อให้ผู้เล่นได้กล้ามีความตัดสินใจเกิดขึ้น ลักษณะของเกมจะมีเป็นด่านเพื่อให้ผู้เล่นได้มีการตัดสินใจว่าจะเลือกเส้นทางการดำเนินเนื้อเรื่องอย่างไรต่อไป หลังจากที่ผู้ใช้งานได้เล่นเกม The Way to Home แล้วจะทำให้ผู้เล่นกล้าตัดสินใจในชีวิตประจำวันได้มากยิ่งขึ้น

4. บทสรุป

เกมมีความสำคัญในชีวิตประจำวัน เพราะเป็นสื่อบันเทิงออนไลน์ที่ผู้คนสามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยเราสามารถเล่นเกมได้ตามเว็บไซต์ต่างๆด้วยอุปกรณ์ใดๆที่สร้างมาเพื่อเล่นเกมนั้นๆซึ่งสร้างความหลากหลายให้กับการเล่นเกม เกมเป็นสิ่งที่ผู้พัฒนาสร้างมาเพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เพื่อความสนุกสนานบันเทิง เพื่อฝึกทักษะ และเพื่อการเรียนรู้ เป็นต้น จากการดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบเกม The Way to Home โดยได้พัฒนามาเป็นระบบที่ สมบูรณ์ได้เอาแนวคิดจำลองสถานการณ์การเดินทางกลับบ้านแล้วให้ความรู้เรื่องการระมัดระวังตัวเรากับผู้อื่นในเกม The Way to Home เพื่อตอบสนองต่อผู้เล่น และสามารถช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินชีวิต ระบบสามารถที่จะจำลองสถานการณ์การเดินทางกลับบ้านแล้วให้ความรู้เรื่องระมัดระวังในการเดินทางกลับบ้านมากยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอกราบขอบพระคุณคณะ อาจารย์ในสาขานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการให้คำปรึกษา แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด ให้คำแนะนำเสมอ งานวิ จัยจึงได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จนงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] playop. 2563. **“เกม คืออะไร มีกี่ประเภท ประโยชน์ของการเล่นเกมมีอะไรบ้าง.”** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.playop.net/ , สืบค้น 15 พฤษภาคม 2564.

[2] เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. 2562. **“วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC).”** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://dol.dip.go.th/th/category/ , สืบค้น 15 พฤษภาคม 2564.

[3] ธีรเมศร์ พันเดช. 2561. **“การพัฒนาเกม 2 มิติ เกมพิชิตสัตว์ร้ายเมืองใต้ดิน Development of 2D Game Survival in Underground City.”** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://dspace.bru.ac.th/ , สืบค้น 17 พฤษภาคม2564.

[4] ธนกฤต แก้วขจร. 2560. **“การผลิตเกม 2 มิติเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาอังกฤษของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 ของโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ.”** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.research.rmutt.ac.th/, สืบค้น 18 พฤษภาคม 2564.

[5] เอกพันธ์ นามสมบูรณ์และพิทักษ์ ตึกสุอินทร์. 2562. “เกม Fantasy World.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://ms.udru.ac.th/, สืบค้น 18 พฤษภาคม 2564.

[6] K. PAIR. 2561. **“การหาค่าเฉลี่ย วิธีหาค่าเฉลี่ยง่ายๆพร้อมสูตรหาค่าเฉลี่ย.”** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://greedisgoods.com/ , สืบค้น 19 พฤษภาคม 2564.

[7] kanyanut maryprasith. 2565. **“อันดับโปรแกรมวาดรูป (ความเห็นส่วนตัว**).” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://prezi.com/p/x-1kh782lo7m/presentation/, สืบค้น 11 มกราคม 2565.

[8] MIKE666. 2563. **“มาทำความรู้จักกับ 11 โปรแกรมสำหรับสร้างเกม สร้างเองเล่นเองก็ยังได้).”** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จา: https://www.sanook.com/game/1059569/https://prezi.com/p/x-1kh782lo7m/presentation/, สืบค้น 11 มกราคม 2565.

การศึกษาทางสรีรวิทยาของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 ที่แยกได้จากธารน้ำร้อนบ่อคลึง อ.สวนผึ้ง จ.ราบชุรี ประเทศไทย

Physiological study of thermophilic cyanobacterium, SC-01 isolated from Bo-Khlueng hot spring, Suan-Phueng District, Ratchaburi province, Thailand.

จิตรลดา รุ้งโรจน์[1] สุชารัตน์ สนองเกียรติ[2] ปิยาภรณ์ จิรวัชรเดช[1] และ อรวรรณ บริรักษ์[1*]

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
[*]Email: borirak_o@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน (Thermophilic cyanobacteria) ในด้านเทคโนโลยีชีวภาพกันอย่างแพร่หลาย เนื่องด้วยไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่รุนแรงได้ดี เช่นอุณหภูมิสูงและความเป็นกรด-ด่างที่มาก ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้จึงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทำให้ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตโดยไซยาโนแบคทีเรีย ไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 ที่แยกบริสุทธิ์ได้จากธารน้ำร้อนบ่อคลึง สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 50-55 °C มีอัตราการผลิตชีวมวลสูงสุดที่ 3.52 mg L^{-1} h^{-1} เมื่อเลี้ยงภายใต้สภาวะ Photoautotrophic พบการสะสมไกลโคเจนที่ 2.38% ของน้ำหนักแห้งของเซลล์ โดยเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวสั้นที่สุดคือ 15.7 h เมื่อเสริมอาหาร BG11 ด้วย D-glucose การสะสมไขมันชนิดพอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต (Polyhydroxybutyrate: PHB) ใน SC-01 ถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR โดยไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 มีแนวโน้มที่จะใช้พัฒนาต่อยอดเพื่อใช้เป็นฐานในการผลิตสารเคมีที่เราสนใจ

คำสำคัญ: สรีรวิทยา ไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน พอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต

Abstract

Nowadays, thermophilic cyanobacteria have been extensively studied for their potential in biotechnological applications. Thermophilic cyanobacteria are highly adaptable to extreme conditions such as elevated temperature and extreme pH**.** These characteristics tend to reduce the problem of microbial contamination thereby reducing production costs and hence, increase the efficiency of bioprocessing by cyanobacteria. Thermophilic cyanobacterium, SC-01 isolated from Bo-Khlueng hot spring, showed the optimum growth at 50-55 °C, with a maximum biomass production rate of 3.52 mg L^{-1} h^{-1}. Under photoautotrophic growth, glycogen accumulated up to 2.38% g/g dry weight. The shortest doubling time of 15.7 h was observed when BG11 was supplemented with D-glucose. Accumulation of

Polyhydroxybutyrate (PHB) in SC-01 was analyzed by ATR-FTIR analysis. Thermophilic cyanobacterium, SC-01 has a potential to be used as a platform to produce chemicals of interest.

Keywords: Physiology, thermophilic cyanobacteria, polyhydroxybutyrate

1. บทนำ

ไซยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ถือกำเนิดบนโลกมานานกว่า 3,500 ล้านปี ถูกจัดอยู่ในโดเมนแบคทีเรีย โดยไซยาโนแบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดแรกบนโลกที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบให้ออกซิเจน (Oxygenic photosynthesis) โดยพลังงานจากแสงนำมาใช้ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อสร้างชีวมวล (Biomass) ไซยาโนแบคทีเรียมีทั้งประเภทเซลล์เดี่ยว (Unicellular) และหลายเซลล์ (Multicellular) บางชนิดสามารถตรึงก๊าซไนโตเจน (N_2 fixation) ในอากาศได้ นอกจากนี้ไซยาโนแบคทีเรียบางชนิดยังสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ที่รุนแรงได้ (Extreme environment) ดังนั้นจึงสามารถพบไซยาโนแบคทีเรียได้ในระบบนิเวศทั้งน้ำจืด น้ำเค็ม น้ำพุร้อน และน้ำแข็งขั้วโลก (Paerl et al., 2000) ไซยาโนแบคทีเรียมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งผลิตสารเคมีที่เราสนใจ เนื่องจากมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่สูง ความสามารถในการเจริญที่รวดเร็ว การทำพันธุวิศวกรรมที่ง่าย และ ความสามารถในการเจริญในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น ที่อุณหภูมิสูง ความเค็มสูง และ pH สูง เมื่อเทียบกับพืชและสาหร่ายยูคาริโอต (Angermayr et al., 2009; Xue & He, 2015)

ปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน (Thermophilic cyanobacteria) ในด้านเทคโนโลยีชีวภาพกันอย่างแพร่หลาย เช่น การประยุกต์ใช้ไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อนเพื่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuels) ได้แก่ ไบโอเอทานอล ไบโอดีเซล ไบโอไฮโดรเจน เป็นต้น การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ใช้ในด้านการแพทย์ การผลิตรงควัตถุ อาหารเสริมวิตามิน การประยุกต์ใช้เพื่อการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตร (Patel et al., 2019) รวมถึงการผลิตพอลิไฮดรอกซีบิวทิเรต (Polyhydroxybutyrate: PHB) ซึ่งจัดเป็นพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพ (P R. et al., 2021) โดยไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อนมีการสะสม PHB มากกว่าไซยาโนแบคทีเรียชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic cyanobacteria) เช่น *Synechococcus* sp. MA19 และ *Thermosynechococcus elongatus* BP-1 ที่มีการสะสม PHB อยู่ที่ 27% ของน้ำหนักแห้ง (Miyake et al., 1996) และ 14.5% ของน้ำหนักแห้ง (Eberly & Ely, 2012) ตามลำดับ โดยศักยภาพของการใช้ไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อนเพื่อการผลิตสารที่เราสนใจ ได้แก่ การลดปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์โดยเฉพาะในการเพาะเลี้ยงขนาดใหญ่ที่มีระยะเวลาการดำเนินงานที่ยาวนานให้มีความเสถียรมากขึ้น รวมถึงลดปัญหาความต้องการของระบบหล่อเย็นที่พบในการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียชอบอุณหภูมิปานกลางในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบใช้แสง (Photobioreactor) ที่มีการใช้ความเข้มแสงสูงและระยะแสงสั้น ทำให้ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตโดยไซยาโนแบคทีเรีย

ในการศึกษานี้จึงสนใจที่จะศึกษาสรีรวิทยา ได้แก่ อัตราการเจริญที่อุณหภูมิต่าง ๆ ความสามารถในการใช้กลูโคส ปริมาณการสะสมไกลโคเจน และชนิดของไขมันที่สะสมของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 ที่แยกบริสุทธิ์ได้จากธารน้ำร้อนบ่อคลึง อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี (Borirak et al., 2018)

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 อัตราการเจริญและอัตราการผลิตชีวมวลของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01

เลี้ยงเชื้อ Pre-culture ของ SC-01 ที่ OD_{730} ประมาณ 0.2 ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml ที่มีอาหาร BG-11 (Stanier et al., 1971) ที่เสริมด้วย 10 mM $NaHCO_3$ pH 8.0 ปริมาตร 50 ml บ่มใน Incubator shaker (GFL 3033) ที่อุณหภูมิ 50 °C เขย่าที่ 120 รอบต่อนาที ภายใต้ความเข้มแสงประมาณ 20-30 µmol m^{-2} s^{-1} จากหลอดฟลูออเรสเซนต์

เป็นวลา 7 วัน จากนั้นลงเชื้อที่ปริมาตรเท่าเดิมจำนวน 3 ซ้ำ บ่มที่สภาวะเดิมเป็นเวลา 6 วัน วัดการเจริญของเชื้อทุกวันที่ OD_{730} โดย Spectrophotometer (Cecil CE1011) และวัดชีวมวลด้วยวิธีการกรองและอบให้แห้ง (Du et al., 2016) ทำซ้ำอุณหภูมิ 55 °C และ 60 °C

2.2 อัตราการเจริญและปริมาณการสะสมไกลโคเจนของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 เมื่อเสริมด้วยกลูโคส

เลี้ยงเชื้อ Pre-culture ของ SC-01 อายุ 7 วัน ที่เลี้ยงในอาหาร BG-11 ที่เสริมด้วย 10 mM $NaHCO_3$ pH 8.0 ที่ OD_{730} ประมาณ 0.1 ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml ที่มีอาหาร BG-11 ที่เสริมด้วย 10 mM $NaHCO_3$ pH 8.0 และ 5 mM glucose ปริมาตร 50 ml บ่มใน Incubator shaker (GFL 3033) ที่อุณหภูมิ 50 °C เขย่าที่ 120 รอบต่อนาที ภายใต้ความเข้มแสงประมาณ 20-30 µmol m^{-2} s^{-1} จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นวลา 3 วัน วัดการเจริญของเชื้อที่ OD_{730} โดย Spectrophotometer (Cecil CE1011) วันละ 2 ครั้ง และเก็บเซลล์วันสุดท้ายปริมาตร 2 ml โดยการปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 x *g* (Eppendorf MiniSpin) เป็นเวลา 5 นาที เพื่อวัดประมาณไกลโคเจน

2.3 การสกัดและวัดปริมาณไกลโคเจน

สกัดและวัดปริมาณไกลโคเจนด้วยวิธี Phenol-Sulfuric acid (Zavřel et al., 2018) โดยละลายตะกอนเซลล์ในเมทานอลเย็น (4 °C) ปริมาตร 1 ml บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15,000 x *g* (Eppendorf Centrifuge 5425 R) เป็นเวลา 5 นาที ทิ้งส่วนใสแล้วเติม 30% KOH ปริมาตร 400 µl บ่มที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 90 นาที รอให้เย็น 10 นาทีแล้วเติมเอทานอลเย็น (4 °C) ปริมาตร 1.2 ml บ่มที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นเวลา 1 คืน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 20,000 x *g* ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 60 นาที ทิ้งส่วนใสและระเหยเอทานอลด้วยเครื่อง SpeedVac (Savant) ที่อุณหภูมิ 60 °C จากนั้นเติม 1 M HCl ปริมาตร 100 µl ลงในตะกอนที่แห้ง บ่มที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 30 นาที รอให้เย็น 10 นาที เติม 1 M HCl ปริมาตร 100 µl จากนั้นเติมน้ำปริมาตร 300 µl นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15,000 x *g* เป็นเวลา 10 นาที และดูดส่วนใสปริมาตร 500 µl ใส่ในหลอดใหม่ เติม 5% Phenol ปริมาตร 500 µl บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแบ่งตัวอย่างใส่ใน 96-well plate ปริมาตร 60 µl และเติม 96% H_2SO_4 ปริมาตร 150 µl บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที และวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 nm ด้วยเครื่อง Microplate reader (Thermo Scientific Multiskan) เทียบกับสารมาตรฐานกลูโคส (Himedia)

2.4 การสกัดไขมันและวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของไขมันด้วยเทคนิค ATR-FTIR spectrophotometry

วิธีการสกัดไขมันได้ประยุกต์ใช้ตามรายงานของ (Rawte & Mavinkurve, 2002; Santhanam & Sasidharan, 2010) โดยเก็บชีวมวลไซยาโนแบคทีเรียที่มีอายุประมาณ 18-19 วัน โดยการปั่นเหวี่ยงที่ 6000 x *g* เป็นเวลา 10 นาที ทำให้แห้งด้วยวิธี lyophilization จากนั้นไขมันจะถูกสกัดโดยนำเซลล์แห้งละลายใน 2% โซเดียมไฮโปคลอไรด์ บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 8000 x *g* เป็นเวลา 20 นาที เก็บตะกอนไขมันล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 8000 x g เป็นเวลา 20 นาที ล้างตะกอนด้วยอะซิโตนและเมทานอล ตามลำดับ จากนั้นแช่ตะกอนไขมันในคลอโรฟอร์มที่อุณหภูมิ 60 °C จนกว่าตะกอนจะละลายหมด กรองและระเหยคลอโรฟอร์มด้วยเครื่อง Rotary evaporator (IKA) วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของไขมันด้วย FTIR spectrophotometer (Perkin Elmer spectrum 100 spectrometer) ในช่วงสเปกตรัม 650 - 4000 cm^{-1} (4 scans) และใช้ PHB (Sigma) เป็นสารมาตรฐาน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 อัตราการเจริญและอัตราการผลิตชีวมวลของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01

เมื่อเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 ที่อุณหภูมิ 50 °C, 55 °C และ 60 °C ภายใต้การเจริญแบบ Photoautotrophic พบว่า SC-01 เจริญได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 55 °C โดยมีอัตราการเจริญจำเพาะ (µ) และเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัว (T_d) ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการทดลองเป็นไปตามที่คาดเมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิของน้ำบริเวณที่เก็บตัวอย่างมาแยก

บริสุทธิ์คือที่ประมาณ 56 °C โดยอัตราการเจริญจำเพาะลดลงเล็กน้อยที่อุณหภูมิ 50 °C และที่อุณหภูมิ 60 °C แสดงอัตราการเจริญที่ช้าที่สุดเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่น ๆ และมีความแปรผันสูงระหว่างซ้ำของการทดลองโดยอาจเป็นผลมาจากอัตราการระเหยของน้ำที่สูงทำให้เกิดความแปรผันของความเข้มแสงที่ได้รับในแต่ละขวดทดลอง แม้ว่าจะมีการเติมน้ำทุกวันเพื่อควบคุมปริมาตรของของเหลวให้คงที่ อย่างไรก็ตามพบอัตราการผลิตชีวมวลสูงสุดที่อุณหภูมิ 50 °C คือ 2.20 mg L^{-1} h^{-1} ซึ่งแตกต่างกับอัตราการผลิตชีวมวลที่อุณหภูมิ 55 °C และ 60 °C อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) เมื่อเทียบอัตราการผลิตชีวมวลของ SC-01 กับไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อนอื่น ๆ เช่น *Thermosynechococcus* sp. CL-1 (Su et al., 2013) และ *Thermosynechococcus elongatus* BP-1 (Bergmann & Trösch, 2016) ที่มีอัตราการผลิตชีวมวลอยู่ที่ 116 และ 120 mg L^{-1} h^{-1} ตามลำดับ ถือว่า SC-01 มีอัตราการผลิตชีวมวลที่น้อยกว่ามาก อย่างไรก็ตามอัตราการเจริญและอัตราการผลิตชีวมวลของไซยาโนแบคทีเรียแปรผันตรงกับความเข้มแสงที่ใช้อย่างมีนัยสำคัญ โดยในการทดลองนี้กับการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นความเข้มแสงที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงน้อยกว่ากันถึงประมาณ 50 เท่า (780-1,000 µmol m^{-2} s^{-1}) รวมถึงวิธีการเพาะเลี้ยงและปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำ (Dissolved Inorganic Carbon: DIC) อัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส ก็ส่งผลโดยตรงกับการเจริญของไซยาโนแบคทีเรีย

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญจำเพาะ เวลาที่ใช้ในการแบ่งตัว และอัตราการผลิตชีวมวลของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01

อุณหภูมิ (°C)	อัตราการเจริญจำเพาะ (h^{-1}) *	เวลาที่ใช้ในการแบ่งตัว (h) *	อัตราการผลิตชีวมวล (mg L^{-1} h^{-1}) *
50	0.0123 ± 0.0007	56.1 ± 8.3	2.13 ± 0.15**
55	0.0134 ± 0.0001	51.6 ± 0.5	1.62 ± 0.06
60	0.0109 ± 0.0023	69.1 ± 9.7**	1.46 ± 0.29

* ข้อมูลที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± SD ของ 6 biological replicates

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) คำนวณจาก *t* Test

3.2 อัตราการเจริญและปริมาณการสะสมไกลโคเจนของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 เมื่อเสริมด้วย D-glucose

อัตราการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 เมื่อเสริมด้วย 5 mM D-glucose เร็วกว่าเมื่อเสริมด้วย 10 mM $NaHCO_3$ เพียงอย่างเดียว (control) อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 2 ในขณะที่มีการสะสมไกลโคเจน (% Glycogen) น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากอาหารสะสมถูกนำไปใช้เพื่อส่งเสริมการเจริญให้เร็วขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอัตราการผลิตชีวมวล โดยพบว่าเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวของ SC-01 ที่อุณหภูมิ 50 °C เร็วกว่าในการทดลองแรกประมาณ 3 เท่า คาดว่าความบริสุทธิ์ของน้ำที่ใช้ในการเตรียมอาหาร BG-11 มีผลกับการละลายของเกลือแร่ที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร โดยในการทดลองแรกใช้น้ำกลั่นในขณะที่การทดลองที่สองใช้น้ำ ultrapure (18.2 MΩ.cm) โดยปริมาณการสะสมไกลโคเจนที่พบใน SC-01 มีค่าใกล้เคียงกับที่พบใน *T. elongatus* BP-1 (2.5% g/g) เมื่อเลี้ยงในสภาวะที่มี DIC ความเข้มข้นระหว่าง 5-60 mM (Eberly & Ely, 2012) ในขณะที่ *Thermosynechococcus* sp. CL-1 พบการสะสมคาร์โบไฮเดรตมากกว่าคือ 8.6% g/g เมื่อเลี้ยงในสภาวะที่มี DIC ความเข้มข้น 9.4 mM (Hsueh et al., 2009)

ตารางที่ 2 อัตราการเจริญจำเพาะ เวลาที่ใช้ในการแบ่งตัว อัตราการผลิตชีวมวล และปริมาณการสะสมไกลโคเจนของไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 เมื่อเสริมด้วย D-glucose

	อัตราการเจริญจำเพาะ (h^{-1}) *	เวลาที่ใช้ในการแบ่งตัว (h) *	อัตราการผลิตชีวมวล (mg L^{-1} h^{-1}) *	%Glycogen (g/g) *
Control	0.044 ± 0.002	17.3 ± 0.3	3.52 ± 0.18	2.38 ± 0.31
D-glucose	0.040 ± 0.001**	15.7 ± 0.6**	3.51 ± 0.02	1.84 ± 0.27**

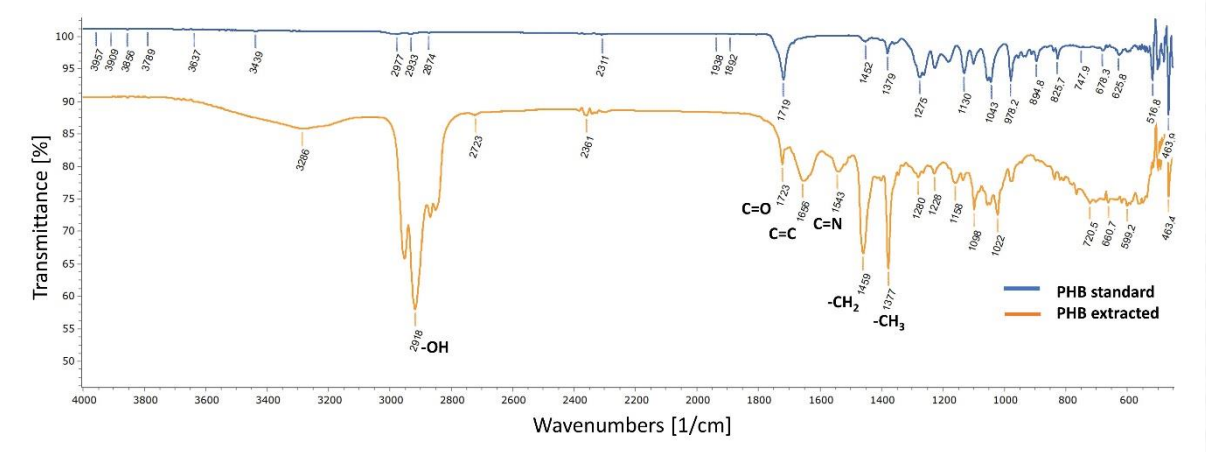
* ข้อมูลที่แสดงคือค่าเฉลี่ย ± SD ของ 3 biological replicates

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คำนวณจาก *t* Test

ปัจจุบันพบว่าไซยาโนแบคทีเรียหลายชนิดที่จัดเป็น Strict photoautotroph สามารถที่จะใช้ทั้งอินทรีย์คาร์บอนและอนินทรีย์คาร์บอนในการเจริญขึ้นกับสภาวะการเจริญ อิทธิพลของช่วงแสง (light regime) การมีอยู่ของสารยับยั้งการสังเคราะห์แสง เช่น *Anabaena* sp. PCC 7120 (D-fructose), *Synechococcus* sp. PCC 7942 (D-glucose) *Prochlorococcus* sp. SS120 (D-glucose) และ *T. elongatus* BP-1 (D-fructose) ซึ่งต่างจากความเชื่อแต่ก่อนที่ว่าไซยาโนแบคทีเรียส่วนใหญ่รวมถึงไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อนทั้งหมดเป็นจุลินทรีย์ประเภท Strict photoautotroph มีเพียงไซยาโนแบคทีเรียชอบอุณหภูมิปานกลางบางชนิด เช่น *Synechocystis* sp. PCC 6803 ที่สามารถใช้ D-glucose ได้ (Photomixotrophic) (Zilliges & Dau, 2016)

3.3 ไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 มีการสะสมไขมันชนิด PHB

ผลการศึกษาพบว่าไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 มีการสะสมไขมันชนิด PHB จากรูปแบบสเปกตรัมการดูดกลืนของไขมันที่สกัดได้มีความคล้ายคลึงกับรูปแบบสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของ PHB มาตรฐาน (ภาพที่ 1) โดยพบการดูดกลืนแสงที่ 1723 cm^{-1} (C=O) ที่รายงานว่าเป็นเครื่องหมายสำหรับโมเลกุล PHB (Kansiz et al., 2000) อย่างไรก็ตามมียอดการดูดกลืนแสงที่มากของ amide I และ II (1543-1656 cm^{-1}) ในไขมันที่สกัดได้ซึ่งแสดงถึงการปนเปื้อนของโปรตีน ดังนั้นการกำจัดสารปนเปื้อนในชีวมวล เช่น การบ่มด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่นานขึ้น หรือวิธีการต่าง ๆ ในการกำจัดรงควัตถุก่อนการสกัด PHB จึงจำเป็นหากต้องการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่นของ PHB ที่จำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์สูง



ภาพที่ 1 ATR-FTIR สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของ PHB ที่สกัดได้ (เส้นสีเหลือง) กับ PHB มาตรฐาน (เส้นสีน้ำเงิน)

4. บทสรุป

ไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 ที่แยกบริสุทธิ์ได้จากธารน้ำร้อนบ่อคลึง อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 50-55 °C โดยเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวสั้นที่สุดคือ 15.7 h มีอัตราการผลิตชีวมวลสูงสุดที่ 3.52 mg L^{-1} h^{-1} สะสมไกลโคเจนที่ 2.38 % ของน้ำหนักแห้งของเซลล์ และมีการสะสมไขมันชนิด PHB โดยไซยาโนแบคทีเรียชอบร้อน SC-01 มีแนวโน้มที่จะใช้พัฒนาต่อยอดเพื่อใช้เป็นฐานในการผลิตสารเคมีที่เราสนใจ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย นวัตกรรมและสร้างสรรค์ ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ 2562 (SRIF-PRG-2562-07)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Angermayr, S. A., Hellingwerf, K. J., Lindblad, P., & de Mattos, M. J. T. (2009). Energy biotechnology with cyanobacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, *20*(3), 257–263.

[2] Bergmann, P., & Trösch, W. (2016). Repeated fed-batch cultivation of *Thermosynechococcus elongatus* BP-1 in flat-panel airlift photobioreactors with static mixers for improved light utilization: Influence of nitrate, carbon supply and photobioreactor design. *Algal Research*, *17*, 79–86.

[3] Borirak, O., Tongarama, T., Romreun, U., & Waithaisonga, K. (2018). Isolation and screening of bioplastic (poly-β-hydroxybutyrate) producing thermophilic cyanobacteria from Bo-Khlueng hot spring. *Proceedings of the International BioScience Conference and the 7th Joint International PSU-UNS BioScience Conference 2018 Krabi, Thailand*, 171–175.

[4] Du, W., Jongbloets, J. A., Pineda Hernández, H., Bruggeman, F. J., Hellingwerf, K. J., & Branco dos Santos, F. (2016). Photonfluxostat: A method for light-limited batch cultivation of cyanobacteria at different, yet constant, growth rates. *Algal Research*, *20*, 118–125.

[5] Eberly, J. O., & Ely, R. L. (2012). Photosynthetic accumulation of carbon storage compounds under CO_2 enrichment by the thermophilic cyanobacterium *Thermosynechococcus elongatus*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, *39*(6), 843–850.

[6] Hsueh, H. T., Li, W. J., Chen, H. H., & Chu, H. (2009). Carbon bio-fixation by photosynthesis of *Thermosynechococcus* sp. CL-1 and *Nannochloropsis oculta*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *95*(1), 33–39.

[7] Kansiz, M., Billman-Jacobe, H., & McNaughton, D. (2000). Quantitative determination of the biodegradable polymer Poly(beta-hydroxybutyrate) in a recombinant *Escherichia coli* strain by use of mid-infrared spectroscopy and multivariative statistics. *Applied and Environmental Microbiology*, *66*(8), 3415–3420.

[8] Miyake, M., Erata, M., & Asada, Y. (1996). A thermophilic cyanobacterium, *Synechococcus* sp. MA19, capable of accumulating poly-β-hydroxybutyrate. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, *82*(5), 512–514.

[9] P R., Y., Das, M., & Maiti, S. K. (2021). Recent progress and challenges in cyanobacterial autotrophic production of polyhydroxybutyrate (PHB), a bioplastic. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *9*(4), 105379.

[10] Patel, A., Matsakas, L., Rova, U., & Christakopoulos, P. (2019). A perspective on biotechnological applications of thermophilic microalgae and cyanobacteria. *Bioresource Technology*, *278*, 424–434.

[11] Rawte, T., & Mavinkurve, S. (2002). A rapid hypochlorite method for extraction of polyhydroxy alkanoates from bacterial cells. *Indian Journal of Experimental Biology*, *40*(8), 924–929.

[12] Santhanam, A., & Sasidharan, S. (2010). Microbial production of polyhydroxy alkanotes (PHA) from *Alcaligens* spp. And *Pseudomonas oleovorans* using different carbon sources. *African Journal of Biotechnology*, *9*(21), 3144–3150.

[13] Stanier, R. Y., Kunisawa, R., Mandel, M., & Cohen-Bazire, G. (1971). Purification and properties of unicellular blue-green algae (order Chroococcales). *Bacteriological Reviews*, *35*(2), 171–205.

[14] Su, C. M., Hsueh, H. T., Li, T. Y., Huang, L. C., Chu, Y. L., Tseng, C. M., & Chu, H. (2013). Effects of light availability on the biomass production, CO_2 fixation, and bioethanol production potential of *Thermosynechococcus* CL-1. *Bioresource Technology*, *145*, 162–165.

[15] Xue, Y., & He, Q. (2015). Cyanobacteria as cell factories to produce plant secondary metabolites. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *3*, 57.

[16] Zavřel, T., Očenášová, P., Sinetova, M. A., & Červený, J. (2018). Determination of storage (starch/glycogen) and total saccharides content in algae and cyanobacteria by a phenol-sulfuric acid method. *Bio-Protocol*, *8*(15), e2966.

[17] Zilliges, Y., & Dau, H. (2016). Unexpected capacity for organic carbon assimilation by *Thermosynechococcus elongatus*, a crucial photosynthetic model organism. *FEBS Letters*, *590*(7), 962–970.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระถางเพาะชำย่อยสลายได้จากวัสดุเหลือทิ้งของอุตสาหกรรมการเกษตร

Comparison of the efficiency of biodegradable nursery pots from agricultural waste materials

วรนุช ดีละมัน[1*] กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล[2] และ กิติยศ ตั้งสัจจวงศ์[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[*]Email: woranuch.d@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบกระถางเพาะชำที่สามารย่อยสลายได้จากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มน้ำมันที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรร่วมกับกากกาแฟ โดยกำหนดอัตราส่วนในการขึ้นรูปกระถางทั้งหมด 5 อัตราส่วน ประกอบด้วย กากกาแฟ (100 %) กากกาแฟต่อเส้นใยมะพร้าว (90:10 และ 80:20) และกากกาแฟต่อเส้นใยปาล์ม (90:10 และ 80:20) ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล คือความแข็งแรงของกระถางเมื่อถูกแรงกดอัด ค่าการพองตัว ค่าการดูดซึมน้ำ และดัชนีการแตกร่วน ผลการศึกษาพบว่า กระถางอัตราส่วนระหว่างกากกาแฟต่อเส้นใยปาล์มเท่ากับ 90:10 มีความเหมาะต่อการใช้งานมากที่สุด สามารถขึ้นรูปได้ง่ายคงสภาพได้ดีไม่เกิดการบิดเบี้ยว ค่าความแข็งแรงสูงสุดในการรับแรงกดอัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.07 MPa ร้อยละการพองตัวของกระถางที่เวลา 1 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.93 ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.40 และผลการทดสอบค่าดัชนีการแตกร่วนพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.00 อย่างไรก็ตามกระถางทั้งหมดที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงตามความเหมาะสมกับพืชที่นำมาปลูก

คำสำคัญ: กระถางเพาะชำย่อยสลายได้, เส้นใยมะพร้าว, เส้นใยปาล์ม, กากกาแฟ

Abstract

The objective of this study was to determine and compare the biodegradable nursery pots from coconut fibers and palm fibers, which were waste from the agro-industry with waste coffee grounds. All five pot molding ratios were determined, consisting of waste coffee grounds (100 %), waste coffee grounds to coconut fibers (90:10 and 80:20), and waste coffee grounds to palm fibers (90:10 and 80:20). The compressive strength, swelling, water absorption, and friability index were investigated. The results showed that the ratio between waste coffee grounds and palm fibers of 90:10 is most suitable for use because can be easily molded, maintains good condition, and does not distort. It was found the average maximum compressive strength is 2.07 MPa. At one hour, the pots' swelling and water absorption values

were 11.93 and 21.40 percent, respectively, and the friability index was 1.00. However, we discovered that every pot created for this study may be used.

Keywords: biodegradable nursery pots, coconut fibers, palm fibers, waste coffee grounds

1. บทนำ

กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมทางการเกษตรและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหารนอกจากจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ตามความต้องการแล้วนั้น ปัจจุบันยังพบว่ากระบวนการในการผลิตของอุตสาหกรรมเหล่านี้ยังก่อให้เกิดขยะและของเสียตามมาอีกจำนวนมาก ของเสียบางประเภทเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ก่อให้เกิดผลกระทบในเชิงลบ เช่น ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาในด้านการจัดหาแนวทางกำจัดมลพิษที่เพิ่มมากขึ้น และปัญหาด้านความมั่นคงของอุตสาหกรรมเองเนื่องจากจำเป็นต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้นในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในอุตสหกรรมเหล่านี้มีปริมาณที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับแนวทางในการบริหารจัดการ ตัวอย่างปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารและผลิตผลทางการเกษตรในทวีปยุโรปพบว่ามีปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตประมาณ 250 ล้านตันต่อปี [1] นอกจากนี้ในประเทศอิตาลีพบว่ามีของเสียในแต่ละปีประมาณ 37 ล้านตันจากอุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ [2] ในอดีตพบว่าของเสียประเภทอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายและไม่เป็นอันตรายจะถูกนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์และปุ๋ย หลายประเทศได้ออกแนวทางและนโยบายต่างๆเกี่ยวกับการจัดการแก้ปัญหาขยะเหล่านี้ขึ้น เช่นการส่งเสริมเรื่องการคัดแยกขยะ การรีไซเคิล การแปลงขยะให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่าได้ แนวทางเหล่านี้ส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะได้ค่อนข้างดี [3] ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมแปรรูปมะเขือเทศในทวีปยุโรปพบว่ามีปริมาณการแปรรูปอยู่ที่ประมาณ 10 ล้านตันต่อปี ก่อให้เกิดของเสียอยู่ที่ประมาณ 0.1 ล้านตันต่อปี ประกอบด้วยเศษเหลือจากกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนเส้นใย เมล็ดและเปลือกที่มีโพลีแซ็กคาไรด์ในปริมาณสูง เช่นเพคตินและสารเคมีสำคัญอื่น ๆ เช่นแคโรทีนอยด์โดยเฉพาะสารไลโคปีนซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ [4] การนำของเหลือทิ้งเหล่านี้กลับมาใช้เป็นวัตถุดิบอีกครั้งพบว่าสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอุตสาหกรรมมะเขือเทศได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารไลโคปีนมีราคาอยู่ที่ประมาณ 50,000 ยูโรต่อกิโลกรัม

สำหรับประเทศไทยขึ้นชื่อว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมมีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆของโลก ในกระบวนการเพาะปลูกพืชซึ่งเป็นวิธีการปฏิบัติสากลจะเริ่มต้นจากการเพาะเมล็ดพันธุ์หรือต้นอ่อนของพืชที่ต้องการให้มีความแข็งแรงก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนการย้ายพืชไปยังสถานที่ปลูกหรือโรงเรือนสำหรับปลูกพืชต่อไป [5,6] เกษตรกรส่วนใหญ่ในประเทศไทยนิยมใช้ถาดพลาสติกสำหรับเพาะเมล็ดพันธุ์เป็นหลักซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายในการเคลื่อนย้าย และวิธีการเพาะในถาดจะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของต้นกล้าได้ดี อย่างไรก็ตามการเพาะต้นกล้าในถาดเพาะชำพลาสติกจะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับรากพืชที่มักจะงอกวนรอบกระถางเนื่องจากไม่สามารถเจาะผ่านพลาสติกได้ซึ่งอาจส่งผลให้รากพืชเกิดความเสียหายและมีอัตรารอดน้อยลงเมื่อทำการย้ายที่ปลูก [7] ถาดเพาะชำและกระถางต้นไม้ส่วนใหญ่ทำมาจากวัตถุดิบที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น โพลีสไตรีน (polystyrene) และโพลิเอทิลีน (polyethylene) มีคุณสมบัติเชิงกลที่ทนทานต่อการย่อยสลายทางเคมีและจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามพบว่าการกำจัดพลาสติกเพาะชำหลังจากการใช้งานมีค่าใช้จ่ายที่สูง ส่วนใหญ่ขยะที่เหลือจะถูกกำจัดอย่างผิดวิธี เช่นการขุดหลุมฝังกลบและการเผา ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติมาทดแทนวัสดุที่ทำมาจากพลาสติกจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณขยะ และลดปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจก และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุทางการเกษตรอีกด้วย [8, 9, 10] กระถางชีวภาพเมื่อถูกฝังกลบในดินจะมีคุณสมบัติที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติและเปลี่ยนเป็นชีวมวลและอนินทรีย์สาร เช่น คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สำหรับกระถางที่ย่อยสลายได้ถูกวิจัยและผลิตมาแล้วในหลายประเทศ เช่น อังกฤษ ออสเตรเลีย และ นอร์เวย์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเส้นใยพืช เช่น ข้าว แป้ง หญ้า อายุการใช้งานอยู่ที่ 1 เดือนถึง 1 ปี

จุดมุ่งหมายในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของกระถางชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารเพื่อให้ได้มาซึ่งกระถางที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ และอุปกรณ์

กากกาแฟ เส้นใยมะพร้าว เส้นใยปาล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl Alcohol) เครื่องอัดขึ้นรูปกระถาง กระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 500 กรัม เครื่อง Universal Testing Machine และตู้อบลมร้อน



รูปที่ 1 (ก) การเตรียมกากกาแฟ (ข) เส้นใยมะพร้าว และ (ค) เส้นใยปาล์ม

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 นำวัสดุ ซึ่งประกอบด้วย กากกาแฟ เส้นใยมะพร้าว เส้นใยปาล์ม ไปตากให้แห้งจากนั้นนำเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มมาคัดแยกเศษที่มีขนาดใหญ่ออก และทำการตัดเส้นใหญ่ให้มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร เตรียมโพลีแอลกอฮอล์ ในน้ำ 600 มิลลิลิตร ต่อ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 120 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร นำไปตั้งไฟและใช้แท่งแก้วคนสารคนให้กาวละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

2.2.2 ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ นำกากกาแฟ เส้นใยมะพร้าว และเส้นใยปาล์มชั่งให้ได้น้ำหนักที่กำหนดตามอัตราส่วนดังนี้ สูตรที่ 1 อัตราส่วนกากกาแฟ คือ 100: 0 สูตรที่ 2 อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยมะพร้าว คือ 90: 10 สูตรที่ 3 อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยมะพร้าว คือ 80: 20 สูตรที่ 4 อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยปาล์ม คือ 90: 10 และ สูตรที่ 5 อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยปาล์ม คือ 80: 20 นำวัสดุที่เตรียมตามอัตราส่วนที่กำหนดใส่ในภาชนะนำตัวประสานที่เตรียมไว้ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำวัสดุใส่ในแม่พิมเครื่องอัดกระถางอัดเนื้อวัสดุให้แน่น นำกระถางที่ขึ้นรูปเสร็จไปตากแดดจนกระทั่งกระถางแห้งสนิทเพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพของกระถางต่อไป

2.2.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของกระถางชีวภาพ

2.2.3.1 การทดสอบความแข็งแรงของกระถาง เตรียมกระถางที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานทั้ง 5 สูตร สูตรละ 3 ใบ เข้าทดสอบความสามารถในการรับแรงอัดในแนวดิ่งด้วยเครื่อง Universal Testing Machine อ่านค่าแรงกดจากหน้าปัด และบันทึกค่าแรงกดของกระถางต้นไม้แต่ละใบ

2.2.3.2 การทดสอบความพองตัวของกระถาง ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ขนาด 50×50 มิลลิเมตร จำนวน 5 สูตร สูตรละ 3 ชิ้นวัดความหนาชิ้นทดสอบทั้ง 4 มุม ด้วยเวอร์เนียร์บันทึกค่าที่วัดได้ จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำสะอาดในภาชนะที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ แต่ละชิ้นห่างกันและต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่น้ำครบ 1 ชั่วโมง แล้วให้นำชิ้น

ทดสอบขึ้นมาและซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด และวัดความหนาชิ้นทดสอบด้วยเวอร์เนียร์อีกครั้ง บันทึกผลนำค่าทั้งหมดที่ได้มาคำนวณตามสมการที่ (1)

$$ร้อยละการพองตัวทางความหนา = \frac{[(น้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำ - น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ)] \times 100}{น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ} \quad (1)$$

2.2.3.3 การทดสอบความดูดซึมน้ำ เตรียมกระถางที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานทั้ง 5 สูตร สูตรละ 3 ชิ้น นำกระถางไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่ออบเสร็จชั่งน้ำหนักบันทึกค่าที่ชั่งได้เป็นน้ำหนักก่อนการดูดซับน้ำ จากนั้นรดน้ำให้กระถางอิ่มตัวด้วยน้ำวางทิ้งไว้จนกระถางไม่มีน้ำหยดนำไปชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักของตัวอย่างที่อิ่มน้ำ นำผลที่ได้มาคำนวณหาร้อยละของการดูดซับน้ำตามสมการที่ (2)

$$ร้อยละการดูดซึมน้ำ = \frac{[(น้ำหนักตัวอย่างหลังแช่น้ำ - น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ)] \times 100}{น้ำหนักตัวอย่างก่อนแช่น้ำ} \quad (2)$$

2.2.3.4 ดัชนีการแตกร่วน เป็นการทดสอบเพื่อดูความสามารถของกระถางเมื่อถูกขนย้ายซึ่งวิธีการทดสอบดัชนีการแตกร่วน (Friability index) หรือดัชนีแตกละเอียด (Shatter index) ทำโดยการนำกระถางแต่ละสูตรที่จัดเตรียมไว้ปล่อยทิ้งลงบนพื้นปูนซีเมนต์จากความสูงที่ 1.80 เมตรทำซ้ำๆกันจำนวน 6 ครั้งจากนั้นนำกระถางและชิ้นวัสดุที่แตกหักทั้งหมดไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 20 มิลลิเมตร นำส่วนที่เหลือทั้งหมดจากการร่อนไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อบันทึกเป็นน้ำหนักของชิ้นงานหลังการทดสอบ ผลที่ได้มาคำนวณหาดัชนีการแตกร่วนได้จากสมการที่ (3)

$$ดัชนีการแตกร่วน = \frac{น้ำหนักของตัวอย่างกระถางก่อนปล่อยลงพื้น}{น้ำหนักของตัวอย่างกระถางที่เหลือจากการทดสอบ} \quad (3)$$

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลจากการขึ้นรูปกระถางในอัตราส่วนต่างๆ โดยพิจารณาจากอัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปได้ง่ายและสามารถคงรูปทรงอยู่ได้โดยไม่เกิดการบิดเบี้ยว พบว่าอัตราส่วนที่มีความเหมาะสม คือ 1) อัตราส่วนกากกาแฟ 100% 2) อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยมะพร้าว (90: 10 และ 80: 20) 3) อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยปาล์ม (90: 10 และ 80: 20) รวมทั้งสิ้น 5 อัตราส่วน ดังแสดงในรูป

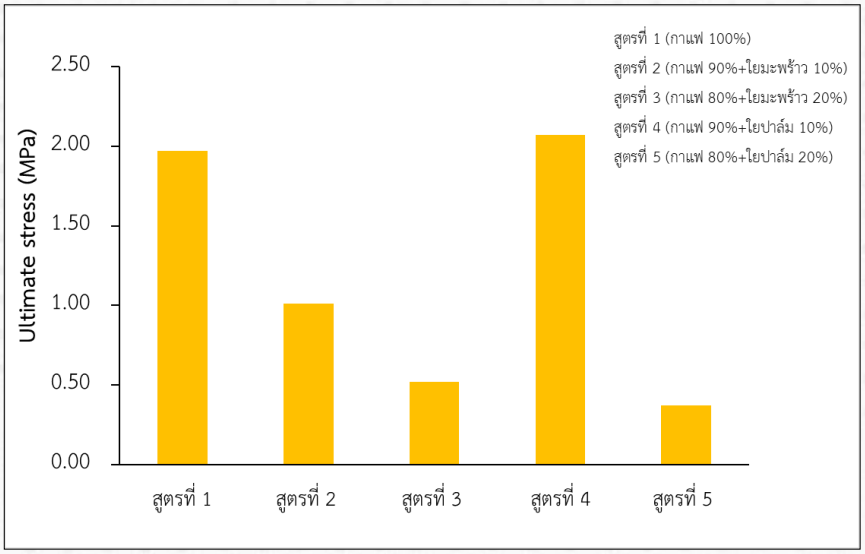


(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

รูปที่ 2 กระถางเพาะชำที่สามารถขึ้นรูปได้ดีและเหมาะต่อการใช้งาน (ก) กากกาแฟ 100% (ข) อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยมะพร้าว 90: 10 (ค) อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยมะพร้าว 80: 20 (ง) อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยปาล์ม 90: 10 และ (จ) อัตราส่วนระหว่างกากกาแฟ: เส้นใยปาล์ม 80: 20

3.1 การทดสอบค่าความแข็งแรงสูงสุดของกระถาง (Ultimate Strength)

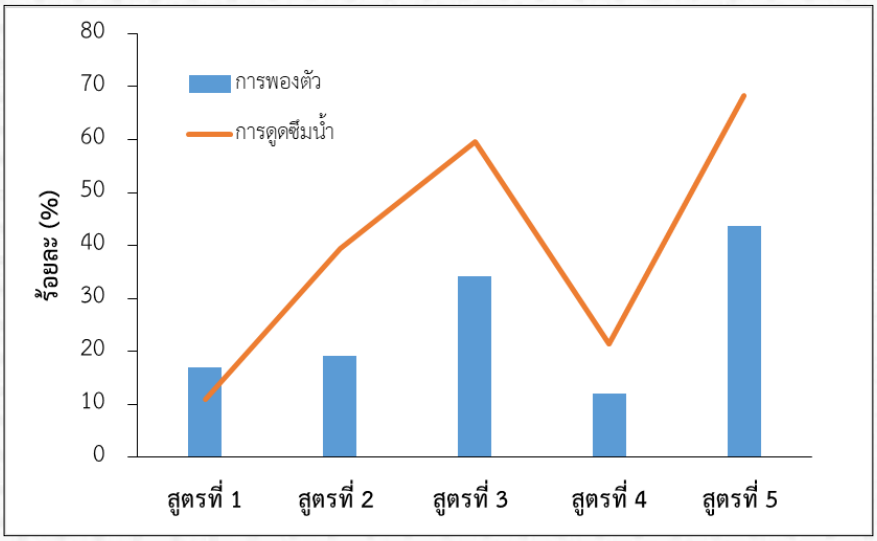
ผลการทดสอบความแข็งแรงของกระถางเมื่อถูกแรงบีบอัดโดยเครื่อง Universal Testing Machine โมเดล UH-F1000kNX ของบริษัท Shimadzu corporation โดยทำการทดสอบกระถางทั้งหมด 5 สูตร พบว่ากระถางสูตรที่ 4 (กาแฟ 90% + เส้นใยปาล์ม 10%) เป็นสูตรที่มีค่าความแข็งแรงอัดสูงสุดโดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.07 MPa รองลงมาคือ สูตรที่ 1 (กาแฟ 100%) และสูตรที่ 2 (กาแฟ 90% + เส้นใยมะพร้าว10%) พบค่าความแข็งแรงอัดสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.97 และ 1.01 MPa ในขณะที่กระถางสูตรที่ 3 และสูตรที่ 5 มีคุณสมบัติในการทนต่อแรงอัดได้น้อยที่สุด (รูปที่ 2) ผลที่ได้บ่งชี้ให้เห็นว่ากระถางที่มีส่วนผสมของกากกาแฟในอัตราส่วนที่สูงจะสามารถทนต่อแรงอัดได้ดีเนื่องจากกากกาแฟในการท ดลองครั้งนี้มีความละเอียดค่อนข้างสูงเมื่อขึ้นรูปด้วยคืออัดกระถางจะทำให้พื้นผิวยึดตัวกันได้แน่นหนาและมีความแข็งแรงมากกว่ากระถางที่มีส่วนผสมของเส้นใยอัตราส่วนที่สูง



รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงสูงสุดของกระถางที่มีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน

3.2 ค่าความพองตัวและค่าการดูดซึมน้ำของกระถาง

ผลการทดสอบค่าการพองตัวและค่าการดูดซึมน้ำของกระถางในระยะเวลาติดต่อกัน 1 ชั่วโมง พบว่ากระถางสูตรที่ 1 มีค่าร้อยละการพองตัวอยู่ในช่วง 4.87 – 7.10 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.89 กระถางสูตรที่ 2 มีค่าร้อยละการพองตัวอยู่ในช่วง 4.14 – 10.60 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.06 กระถางสูตรที่ 3 มีค่าร้อยละการพองตัวอยู่ในช่วง 7.37– 15.72 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.15 กระถางสูตรที่ 4 มีค่าร้อยละการพองตัวอยู่ในช่วง 3.87– 4.15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.93 และ กระถางสูตรที่ 5 มีค่าร้อยละการพองตัวอยู่ในช่วง 11.51 - 20.32 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.60 ขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำของกระถางสูตรที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10.66 - 11.60 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.98 กระถางสูตรที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 26.41- 50.24 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.43 กระถางสูตรที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 51.82- 72.90 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.65 กระถางสูตรที่ 4 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 16.67 - 28.78 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.40 และกระถางสูตรที่ 5 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 55.90- 75.23 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.33



รูปที่ 4 เปรียบเทียบร้อยละการความพองตัวและร้อยละการดูดซึมน้ำของกระถางจำนวน 5 สูตร

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการพองตัวและการดูดซึมน้ำของกระถางทั้ง 5 สูตร พบว่ากระถางสูตรที่ 5 ซึ่งมีส่วนผสมของวัสดุระหว่างกากกาแฟและเส้นใยปาล์มในอัตราส่วน 80:20 เกิดการพองตัวของกระถางและดูดซึมน้ำได้มากที่สุด รองลงมาคือกระถางสูตรที่ 3 มีส่วนประกอบของกากกาแฟและเส้นใยมะพร้าวในอัตราส่วน 80:20 เช่นกัน (รูปที่ 4) ผลที่ได้บ่งชี้ให้เห็นว่ากระถางที่มีอัตราส่วนผสมของเส้นใยมากจะมีลักษณะการพองตัวและดูดซึมน้ำได้มากกว่ากระถางที่มีส่วนผสมของเส้นใยที่น้อยกว่าเนื่องจากลักษณะของกระถางที่มีเส้นใยในอัตราส่วนที่สูงจะมีลักษณะที่ไม่เรียบ มีความขรุขระ และมีช่องว่างระหว่างพื้นผิวค่อนข้างมากจากลักษณะทางกายภาพดังกล่าวจึงช่วยอธิบายได้ว่าเมื่อกระถางสัมผัสกับน้ำ น้ำจะแทรกซึมเข้าสู่ช่องว่างได้ง่ายกว่าและจะเกิดการพองตัวได้สูง

3.3 การทดสอบดัชนีการแตกร่วน

ผลการทดสอบดัชนีการแตกร่วนของกระถางทั้ง 5 สูตรด้วยวิธีการ Drop shatter test พบว่ากระถางทั้ง 5 สูตร มีค่าดัชนีการแตกร่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1 ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของกระถางที่ศึกษาในครั้งนี้ทั้งหมดสามารถมีการเคลื่อนย้ายและขนส่งได้โดยไม่ก่อให้เกิดการแตกร่วนในระหว่างการลำเลียง

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีการแตกร่วนของกระถางทั้ง 5 สูตร

สูตร	อัตราส่วน (%)	ดัชนีการแตกร่วน			
		กระถางชิ้นที่ 1	กระถางชิ้นที่ 2	กระถางชิ้นที่ 3	ค่าเฉลี่ย
สูตรที่ 1	กากกาแฟ (100)	1.00	1.00	1.01	1.00
สูตรที่ 2	กากกาแฟ : เส้นใยมะพร้าว (90 : 10)	1.00	1.01	1.00	1.00
สูตรที่ 3	กากกาแฟ : เส้นใยมะพร้าว (80 : 20)	1.00	1.00	1.00	1.00
สูตรที่ 4	กากกาแฟ : เส้นใยปาล์ม (90 : 10)	1.00	1.00	1.00	1.00
สูตรที่ 5	กากกาแฟ : เส้นใยปาล์ม (80 : 20)	1.01	1.03	1.01	1.01

4. บทสรุป

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกระถางที่พัฒนาขึ้นจากของเสียภาคการเกษตรโดยนำเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มมาผสมกับกากกาแฟเพื่อขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้นั้นจากผลการศึกษาทั้งหมดพบว่ากระถางที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานที่สุด

คือสูตรที่ 4 เนื่องจากมีความแข็งแรงมากที่สุด และเป็นกระถางที่มีร้อยละการพองตัวและร้อยละการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดทำให้สามารถคงสภาพการใช้งานได้นานกว่าสูตรอื่นๆ อย่างไรก็ตามกระถางทุกสูตรที่ศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงขึ้นอยู่กับลักษณะของพืชที่ปลูก ผู้วิจัยแนะนำว่ากระถางสูตรที่ 3 และ 5 จะมีความเหมาะสมในการปลูกพืชที่มีลักษณะต้องการน้ำน้อย ขณะที่กระถางสูตรที่ 1 2 และ 4 สามารถใช้เพาะปลูกพืชทั่วไปได้เป็นอย่างดี

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ สัญญารับทุนเลขที่ ๖๕-๑๑๐๕-๐๒ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

[1] AWARENET. Handbook for the prevention and minimization of waste and valorization of by-products in European agro-food industries. Agro-food waste minimization and reduction network (AWARENET). Grow Programme, European Commission co-ordinated by the Spanish Technology Centre GAIKER. Transactions of the Wessex Institute. (2004) 1–7.

[2] OECD/Eurostat. Environmental Protection Expenditure and Revenue Joint Questionnaire/SERIEE Environmental Protection Expenditure Account, Conversion Guidelines. Luxemburg, Office for Official Publications of the European Communities. ISSN 1725-0218 (2005); ISBN 1725-0218.

[3] Riggi E, Avola G. Quantification of the waste stream from fresh tomato packinghouses and its fluctuations: Implications for waste management planning. Resources, Conservation and Recycling. 54 (2010) 436–41.

[4] Zhao Y, Qian S, Yu W, Xue Z, Shen H, Yao S. Antioxidant activity of lycopene extracted from tomato paste towards trichloromethyl peroxyl radical CCl3O2 Food Chemistry 77 (2002) 209–12.

[5] Evans MR, Hensley DL. Plant growth in plastic, peat, and processed poultry feather fiber growing containers. HortScience.39(5) (2004) 1012–4.

[6] Evans MR, Karcher D. 2004. Properties of plastic, peat, and processed poultry feather fiber growing containers. HortScience.39(5) (2004) 1008–11.

[7] Struve DK. Effect of copper-treated containers on transplant survival and regrowth of four tree species. Journal of Environmental Horticulture.11(4) (1993)196–9.

[8] Horinouchi H, Katsuyama N, Taguchi Y, Hyakumachi M. Control of Fusarium crown rot of tomato in a soil system by combination of a plant growth-promoting fungus, Fusarium equiseti, and biodegradable pots. Crop Protection. 27 (2008) 859–64.

[9] Kowalska E, Wielgosz Z, Pelka J. Use of post-life waste and production waste in thermoplastic polymer compositions. Polymers and Polymer Composites.10 (1) (2002) 83–91.

[10] Yamauchi M, Masuda S, Kihara M. 2006. Recycled pots using sweet potato distillation lees. Resources, Conservation and Recycling. 47 (2006) 183–94.

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดโปรตีนในใบอินทผลัมด้วยเทคนิค SDS-PAGE

Comparison of protein extraction methods in date palm leaves by SDS-PAGE technique

ชลลดา สุภาธง[1] อัจฉรา แกล้วกล้า[1*] เอกวิทย์ ตรีเนตร[1] สิริวัฒน์ บุญชัยศรี[2]
วินัย วิริยะอลงกรณ์[3] และ วัชรินทร์ จันทวรรณ[3]

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
[2]สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
[3]สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
[*]Email: achara_kleawkla@yahoo.co.uk

บทคัดย่อ

การศึกษาทางด้านโปรติโอมิกส์ในใบอินทผลัมด้วยเทคนิคการสกัดโปรตีน 4 วิธี ทั้งแบบปกติและผ่านการ clean-up โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แบบแผนโปรตีนตามเทคนิค sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAEG) ที่ย้อมด้วย Coomassie brilliant blue R-250 พบว่าการสกัดโปรตีนแบบปกติของวิธี M1 (5 mM Tris-HCl buffer pH 7.2, 0.25 M sucrose) และวิธี M2 (50 mM Tris-HCl pH 8.8, 5 mM EDTA, 20 mM DTT และ 100 mM KCl) ไม่พบแถบโปรตีน แต่วิธี M3 (Phenol/trichloroacetic acid) มี 7 แถบโปรตีน (14.47, 16.20, 19.12, 27.06, 31.91, 40.84 และ 56.01 KDa ตามลำดับ) และวิธี M4 (Tris-HCl/PVPP) มี 2 แถบโปรตีน (60.73 และ 66.63 KDa) เมื่อนำสารสกัดมาผ่านวิธีการ clean up พบว่ามีการแสดงออกของแถบโปรตีนเพิ่มขึ้น โดยวิธี M1 มี 3 แถบโปรตีน (56.59, 59.49 และ 66.50 KDa) M2 มี 3 แถบโปรตีน (55.78, 61.66 และ 66.50 KDa) M3 มี 8 แถบโปรตีน (15.18, 18.69, 21.61, 25.49, 30.55, 36.69, 45.79 และ 52.30 KDa ตามลำดับ) และ M4 มี 2 แถบโปรตีน (58.23 และ 64.92 KDa) ดังนั้นวิธี M3 ทั้งผ่านและไม่ผ่าน clean up มีการแสดงออกของโปรตีนและความคมชัดมากกว่าวิธีอื่น เมื่อนำแถบโปรตีนของวิธี M3 ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี LC-MS/MS สามารถระบุโปรตีนได้ 3 ชนิด ได้แก่ ribulose bisphosphate carboxylase จำนวน 4 ชิ้นส่วน (23.83, 40.91, 52.64 และ 54.27 KDa), ultraviolet-B receptor UVR8 isoform (54.27 KDa) และ structural maintenance of chromosomes protein (133.23 KDa) อย่างไรก็ตามการใช้วิธี clean up ซึ่งมีราคาแพงกับวิธีสกัด M3 ได้ผลแตกต่างจากวิธี M3 ปกติไม่มาก ดังนั้นการสกัดด้วยวิธี M3 ตามขั้นตอนตามปกติจึงมีความเหมาะสมในการใช้ศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: โปรติโอมิกส์ ใบอินทผลัม การสกัดโปรตีน

Abstract

The proteomics of date palm leaves were performed using four methods of protein extraction, both conventional and clean-up methods. Samples were analyzed for protein patterns according to

sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAEG) technique dyed with Coomassie brilliant blue R-250. The conventional protein extraction of the M1 (5 mM Tris-HCl buffer pH 7.2, 0.25 M sucrose) and M2 (50 mM Tris-HCl pH 8.8, 5 mM EDTA, 20 mM DTT and 100 mM KCl) methods were not found protein bands but the M3 (Phenol/trichloroacetic acid) method contained seven protein bands (14.47, 16.20, 19.12, 27.06, 31.91, 40.84 and 56.01 KDa respectively) and the M4 (Tris-HCl/PVPP) method contained two protein bands (60.73 and 66.63 KDa). When the extracts were taken through the clean-up method, the expression of protein bands was increased. The protein expression had three protein bands of M1 (56.59, 59.49 and 66.50 KDa) and M2 (55.78, 61.66 and 66.50 KDa), eight protein bands of M3 (15.18, 18.69, 21.61, 25.49, 30.55, 36.69,45.79 and 52.30 KDa respectively) and two protein bands of M4 (58.23 and 64.92 KDa). Therefore, clean-up and non-clean up method of M3 showed of more protein expression and clarity than other methods. When M3 protein bands were analyzed by LC-MS/MS, three proteins were identified: four ribulose bisphosphate carboxylase fragments (23.83, 40.91, 52.64 and 54.27 KDa), ultraviolet-B receptor UVR8 isoform (54.27 KDa) and structural maintenance of chromosomes protein (133.23 KDa). However, using the expensive clean up procedure with the M3 extraction method did not differ from the conventional M3 method, so the conventional M3 extraction method was suitable for further study.

Keywords: proteomics, date palm leaves, protein extraction

1. บทนำ

ต้นอินทผลัม (Phoenix dactylifera L.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวแบบยืนต้นเดี่ยว ปลูกในพื้นที่แห้งแล้งในตะวันออกกลาง แอฟริกาเหนือ และในแคลิฟอร์เนีย [1] สำหรับประเทศไทยอินทผลัมเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการศึกษาโปรตีนในใบอินทผลัมทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากมีการรบกวนของสารจำนวนมาก โดยเฉพาะขั้นตอนสำหรับการศึกษาโปรติโอมิกส์ ที่โปรตีนจะถูกปรับเปลี่ยนสภาพ ถูกทำให้อยู่ในรูปแบบรีดิวซ์ และเพิ่มคุณสมบัติด้านการละลายโดยทำการรบกวนพันธะภายใน และระหว่างโมเลกุลของโปรตีน [2] ซึ่งขั้นตอนการตกตะกอนโปรตีนเป็นวิธีการส่วนใหญ่ที่ใช้ในพืชที่ทำให้โปรตีนมีความเข้มข้นทำให้แยกออกจากสารรบกวน [3] ในปัจจุบันการศึกษาด้านโปรติโอมิกส์แบบ sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) มีผลในการแสดงออกของโปรตีนในพืชหลายชนิดโดยเฉพาะมีการศึกษาในกลุ่มพืชตระกูลปาล์ม อาทิเช่น Majourhat และคณะ [1] ได้ศึกษาความหลากหลายของเอนไซม์ peroxidase ในใบอินทผลัมที่แสดงออกในตัวอย่างอินทผลัม โดยใช้สารสกัดในกลุ่ม tris-HCl buffer และ high ionic strengths ในการแยก peroxidase ด้วยเทคนิค SDS-PAGE ต่อมา Hammami และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาโปรติโอมิกส์ของอินผลัมในตัวอ่อน zygotic และ somatic โดยสกัดสารจาก trichloroacetic acid–acetone–phenol เพื่อหาปริมาณโปรตีนทั้งหมดด้วยเทคนิค 2 dimension gel electrophoresis (2DE) หลังจากนั้น Rasool และคณะ [5] ได้ศึกษาด้วยเทคนิค 2DE กับวิธีการสกัดโปรตีน 5 ชนิด ในใบอินทผลัมพบว่าการสกัด phenol/ SDS ที่ตามด้วยเทคนิคการตกตะกอนด้วยเมทานอลแอมโมเนียมอะซิเตตให้ผลที่ดีที่สุด ซึ่งจากรายงานล่าสุด Akasha และคณะ [6] ได้ใช้เทคนิค SDS-PAGE กับสารสกัดตกตะกอนด้วย phenol/trichloroacetic ในการศึกษาลักษณะเฉพาะ และคุณสมบัติของอิมัลชันของโปรตีนหลักของเมล็ดอินทผลัม ซึ่งเห็นได้ว่าจากงานวิจัยที่ผ่านมามีการใช้สารสกัดหลายรูปแบบในหลายส่วนของอินทผลัมแต่ยังไม่มีความชัดเจนในส่วนของใบอินทผลัมต่อเทคนิค SDS-PAGE ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาความ

แตกต่างของวิธีของการหาโปรตีนในใบอินทผลัมในการศึกษาด้านโปรติโอมิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการนำวิธีที่เหมาะสมไปใช้กับการศึกษาด้านโปรติโอมิกส์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษากระบวนการสกัดโปรตีนในใบอินทผลัมโดยใช้วิธีการต่างๆ

2.เพื่อศึกษาการแสดงออกของโปรตีนในใบอินทผลัม

ประโยชน์การวิจัย

1.ได้วิธีการสกัดที่เหมาะสมในการหาโปรตีนในใบอินทผลัม

2.ระบุชนิดของโปรตีนในใบอินทผลัม

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างใบอินทผลัมที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สายพันธุ์ KL1 (แม่โจ้ 36) จากแหล่งเพาะปลูกสาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

2.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับสกัด ทำการตัดใบอินทผลัมเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นทำการปั่นบดด้วยเครื่องปั่น (OTTO) 350 วัตต์ ครั้งละ 30 วินาที จำนวน 4 ครั้ง ต่อมาทำการบดให้เป็นผงละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว แล้วนำมาทำการสกัดแต่ละวิธี

2.3 วิธีการสกัด การสกัดโปรตีนจากใบอินทผลัมที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อใช้ในการศึกษารูปแบบของโปรตีนในการวิเคราะห์ด้านโปรติโอมิกส์ โดยใช้วิธีการสกัด 4 วิธี ดังนี้

2.3.1.วิธีการสกัดด้วย extraction solution ที่มี 5 mM Tris-HCl buffer pH 7.2 ประกอบด้วย 0.25 M sucrose, 1 mM and MgCl2 (M1) ตามงานวิจัยของ Majourhat และคณะ [1]

-นำใบอินทผลัมมา 1.00xx กรัม มาใส่ในโกร่งบด เติม 5 mM Tris-HCl buffer pH 7.2 ประกอบด้วย 0.25 M sucrose, 1 mM and MgCl2 ปริมาตร 6 ml จากนั้นบดให้เข้ากัน

-นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วย ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 7 นาที นำสารละลายส่วนใสด้านบนที่ได้มาเก็บรักษาไว้ที่ตู้แช่ -20 °C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.3.2. วิธีการสกัดด้วย extraction solution ที่มี 50 mM Tris-HCl pH 8.8 ประกอบด้วย 5 mM EDTA, 20 mM DTT และ 100 mM KCl (M2) ตามงานวิจัยของ Rasool และคณะ [5]

-นำใบอินทผลัมมา 1.00xx กรัม มาใส่ในโกร่งบด เติม 50 mM Tris-HCl pH 8.8 ประกอบด้วย 5 mM EDTA, 20 mM DTT และ 100 mM KCl ปริมาตร 6 ml จากนั้นบดให้เข้ากัน

-นำสารละลายมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 4°C ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใสเหนือตะกอนมาเก็บรักษาไว้ที่ตู้แช่ -20°C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.3.วิธีการสกัดด้วย extraction solution ที่มี Phenol/Trichloroacetic acid (M3) ตามงานวิจัยของ Campbell และคณะ [6]

-นำใบอินทผลัมมา 1.00xx กรัม มาใส่ในโกร่งบด เติมอะซิโตนเย็น 15 ml บดให้ละเอียด นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที ที่ 4°C เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นล้างตะกอนด้วยอะซิโตนเย็นจัด แล้วปล่อยให้ตะกอนแห้งที่อุณหภูมิห้อง

-นำตะกอนที่แห้งมาละลายกลับคืนด้วยสารละลาย resolution (9 M urea, 4% w/v CHAPS, 1% w/v DTT, 1% v/v carrier ampholytes pH 3–10, 35 mM Tris base) ปริมาตร 6 ml แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่ 4°C เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำสารละลายเก็บไว้ที่ -20°C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2.4. วิธีการสกัดด้วย extraction buffer ที่มี 0.2 M tris-HCl buffer pH 6.8, 2% PVPP (M4) ตามงานวิจัยของ sinlaphasomboon และคณะ [7]

-นำใบอินทผลัมมา 1.00xx กรัม มาใส่ในโกร่งบด เติม extraction buffer (0.2 M Tris-HCl buffer pH 6.8, 2% PVPP) บดให้เข้ากัน

-นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที เติม sample buffer ในอัตรา 1:4 นำไปต้มที่ 95°C เป็นเวลา 5 นาที

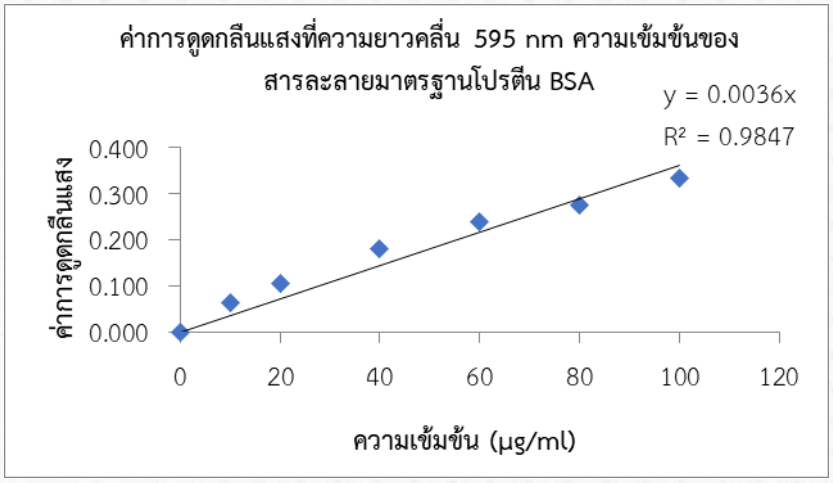
สำหรับการทำ clean-up ตามวิธี 2-D clean-up kit ของ GE Healthcare [8] นำสารสกัดโปรตีนแต่ละวิธีมา 150 µl เติม precipitant จากนั้นเติม co- precipitant นำมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที นำสารละลายที่ได้มา resolution ด้วย extraction buffer ของแต่ละวิธีในปริมาตร 30 µl แล้วนำมาทดลองขั้นต่อไป

การทดสอบผลการสกัดด้วยเทคนิคโปรติโอมิกส์แบบ SDS-PAGE โดยการวัดปริมาณโปรตีนของสารสกัดจากใบอินทผลัมด้วยวิธี Bradford assay ตามวิธีของ Caprette [8] หลังจากนั้นทำการเตรียม SDS-PAGE โดยใช้สารละลายเจลที่มีส่วนประกอบของ stacking gel (4%) และ separating gel (12.5%) จากนั้นนำสารสกัดแต่ละวิธีตามปริมาตรที่คำนวณได้ใส่ลงใน stacking gel โดยทำการใส่ standard protein marker ที่ช่องแรกทางซ้ายมือ หลุมต่อมาทำการใส่ egg albumin ทำการเว้น 1 หลุม หลุมถัดไปจะใส่สารสกัดตามวิธีต่างๆ โดยเตรียมที่สภาวะ reducing โดยมีการเติม β-mercaptoethanol ใน loading buffer ที่อัตราส่วน 1:1 โดยใช้ปริมาตรที่ 20 µl ต่อหลุม หลังจากนั้นทำการแยกโปรตีนด้วย polyacrylamide gel โดยใช้กระแสไฟฟ้า 20 mA/gel เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยโมเลกุลโปรตีนจะถูกคัดกรอง โดยโมเลกุลขนาดเล็กจะออกมาก่อน หลังจากนั้นนำเจลมาย้อมสีด้วย Coomassie brilliant blue R-250 เป็นเวลา 15 นาที จากนั้น destaining 6 ชั่วโมง นำเจลที่ได้จากการศึกษาโปรตีนในใบอินทผลัมแบบปกติและผ่านการ clean up ด้วยเทคนิค SDS-PAGE ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ gel documentation system และหาคุณสมบัติของโปรตีนในเจล (ค่า molecular weight) ด้วยโปรแกรม GeneSnap version 7.04.05 ทำการตัดแถบโปรตีนจากเจล เพื่อนำไปวิเคราะห์หาชนิดของโปรตีนโดยใช้เทคนิค liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) ทำการหาชนิดของโปรตีน โดยนำข้อมูลเบื้องต้นของ liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) มาประมวลผลด้วย MaxQuant software (version 1.6.2.10) ควบคู่กับ built-in search engine, Andromeda แล้ววิเคราะห์ด้วยฐานข้อมูลอินทผลัมที่ได้จาก www.uniprot.org

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Bradford assay เมื่อหาความเหมาะสมต่อการแสดงออกของโปรตีนที่ศึกษาด้วยเทคนิค SDS-PAEG ได้มีการทำกราฟมาตรฐาน BSA ดังภาพที่ 1

จากกราฟมาตรฐานในรูปที่ 1 ได้มีการศึกษาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford เพื่อใช้ในการหยอดเจลใน SDS-PAGE ที่ปริมาณตัวอย่าง 20 µg ต่อหลุมกับวิธีสกัดทั้ง 4 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 1



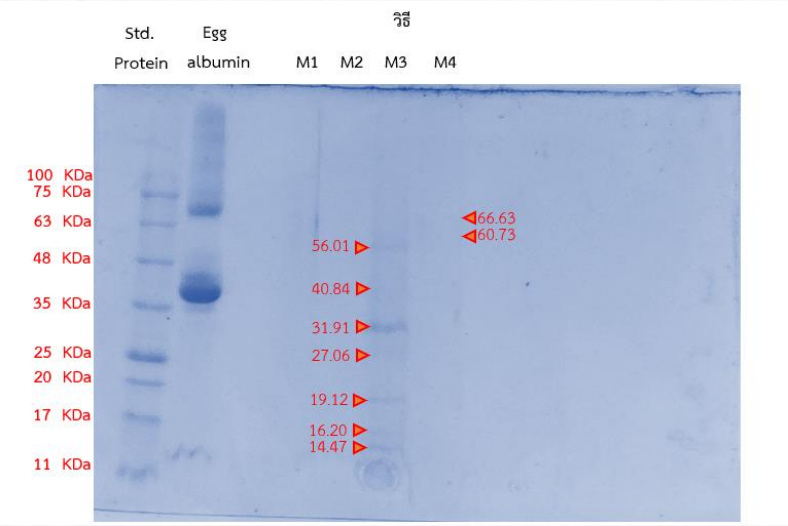
ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานวิธี Bradford

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแต่ละวิธี

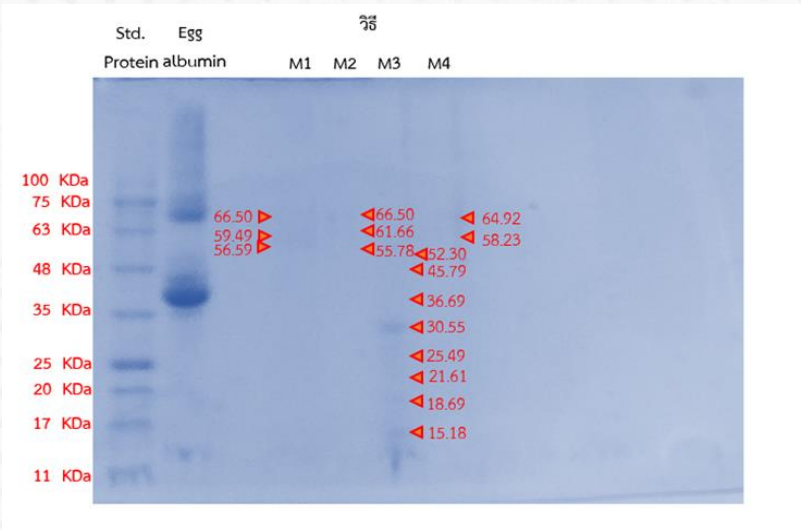
วิธี	ปริมาณโปรตีน Mean±SD (µg/µl)	ปริมาณตัวอย่างที่หยอด (µg)	ปริมาตรรวมในการหยอดเมื่อผสม loading buffer (1:1) (µg)
M1	0.86±0.31[a]	23.1	46.3
M2	2.34±0.45[b]	8.5	17.1
M3	2.07±0.38[b]	9.7	19.3
M4	1.63±0.73[ab]	12.3	24.5

หมายเหตุ : a และ b คือความแตกต่างที่นัยสำคัญ 0.05

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นสำหรับการหาปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของแต่ละวิธี เพื่อเปรียบเทียบวิธีการหาปริมาณโปรตีนทั้ง 4 วิธีพบว่าวิธีการหาปริมาณโปรตีนทั้ง 4 วิธี ได้ค่าปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน คือ 0.86±0.31, 2.34±0.45, 2.07±0.38 และ 1.63±0.73 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธี M2 และ M3 สามารถสกัดโปรตีนได้ในปริมาณมากอย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามค่าปริมาณโปรตีนไม่ได้บ่งชี้การแสดงออกของโปรตีนแต่ละชนิดได้ [10] ดังนั้นจึงได้นำค่าปริมาณโปรตีนดังกล่าวมาคำนวณการหยอดเจล SDS-PAGE ที่ 20 ไมโครกรัมต่อหลุมที่หยอด เพื่อให้เกิดการแสดงออกของโปรตีนใน SDS-PAGE ทั้งแบบปกติดังในภาพที่ 2 และแบบผ่านกระบวนการ clean-up ของตัวอย่างดังภาพที่ 3 ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SDS-PAEG ที่ย้อมด้วย Coomassie brilliant blue R-250 พบว่าการสกัดโปรตีนแบบปกติของวิธี M1 และวิธี M2 ไม่พบแถบโปรตีน แต่วิธี M3 มี 7 แถบโปรตีน (14.47, 16.20, 19.12, 27.06, 31.91, 40.84 และ 56.01 KDa ตามลำดับ) และวิธี M4 มี 2 แถบโปรตีน (60.73 และ 66.63 KDa) เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดที่ผ่านวิธีการ clean up พบว่ามีการแสดงออกของแถบโปรตีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากว่าขั้นตอนการ clean up เป็นขั้นตอนการทำให้โปรตีนที่สกัดได้บริสุทธิ์เพิ่มขึ้นและกำจัดสิ่งเจือปนของสารละลายโปรตีนที่สกัดได้ [11] โดยวิธี M1 มี 3 แถบโปรตีน (56.59, 59.49 และ 66.50 KDa) M2 มี 3 แถบโปรตีน (55.78, 61.66 และ 66.50 KDa) M3 มี 8 แถบโปรตีน (15.18, 18.69, 21.61, 25.49, 30.55, 36.69, 45.79 และ 52.30 KDa ตามลำดับ) และ M4 มี 2 แถบโปรตีน (58.23 และ 64.92 KDa) อย่างไรก็ตามการใช้วิธี clean up ซึ่งมีราคาแพงกับวิธีสกัด M3 ได้ผลแตกต่างจากวิธี M3 ปกติไม่มาก ดังนั้นการสกัดด้วยวิธี M3 ตามขั้นตอนตามปกติจึงมีความเหมาะสมในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 2 แถบโปรตีนจากใบอินทผลัมหลังทำการสกัดโปรตีน ด้วยวิธี M1-M4 ตามลำดับ ในเจล SDS-PAGE ที่สภาวะรีดิวซิง โดยใช้การย้อมสีด้วยวิธี Coomassie brilliant blue R-250 ซึ่งเป็นเจลที่มีความเข้มข้น 12.5%



ภาพที่ 3 แถบโปรตีนจากใบอินทผลัมหลังทำการสกัดโปรตีน ด้วยวิธี M1-M4 ตามลำดับโดยผ่านการ clean-up ในเจล SDS-PAGE ที่สภาวะรีดิวซิง โดยใช้การย้อมสีด้วยวิธี Coomassie brilliant blue R-250 ซึ่งเป็นเจลที่มีความเข้มข้น 12.5%

เมื่อเรานำแถบโปรตีนของวิธี M3 ในเจล SDS-PAGE วิธีปกติไปวิเคราะห์หาชนิดของโปรตีนด้วยวิธี LC-MS/MS ดังตารางที่ 2 สามารถระบุโปรตีนได้ 3 ชนิด ได้แก่ ribulose bisphosphate carboxylase จำนวน 4 ชิ้นส่วน (23.83, 40.91, 52.64 และ 54.27 KDa), ultraviolet-B receptor UVR8 isoform (54.27 KDa) และ structural maintenance of chromosomes protein (133.23 KDa) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการศึกษาครั้งนี้วิธีการสกัด M3 แม้ให้จำนวนแถบโปรตีนมากที่สุดแต่มีโปรตีนหลักเพียง 3 ชนิด โดยเฉพาะ ribulose bisphosphate carboxylase ที่มีถึง 4 ชิ้นส่วนใน 4 ตำแหน่งแถบโปรตีน โดย ribulose bisphosphate carboxylase เป็นโปรตีนขนาดกลางประกอบไปด้วย 2 subunit ได้แก่ หน่วยย่อยโปรตีนสายโซ่ใหญ่ (L≈55 KDa) และสายเล็ก (S≈13 KDa) ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ที่ช่วยจับคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช [12] ในการศึกษาด้วยสารสกัด M3 สามารถพบ 4 ชิ้นส่วนของสายโซ่ใหญ่ของโปรตีนชนิดนี้ได้ เมื่อ

เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Akasha และคณะ ที่ใช้สารสกัดชนิดนี้ในเมล็ดอินทผลัมก็สามารถพบโปรตีนชนิดนี้ได้เช่นเดียวกัน [6] สำหรับ ultraviolet-B receptor UVR8 isoform x2 เป็นโปรตีนขนาดกลางประกอบไปด้วย 2 subunit ที่เป็นเอนไซม์ในการทำหน้าที่ตรวจจับแสงอุลตร้าไวโอเลตในช่วง 280-315 นาโนเมตร และเริ่มการตอบสนองต่อความเครียดของพืช [13] และ structural maintenance of chromosomes protein เป็นโปรตีนขนาดใหญ่ ที่ (110-170 KDa) เป็นเอนไซม์ในการทำหน้าที่บำรุงรักษาโครงสร้างของโปรตีนโครโมโซม [14]

. ซึ่งมีข้อสังเกตว่าวิธีการสกัด M3 มีแนวโน้มเจาะจงต่อการแสดงออกของโปรตีน โดย ribulose bisphosphate carboxylase มากกว่าโปรตีนชนิดอื่นจึงทำให้พบได้ในหลายแถบโปรตีน อย่างไรก็ตามตัวอย่างใบอินทผลัมที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นใบในระยะใบแก่ของต้นเพศผู้ โดยใช้ใบอินทผลัมในสภาวะหนึ่งก็อาจมีกระบวนการแสดงออกของโปรตีนที่แตกต่างกันได้

ตารางที่ 2 วิเคราะห์หาชนิดโปรตีนใน 7 แถบโปรตีน (1-7) ในเจลแบบ SDS-PAGE ของใบอินทผลัมที่สกัดด้วยวิธี M3 ด้วยเทคนิค LC-MS/MS

Protein bands	accession	Calculated MW (in gel)	Protein types MW (in MS)	Score	Sequences	Matches
1	A0A2U8T506|A0A2U8T506_PHODC	56.01 KDa	ribulose bisphosphate carboxylase large chain (Fragment) (52.64 KDa)	144	10 (4)	17 (6)
2	A0A8B7BNY3|A0A8B7BNY3_PHODC	40.84 KDa	ultraviolet-B receptor UVR8 isoform x2 (40.91KDa)	47	1 (1)	1 (1)
3	D4PBB9|D4PBB9_PHODC	31.91 KDa	ribulose bisphosphate carboxylase large chain (54.27 KDa)	102	13 (6)	39 (12)
4	A0A8B7CKB6|A0A8B7CKB6_PHODC	27.06 KDa	structural maintenance of chromosomes protein (133.23 KDa)	66	2 (1)	2 (1)
5	A0A0B5CXK8|A0A0B5CXK8_PHODC	19.12 KDa	ribulose bisphosphate carboxylase large chain (Fragment) (23.83 KDa)	204	5 (4)	28 (16)

6	A0A2U8T506|A0A2U8T506_PHODC	16.20 KDa	ribulose bisphosphate carboxylase large chain (Fragment) (52.64 KDa)	46	1 (1)	4 (1)
7	A0A2U8T506|A0A2U8T506_PHODC	14.47 KDa	ribulose bisphosphate carboxylase large chain (Fragment) (52.64 KDa)	62	3 (2)	6 (3)

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการหาวิธีสกัดโปรตีนทั้ง 4 วิธี โดยหาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford ได้ค่า R^2 ที่ 0.9847 แล้วนำปริมาณโปรตีนที่ได้ไปศึกษาการแสดงออกของโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE ผลปรากฏวิธีการสกัด M3 มีความเหมาะสมต่อการหาแถบโปรตีนในใบอินทผลัม เนื่องจากว่าวิธี M3 มีการแสดงแถบโปรตีนที่ชัดเจนมากที่สุดทั้งวิธีปกติ มี 7 แถบโปรตีน (14.47, 16.20, 19.12, 27.06, 31.91, 40.84 และ 56.01 KDa ตามลำดับ) และวิธีการ clean up มี 8 แถบโปรตีน (15.18, 18.69, 21.61, 25.49, 30.55, 36.69, 45.79 และ 52.30 KDa ตามลำดับ) เมื่อนำแถบโปรตีนของวิธี M3 ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS สามารถระบุโปรตีนได้ 3 ชนิด ได้แก่ ribulose bisphosphate carboxylase จำนวน 4 ชิ้นส่วน (23.83, 40.91, 52.64 และ 54.27 KDa), ultraviolet-B receptor UVR8 isoform (54.27 KDa) และ structural maintenance of chromosomes protein (133.23 KDa) อย่างไรก็ตามการใช้วิธี clean up ซึ่งมีราคาแพงกับวิธีสกัด M3 ได้ผลแตกต่างจากวิธี M3 ปกติไม่มาก ดังนั้นการสกัดด้วยวิธี M3 ตามขั้นตอนตามปกติจึงมีความเหมาะสมในการศึกษาต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนโครงการวิจัย ประจำปี 2565 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] K. Majourhat, K. Bendiab, L. Medraoui and M. Baaziz, Diversity of leaf peroxidases in date palm (*Phoenix dactylifera L.*) as revealed in an example of marginal (seedling derived) palm groves. *Journl of Sci. Hortic*. 95(2002)31-38.

[2] S. Gómez-Vidal, M. Tena, L. Vicente Lopez-Llorca and J. Salinas, Protein extraction from *Phoenix dactylifera* L. leaves, a recalcitrant material, for two-dimensional electrophoresis. *Journal of Electrophoresis* 29(2008)448–456.

[3] X. Wu, F. Gong and W. Wang. Protein extraction from plant tissues for 2DE and its application in proteomic analysis. *Journal of Proteomics.* 14(2014)645–658

[4] B. Sghaier-Hammami, L. Valledor, N. Drira and J. V. Jorrin-Novo. Proteomic analysis of the development and germination of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) zygotic embryos. *Journal of Proteomics 2009, 9, 2543–2554.*

[5] K. G. Rasool, M. A. Khan, A. S. Aldawood, M. Tufail, M. Mukhtar and M. Takeda. Optimization of protein isolation from date palm plants and its utilization in differential proteomics associated with red palm weevil infestation. *Journal of Sci.,* 51(4)(2014)907-917.

[6] I. Akasha, L. Campbell, J. Lonchamp and S. R. Euston. The major proteins of the seed of the fruit of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Characterisation and emulsifying properties. *Journal of Food Chemistry*, 15(2016)799-806.

[7] วิทยา ศิลปสมบูรณ์ และ ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในใบลำไยก่อนการออกดอกที่ชักนำด้วยโพแทสเซียมคลอเรต. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2549.

[8] GE Healthcare (01 December 2014). 2-D Clean-Up Kit from GE Healthcare – Biocompare. Available: https://www.biocompare.com/Product-Reviews/40393-2-D-Clean-Up-Kit-from-GE-Healthcare/

[9] Caprette DR. (2022a). (21 May 2565) Hartree-Lowry and modified Lowry protein assays. Available: https://www.ruf.rice.edu/ ~bioslabs/methods/protein/lowry.html

[10] อศิรวรรณ สุคำตัน. การพัฒนาวิธีการตรวจสอบปลายยอดเกสรเพศเมียของลำไยพันธุ์ดอ. วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2565.

[11] ทองสุข ปายะนันทน์ และลัดดา แก้วกล้าปัญญาเจริญ. การพัฒนาและทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ไนโตรฟูแรนส์เมตาโบไลท์ในอาหารโดย LC-MS/MS. สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2558

[12] Wikipedia. (25 May 2565). ribulose bisphosphate carboxylase and subunit of ribulose bisphosphate carboxylase. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/RuBisCO

[13] Wikipedia. (25 May 2565). ultraviolet-B receptor UVR8. Available: https://hmong.in.th/wiki/UVR8

[14] Susan H Harvey, Michael JE Krien and Matthew J O'Connell "Structural maintenance of chromosomes (SMC) proteins, a family of conserved ATPases", Genome Biology 2002, 3(2): reviews3003.1–3003.5

Effect of ultraviolet-A exposure on the MinD protein oscillation in *Escherichia coli*

Paisan Kanthang

Biohydrometallurgy unit, Division of Science, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Email: paisan.ka@rmutp.ac.th

Abstract

In *Escherichia coli*, the dynamics of MinD proteins plays a crucial role in positioning a cell division site. The dynamic characteristic of the MinD protein is the periodic pole to pole oscillation inside the cell so that it prevents the division sites to be at the polar zones. Even some studies of the UVA effect on the *Escherichia coli* were done, the studies on mechanism of cell division are still very rare. Hence in this work, we investigated the MinD protein dynamics under the UVA irradiation using our previous developed biophysics-based approach, spot tracking technique. Particularly, for UVA intensity of 100 W/m^2 and the average cell length of 4.5 μm, it was found that the oscillation periods of MinD after UVA is faster than that in normal condition, approximately 10-20 s for exposure time 30-60 minute. This result may indicate that UVA may affect the cell division via MinD dynamics oscillatory mechanism. The possible application of this study is to control *E. coli*.

Keywords: *Escherichia coli*, MinD protein, UVA, cell division, oscillation

1. Introduction

Cell division in bacteria is the process by which a cell is divided into two cells after its DNA has been duplicated and distributed into the two regions. Two divided cells are called daughter cells, so their populations can be increased rapidly by this process. In *Escherichia coli* (*E. coli*) cell, an optimal location of cell separation occurs at the center of cell length. The cell division process of *E. coli* is regulated by the oscillatory behavior of Min proteins (MinC, MinD and MinE) and FtsZ protein (Rowland *et al*., 2001). The Min proteins prevent septum formation at the cell pole by inhibiting FtsZ polymerization. Furthermore, the polymerization of FtsZ protein into Z-ring is the first step of the septum formation cell (Lutkenhaus *et al.,* 1997). This process is controlled by MinD protein oscillation from pole to pole (Rothfield *et al*., 2005), which MinD:ATPase interacting with membrane bound protein (Raskin *et al.,* 1997 and Zonglin *et al.,* 2001). The temporal period of its oscillation is approximately 40-60 s in the wild type cells (David *et al*., 1999).

From previous studies, the effect of UVA are involved in the cell division process such as growth rate, membrane damage, DNA damage, efflux pump activity, glucose uptake activity, and total ATP (Moss *et al*., 1981, Eisenstark, 1989., and Michael *et al*, 2006). The division process of the cell is decease under the UVA irradiation.

In this work, we investigated the MinD protein dynamics and pattern formation under the effect of UVA (100 W/m^2) irradiation. We also described these physical characteristics with period oscillation and period oscillation versus exposure time. These results have been the potential to develop the cell division model under the effect of UVA condition especially in terms of intra-cellular mechanism.

2. Materials and method

Bacterial strain and growth conditions

To examine MinD protein labeled with green fluorescent proteins (GFP), a strain of E. coli RC1/pFX9 [Δmin/Plac-gfp::Δ minD ΔminE] (Shin et al., 2003) cells was grown in LB medium, 50 μg/ml ampilcillin, 25% of glucose at 37 oC at 200 rpm overnight. Then 10% of the overnight culture was taken to grow in the new medium until the OD600nm was approximately 0.3 - 0.4 (about 1 hr). Cells were then re-suspended (22% of medium) in the new medium contain 0.1 mM isopropyl-β-D- thiogalactopy – ranoside (IPTG) for protein induction. The cell culture was diluted with media before use because we want to capture the images of a few cells in region of interest on the slide.

Image acquisition and spot tracking technique

For fluorescence image sequences, a Zeiss Axioskop2 microscope and A-plan 100x/1.25 oil lenses with exposure times of 1 s. A CCD camera was attached to the video port of the microscope to acquire images and movies at 1 frame/s. The spot tracking technique (STT) was used to follow the region of interest (ROI) which gave off the highest GFP-MinD concentration signal in the cell. At the highest signal is a representation of the cluster MinD protein in the cell. This tracking provides the time series data as a x, y coordinates for the position of the ROI of the cluster protein. More details of this tracking as a time algorithm can be found in (Sage D et al., 2005). The acquired positions were analyzed by MATLAB software to calculate the oscillation period of MinD.

UVA exposure

The UVA light source in this study was Flexo Print TL 80W/10-R SLV, which emits between 340 and 400 nm (emission peak around 368 nm) (Figure 1). For cell exposure setup, we had using 3 ml of cuvette for containing E. coli and also exposure UVA irradiation at 100 W/m2 with the duration time 0, 30, 45 and 60 minutes respectively. Our intensity setup of UVA lamp didn’t damage to membrane of the cell (Peng Liu et al., 2010). The reservoir temperature was approximately 35oC. This temperature didn’t affect for period oscillation of MinD (Ahmed Touhami et al., 2006).

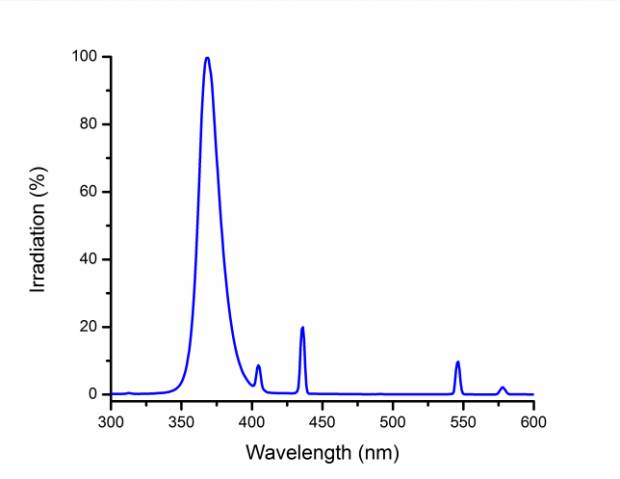


Figure 1. Wavelength spectra of Flexo Print TL 80W/10-R SLV.

Data analysis

According to the intensity pattern formation of MinD proteins as shown in **Figure 2B** (for the cell length 3.51 μm as shown in **Figure 2A**), we could find the oscillation period by following the highest intensity regions with the STT. The results of this technique performed in terms of the position and recorded time series data, shown in **Figure 3**.

From position and time scale, we able classify the characteristics of GFP-MinD protein dynamics according to the space and time scale of dynamic events into two types: switching event define from the event that GFP-MinD switches from polar zone to the opposite polar zone and accumulated event defined from the event that GFP-MinD protein move near the polar zone. Therefore, we can find one period from switching event at the polar zone, show in **Figure 3**.

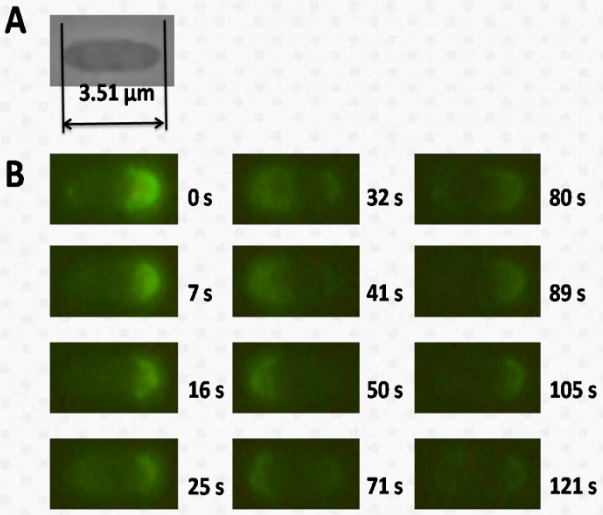


Figure 2. Show an example of GFP-MinD proteins oscillation. (A) Raw image. (B) Fluorescence image sequences of a sample result interval 0-121 s.

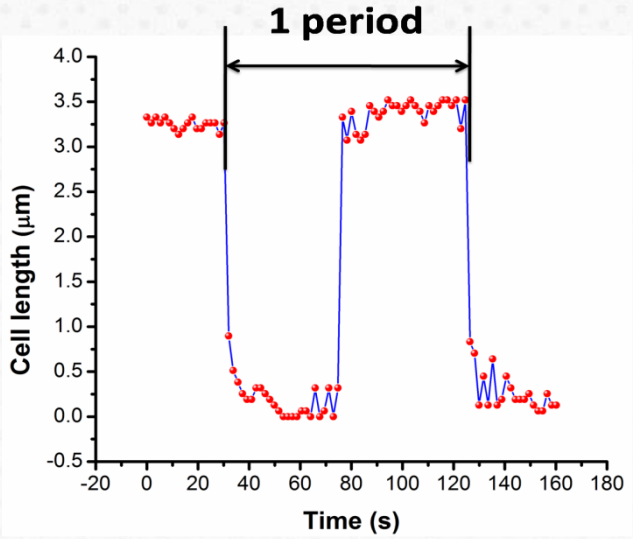


Figure 3. Time evolution plot of the position on cell length.

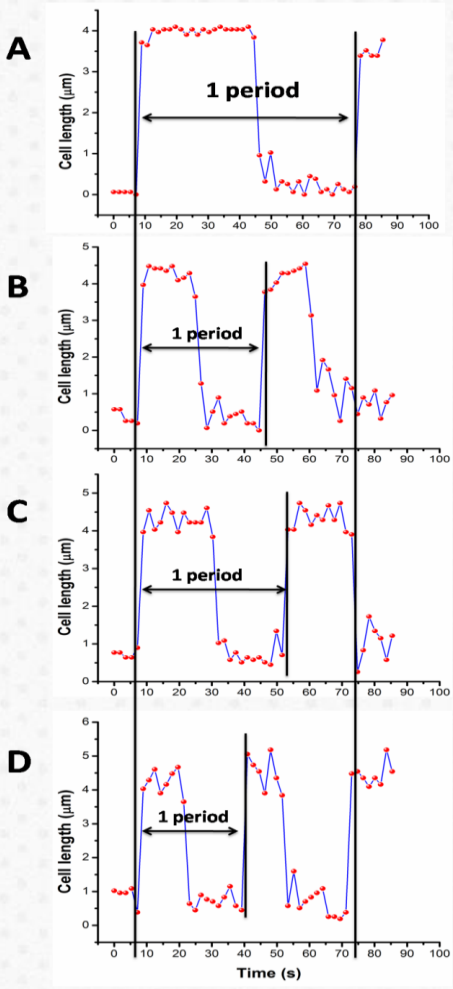


Figure 4. Pattern of oscillation of MinD (A) normal condition (B) expose 30 min (C) expose 45 min (D) expose 60 min.

3. Results

In this study, we are investigated the oscillation period of MinD protein under the UVA irradiation by exposure time at 0, 30, 45 and 60 minutes. The oscillation period of GFP-MinD protein in the normal condition of strain RC1/pFX9 is approximate 54.28 ± 11.23 s with the average cell length 4.35 μm. This result agrees with previous reports of this strain (Unai et al., 2009), which periods approximate 54.6 ± 8.6 s. We required comparing an oscillation period of GFP-MinD with and without UVA irradiation (intensity 100 W/m^2). We found that the characteristic of oscillation periods between the normal cell and UVA exposure cell were significantly differenced as shown in Figure 4. This figure showed the periods data of normal condition and UVA irradiation condition interval 30-, 45- and 60-minute exposure time, which the oscillation are 42.74 ± 6.34 s, 42.49 ± 8.47 s, and 37.24 ± 7.31 s respectively. These results were indicating that the UVA exposure of 100 W/m2 had the effect to the responsibility of MinD protein oscillations. In addition, the relation between period oscillations versus exposure time showed the decreasing of oscillation period with the approximated rate of -0.25 ± 0.83 as shown in Figure 5.

4. Discussions

In this study, we are demonstrated the first time of MinD protein oscillation under the UVA irradiation conditions. We motivated to provide the periods of MinD protein in the normal condition and UVA irradiation (100 W/m^2). Our data showed that the period oscillation was able decreased with increased UVA exposure time (**Figure 5**). In consequence, we know the UVA irradiation has influence to the dynamics of MinD protein in term of oscillation period.

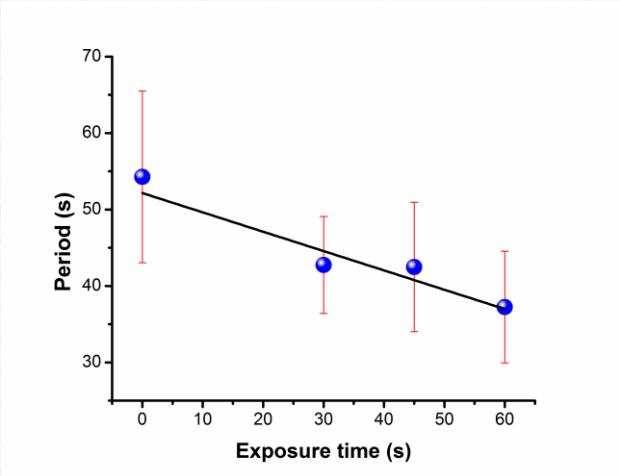


Figure 5. The relation between periods with exposure time for 27 cell samples.

In the process of MinD oscillation require the ATP for interaction on membrane, which UVA respond to the ATP concentration (Franziska *et al.,* 2010). The ability to produce ATP is of vital importantly for survival of cells. The effect of UVA for MinD reasonable to involve ATP in process of MinD:ATPase on membrane bound protein. In addition, the energy from UVA irradiation possibly to responds to the chemical bonds of the biomolecules in *E. coli* by this lamp wavelength of UVA peak at 368 nm that may can break the strong or perturb C-O, C-C and S-H bond (Natasha *et al.,* 2007). In the

molecule of MinD protein dynamics have C-O and C-C bond, it is essentially for MinD oscillation. Because of bonding interaction of phosphate with MinD molecule is C-O bond (Ikuko *et al.,* 2001). It is possible to affect the bond energy of C-O or C-C, which it influences from wavelength UVA to molecule of MinD at interaction with phosphate. Therefore, the period of MinD oscillate is reasonable to decrease from normal condition.

5. Conclusion

In summary, with and without UVA irradiation the periods of MinD oscillation are difference. GFP-MinD oscillates under the UVA irradiation less than normal condition approximately 10-20 s for exposure time interval 30, 45 and 60 minutes. Moreover, the relation between period and exposure time similar linear curve. These results confirm that the UVA can be effect to dynamics of MinD protein in living cell.

Acknowledgements

This project was supported cell strain from Dr. Yu-Ling Shih, Department of Microbiology University of Connecticut Health Center Farmington, USA. We thank Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University for supported this experiment and Biophysics group for advice and discussion in this research.

References

[1] Ahmed, T., Manfred, J. and Andrew, R. (2006). Temperature Dependence of MonD Oscillation in *Escherichia coli*: Running Hot and Fast. J Bacterial 2006. Vol. 188, No. 21, pp. 7661-7667.

[2] David M, R. and Piet A.J, D. Rapid pole-to-pole oscillation of a protein required for directing division to the middle of *Escherichia coli*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 1999. Vol. 96, pp. 4971-4976.

[3] Eisenstark, A. Bacterial genes involved in response to near-ultraviolet radiation. Adv. Genet 1989. Vol. 26, pp. 99-147.

[4] Franziska, B., Margarete, B., Yves, M. and Thomas, E. The respiratory chain is the cell's Achiles' heel during UVA inactivation in *Escherichia coli.* Microbiology 2010. Vol. 156, pp. 2006-2015.

[5] Ikuko, H., Takuji, O. and Kosuke, M. Structural and functional studies of MinD ATPase: implications for the molecular recognition of the bacterial cell division apparatus. EMBO 2001. Vol. 20, No. 8, pp. 1819-1828.

[6] Kyoko, S., Regina, V. and Debabrata, R. Dynamic assembly of MinD into filament bundles modulated by ATP, phospholipids, and MinE. PNAS 2002. Vol. 99, No. 26, pp. 16776-16781.

[7] Lutkenhaus, J. and Addinall, SG. Bacterial cell division and the Z ring. Annu Rev Biochem 1997. Vol. 66, pp. 93-116.

[8] Michael, B., Hans-Ulrich, W. and Thomas, E. Flow-cytometric study of vital cellular functions in *Escherichia coli* during solar disinfection (SODIS). Microbiology 2006. Vol. 152, pp. 1719-1729.

[9] Michael, B., Hans-Ulrich, W. and Thomas, E. Adaptation to UVA radiation of *E. coli* growing in continuous culture. Biology 2007. Vol. 86, No. 2, pp. 149-159.

[10] Moss, S.H. and Smith, K. C. Membrane damage can be a significant factor in the inactivation of *Escherichia coli* by near-ultraviolet radiation. PhotochemPhotobiol 1981. Vol. 33, No. 2, pp. 203-210.

[11] Natasha, V., Werden J. K., Kanavillil, N. and Kam T.L. The bactericidal effect of ultraviolet and visible light on *Escherichia coli*. Biotechnology 2007. Vol. 99, No. 3, pp. 550-556.

[12] Peng, L., Wenli. D., Qisui. W, and Xi. L. The damage of outer membrane of *Escherichia coli* in the presence of TiO_2 combined with UV light. Colloids Surf 2010. Vol. 78, No. 2, pp. 171-176.

[13] Rankin, D.M. and de Boer, P.A. The MinE ring: an FtsZ-independent cell structure required for selection of the correct division site in *E. coli*. Cell 1997. Vol. 91, No. 5, pp. 685-694.

[14] Rothfield L., Taghbalout A. and Shih. Y.L. Spatial control of bacterial division-site placement. Nat. Rev. Microbiol 2005. Vol. 3, No. 12, pp. 959–968.

[15] Rowland, S. L., Fu, X., Sayed, M. A., Zhang, Y., Cook, W. R. and Rothfield, L. Membrane Redistribution of the Escherichia coli MinD Protein Induced by MinE. J. Bacteriol 2001. Vol. 182, No. 3, pp. 613–619.

[16] Sage, D., Neumann, FR., Hediger, F., Gasser, SM. and Unser, M. Automatic tracking of individual fluorescence particles: Application to the study of chromosome dynamics. IEEE Trans. Image Process 2005. Vol. 14, No. 9, pp. 1372-1383.

[17] Unai, S., Kanthang, P., JanThorn, U., Ngamsaad, W., Triampo, W., Modchang, C. and Krittanai, C. Quantitaive analysis of time-series fluorescence microscopy using a spot tracking method: application to Min protein dynamics. Biologia 2009. Vol. 64, No. 1, pp. 27-42.

[18] Shih, Y.L., Le, T. and Rothfield, L.I. Division site selection Escherichia coli involves dynamic redistribution of Min proteins within coiled structures that extend between the two cell poles. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2003. Vol. 100, No. 13, pp. 7865-7870.

[19] Ramabhadran, T.V. and Jagger, J. Mechanism of growth delay induced in Escherichia coli by near ultraviolet radiation. Proc. Nat. Acad. Sci 1975. Vol. 73, No. 1, pp. 59-63.

[20] Zonglin, H. and Joe, L. Topological regulation of cell division in E. coli: spatiotemporal oscillation of MinD requires stimulation of its ATPase by MinE and phospholipid. Mol. Cell 2001. Vol. 7, No. 6, pp. 1337-1343.

การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์

Development of Detailed Data Storage System (TQF3) on the Website

สุชานันท์ มโนจุรีหกุล[1*] เพชรรัตน์ ใต้แสงทวีธรรม[1] ชมนาด โพธิ์ทอง[1] อุไรทิพย์ ขำกระโทก[1]
สงกรานต์ จรรจลานิมิตร[2] และ อนุชมา ธูปแก้ว[2]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[2]สาขาวิชาธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[*]Email: suchananmanojureehakul@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์และเพื่อทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานในระบบ โดยการพัฒนาเว็บไซต์นี้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ตัวโปรแกรม App Script และเก็บฐานข้อมูลในโปรแกรม Google Sheet เพื่อให้ได้ระบบสารสนเทศที่สามารถช่วยลดระยะเวลาและมีความยืดหยุ่นในการทำงานรวมถึงสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการได้อย่างหลากหลาย สามารถค้นหาเอกสารในระบบได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับระบบงานเดิมที่เป็นรูปแบบเอกสารจะต้องใช้เวลาในการสร้างและสืบค้นค่อนข้างนาน ผู้วิจัยจึงได้จัดทำเว็บไซต์ออนไลน์เพื่อลดขั้นตอนการทำงานลง ให้ผู้ใช้ทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้นรวมถึงสิทธิ์การเข้าถึงเอกสารและความปลอดภัยในการตรวจสอบ มีการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ในการเรียน วิธีการเรียน การสอน การวัดและประเมินผลในรายวิชา

คำสำคัญ : มคอ.3 การจัดการรายละเอียดวิชา การพัฒนาระบบสารสนเทศ

Abstract

Research on the development of detailed storage system (TQF3) On the website, it aims to create a system for the development of a detailed storage system (TQF3). The development of this website was created using the App Script program and stored a database in the Google Sheet program to provide an information system that can reduce the duration and flexibility of operation as well as be able to operate on a wide range of operating systems. Documents can be quickly searched in the system. Compared to the original document-style work system, it takes quite a long time to create and query. The researchers created an online website to reduce workflows, making it easier for users to work with, including access to documents and security for verification. Details about the duration of the study are defined. How to learn teaching Measurement and evaluation in the course

Keywords: TQF3, Subject Content Information System, Information System Development

1. บทนำ

ปัจจุบันภายในองค์กรการศึกษา มีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการทำงานและการสื่อสาร ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างมากในการประมวลผลข้อมูลที่มีความถูกต้องรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง Borko (1968) ได้นิยามสารสนเทศศาสตร์ว่า เป็นศาสตร์ที่มีพัฒนาการมาจากบรรณารักษศาสตร์ (Library science) โดยเน้นการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติและพฤติกรรมสารสนเทศ(Properties and behaviors of information) การใช้และการส่งสารสนเทศ (Use and transmission of information) และการประมวลผลสารสนเทศ (Information processing) เพื่อให้การเข้าถึงและการใช้สารสนเทศเกิดประโยชน์สูงสุด โดยเฉพาะในสถาบันอุดมศึกษา เพราะมีหน้าที่ในการสร้างบัณฑิตให้มีคุณภาพตามแบบแผนที่วางไว้ ทางผู้จัดทำวิจัยจึงได้สร้างระบบนี้ขึ้นมาซึ่งตัวระบบมีการเข้าถึงข้อมูลและเนื้อหาโดยรวมของ มคอ.3 มีรายละเอียดที่สำคัญของทางสถาบันและตัวบัณฑิต มีหลักการที่สำคัญคือการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ เน้นการประเมินตนเองตามผลการเรียนรู้ที่กำหนด การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ มีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่ายด้วยกัน เช่น ฝ่ายอาจารย์ผู้สอน ฝ่ายผู้รับผิดชอบหลักสูตร ฝ่ายบริหาร ฝ่ายวิชาการ และฝ่ายลงทะเบียน เนื่องจากมีข้อมูลค่อนข้างมากและซับซ้อนทั้งเอกสารและกระบวนการทำงาน การจัดเอกสารให้เป็นระบบ การคำนวณ การบันทึกลงสมุด แต่การประมวลผลข้อมูลด้วยมือ ของมนุษย์มีโอกาสผิดพลาด ที่เรียกว่า “human error” ดังนั้นเมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการประมวลข้อมูลหรือที่เรียกว่า การประมวลผล ข้อมูลด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Data Processing: EDP) สามารถอำนวยความสะดวกในการทำงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีการจัดการทำระบบการพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ตัวนี้ขึ้นมาเพื่อประยุกต์และอำนวยความสะดวกกับการเรียนการสอนของทางสถาบันการศึกษา ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างระบบการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์
2. เพื่อทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานในระบบ

3. สมมติฐานในการศึกษา

ระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์สามารถจัดทำมคอ.3 ได้อย่างรวดเร็วใช้ได้ง่ายไม่ซับซ้อน

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเล่มนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาระบบการบริหารรายละเอียดของรายวิชา มคอ.3 และได้ทำการศึกษาหาตัวอย่างการรวบรวมทฤษฎี และงานวิจัยต่างๆที่ได้เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นองค์ประกอบและตัดสินใจในการทำระบบการพัฒนาระบบการบริหารรายละเอียดของรายวิชามคอ.3 โดยจะมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

เพื่อต้องการจัดการเรียนการสอนที่จะทำให้บัณฑิตบรรลุการเรียนรู้หลักสูตรของการเรียนนั้นๆ โดยจะถ่ายทอดการเรียนรู้ที่บัณฑิตควรจะได้รับ กำหนดไว้ในกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ และมาตรฐานคุณวุฒิสาขาวิชาไปสู่การปฏิบัติในหลักสูตร ซึ่งในแต่ละสถาบันอุดมศึกษาสามารถเพิ่มเติมเนื้อหาวิชานอกเหนือจากที่มีกำหนดไว้ได้อย่างอิสระ และเหมาะสมตรงกับความต้องการหรือเป็นเอกลักษณ์ของสถาบันนั้นๆ โดยอาจารย์ผู้สอนจะต้องให้การร่วมมือในการวางแผนและจัดทำรายละเอียดของหลักสูตร รายละเอียดของหลักสูตรจะช่วยอธิบายให้นักศึกษาทราบว่าตนเองจะต้องเรียนวิชาอะไรบ้าง เข้าใจถึงวิธีการสอน วิธีการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการวัดและประเมินผลที่จะทำให้มั่นใจว่าเมื่อเรียนรู้สำเร็จแล้วจะบรรลุมาตรฐานผลการเรียนรู้ได้ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรหรือไม่ การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการมาตรฐานคุณวุฒิ

ระดับอุดมศึกษา (มคอ.3 รายละเอียดของรายวิชา) ได้ช่วยให้เกิดผลดีในการปฏิบัติงานของหลักสูตร ด้านข้อมูล การประมวลผล และ รูปแบบรายงาน ท าให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว ใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจได้ มีความปลอดภัย รองรับผู้ใช้งานได้มากขึ้น สามารถตรวจสอบข้อมูลได้อย่างสะดวก เชื่อมโยงกับระบบอื่นๆ ได้ง่าย ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน[1] โดยเว็บได้กลายมาเป็นแพลตฟอร์ม (Platform) มาตรฐานในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เนื่องจากสามารถสร้างและเข้าถึงได้ง่าย ทุกที่ ทุกเวลา สามารถใช้ได้บนอุปกรณ์หลากหลายชนิดเช่นเดียวกับซอฟต์แวร์ประเภทอื่น เว็บไซต์และเว็บแอพพลิเคชันจำเป็นต้องได้รับการทดสอบการนำไปใช้งาน[2]

5. วิธีดำเนินการวิจัย

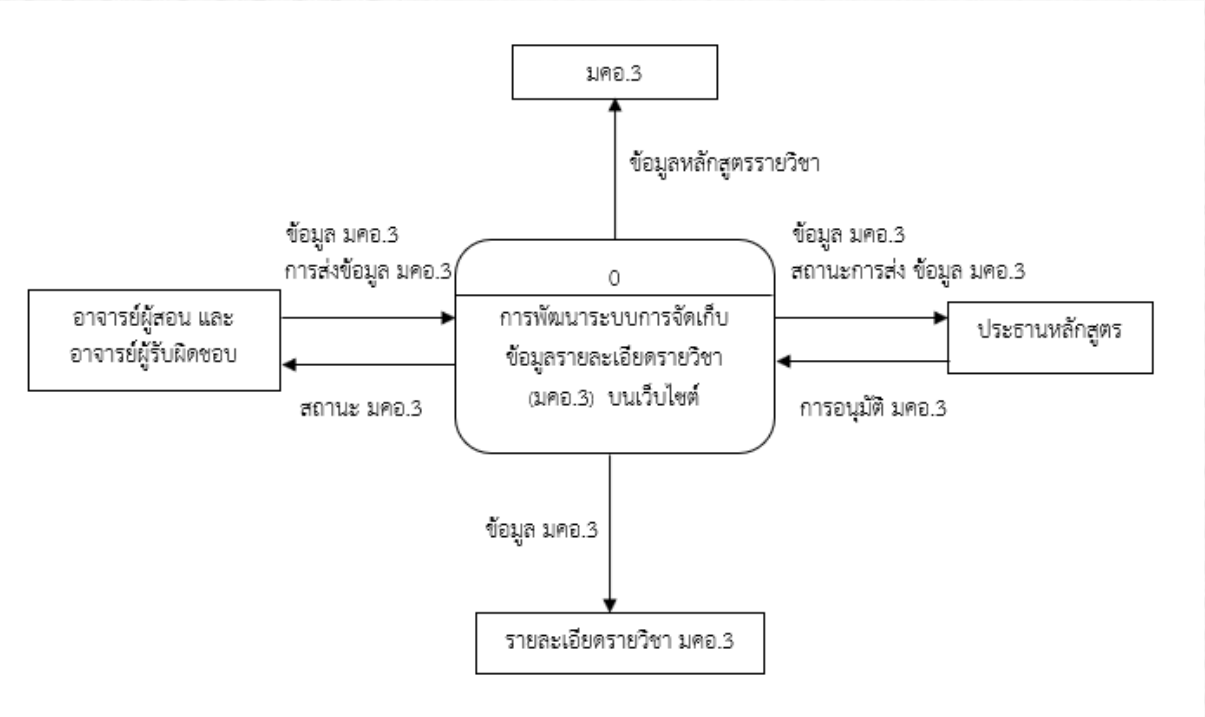
การวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ เพื่อเป็นเครื่องมือในการวางแผนการสอนของรายละเอียดของรายวิชา มคอ.3 โดยอาศัยเพียงการจัดเก็บข้อมูลแบบฐานข้อมูล โดยอิงตัวแบบวงจรการพัฒนาระบบบริหารจัดการ (SDLC) มีดังนี้

5.1 การกำหนดปัญหา (Problem Definition) ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของปัญหาเพื่อที่จะนำมาพัฒนาระบบงานเป็นขั้นตอนแรกในการพัฒนาระบบบริหารจัดการรายละเอียดรายละเอียดวิชา (มคอ.3)

5.2 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) เมื่อผ่านขั้นตอนการการกำหนดปัญหาและทราบถึงความต้องการผู้วิจัยนำปัญหาและความต้องการนั้นมาวิเคราะห์ระบบ เพื่อจัดทำระบบบริหารจัดการรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3)

5.3 การออกแบบระบบ (System Design) ผู้วิจัยนำสิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์ มาออกแบบเป็นระบบงาน รายงาน ออกแบบตัวฐานข้อมูลและหน้าจอการรับข้อมูลเข้าสู่ระบบ

5.4 การพัฒนาระบบงาน (System Development) หรือการสร้างระบบงานเพื่อนำมาพัฒนา การพัฒนาเว็บไซต์และการออกแบบนี้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ตัวโปรแกรม App Script ภาษาที่ใช้คือ HTML และเก็บฐานข้อมูลในโปรแกรม Google Sheet

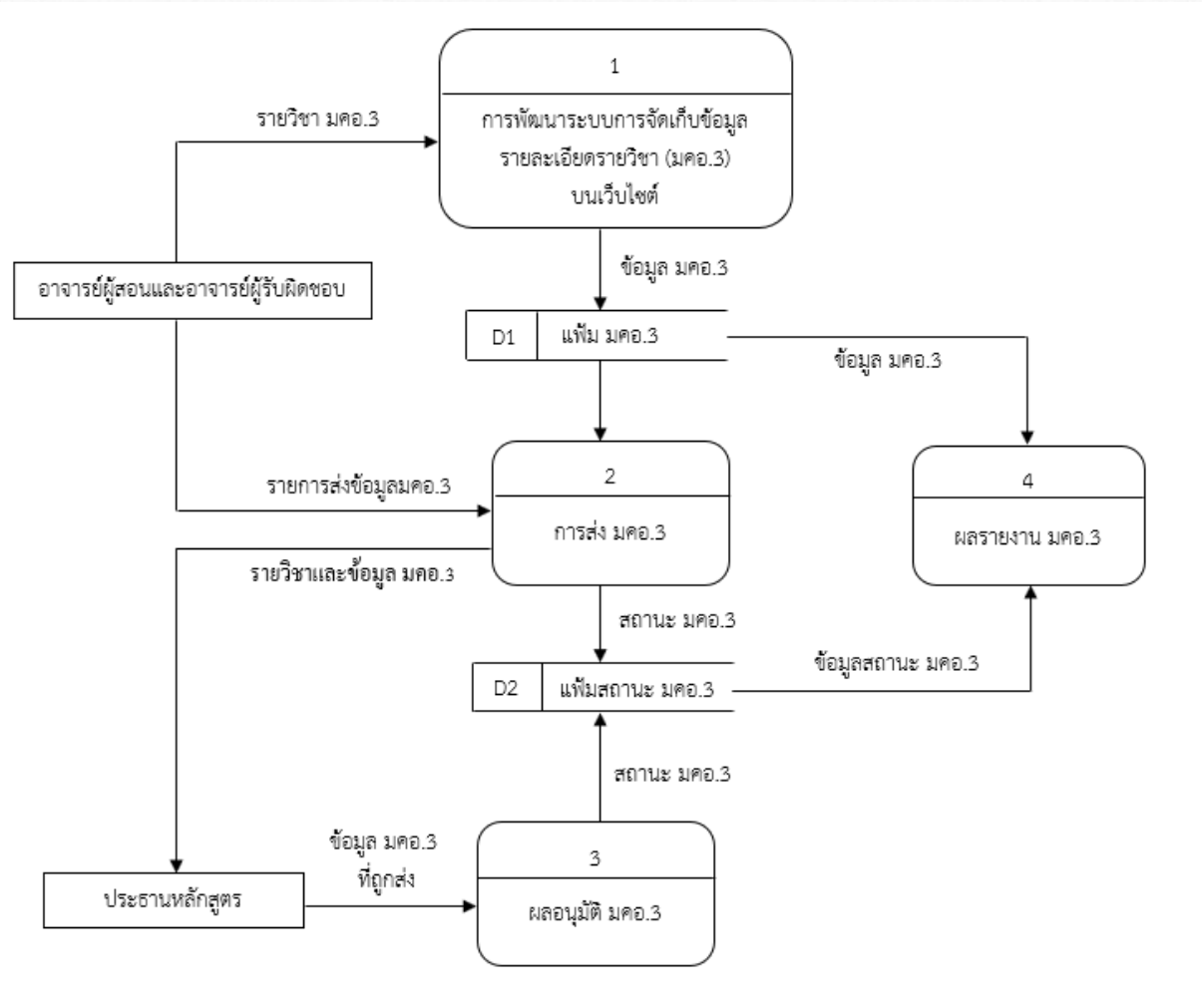


ภาพที่ 1 Data Flow Diagram Level 0 ระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชารายวิชา (มคอ.3)

5.5 การทดสอบระบบ (System Testing) ผู้วิจัยทำการทดสอบระบบที่พัฒนาโดยการตรวจสอบความถูกต้องว่านำมาใช้งานจริงผลเป็นอย่างไรและตรงตามกับความต้องการการใช้งานหรือไม่

5.6 การติดตั้ง (Deployment) หลังจากการทดสอบและพัฒนาระบบผ่านเรียบร้อยผู้วิจัยทำการลงระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ โดยทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 15 คน คืออาจารย์ในมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ นำผลการเก็บข้อมูลและทำการประเมินหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.7 การบำรุงรักษา (Maintenance) หลังจากติดตั้งและมีการใช้งานจริงแล้วจะต้องมีการบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอมีผู้ที่ดูแลระบบ คอยทำหน้าที่ในการเพิ่ม ลบ แก้ไข และปรับปรุงข้อมูลของระบบบริหารจัดการรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) ให้ตรงกับข้อมูลปัจจุบัน



ภาพที่ 2 Data Flow Diagram Level 1 ระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชารายวิชา (มคอ.3)

6. ผลการวิจัย

แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชารายวิชา (มคอ.3) คณะผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้เว็บไซต์และทำแบบประเมินความพึงพอใจ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน[5]

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาจารย์คณะบริหารธุรกิจ จำนวน 15 ท่าน

การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของเว็บไซต์โดยได้พัฒนาจากการทบทวนแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ครอบคลุมและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานเว็บไซต์ ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้เว็บไซต์ ด้านการออกแบบเว็บไซต์ ด้านความง่ายต่อการใช้งานเว็บไซต์ และให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้เว็บไซต์และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบสอบถามโดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ค่าคะแนนช่วง 4.50 - 5.00 หมายถึง อยู่ในระดับดีมากที่สุด

ค่าคะแนนช่วง 3.50 - 4.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีมาก

ค่าคะแนนช่วง 2.50 - 3.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีปานกลาง

ค่าคะแนนช่วง 1.50 - 2.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีน้อย

ค่าคะแนนช่วง 1.00 - 1.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีน้อยที่สุด

สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์จะเห็นได้ว่าผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก

7. สรุปผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้พบว่าการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ขึ้นเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศที่สามารถช่วยในการสร้างและติดตามรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) สามารถรายงานผลและสถานะการทำงานของระบบ ให้ผู้สอนสามารถปรับปรุงแก้ไขรายงานผ่านตัวระบบ (มคอ.3) ช่วยลดระยะเวลาและมีความยืดหยุ่นในการทำงานและ สามารถค้นหาเอกสารในระบบได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับระบบงานเดิมที่เป็นรูปแบบเอกสาร ดังนั้นจึงมีการจัดการทำระบบการพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) บนเว็บไซต์ตัวนี้ขึ้นมาเพื่อประยุกต์และอำนวยความสะดวกกับการเรียนการสอนของทางสถาบันการศึกษา

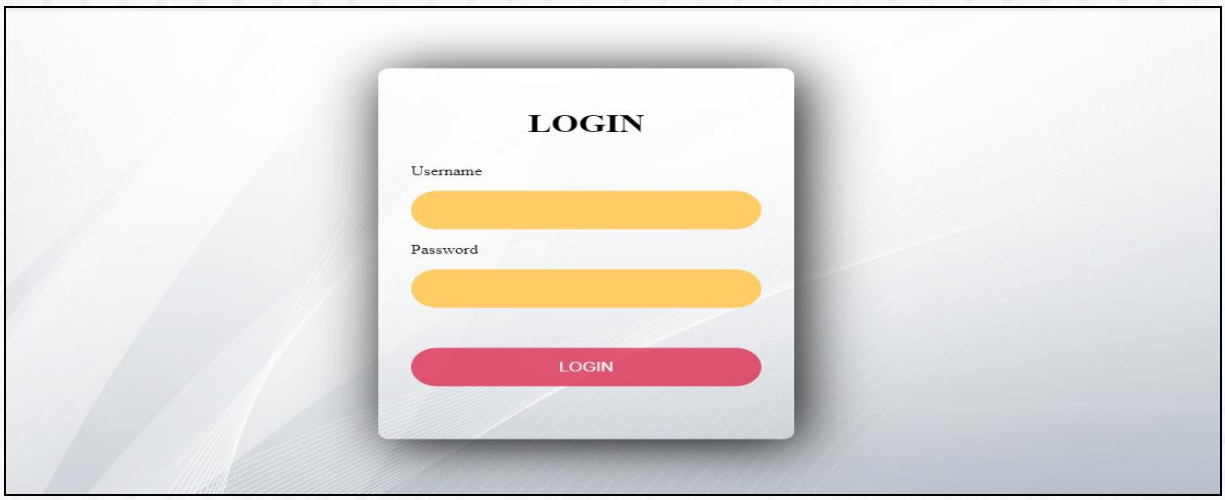
ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. ด้านเนื้อหา		
1.1 เนื้อหามีความชัดเจนถูกต้องเชื่อถือได้	4.54	0.59
1.2 ข้อมูลมีความทันสมัยน่าสนใจ	4.55	0.59
1.3 ข้อความในเว็บไซต์ถูกต้อง ครบถ้วน	4.55	0.58
2. ด้านการออกแบบเว็บไซต์		
2.1 การจัดรูปแบบเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	4.46	0.61
2.2 สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.46	0.61
2.3 สีพื้นหลังง่ายต่อการอ่าน	4.57	0.66
3. ด้านการทำงานฟังก์ชันการทำงาน		
3.1 การใช้คำสั่งส่วนของเมนูมีความสะดวก	4.54	0.61
3.2 ความเร็วในการทำงานของเว็บไซต์	4.42	0.73
3.3 การตอบสนองต่อหน้าเว็บไซต์	4.48	0.59

จากตารางที่ 1 พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ของระบบการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดรายวิชา รายวิชา (มคอ.3) อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ซึ่งสอดคล้องกับผลประเมินความพึงพอใจของส่วนสารสนเทศ ศูนย์บริการวิชาการ ได้ดำเนินการจัดทำระบบสารสนเทศ เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานและเพื่อเป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศให้มีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์ [4]

8. อภิปรายผลการวิจัย

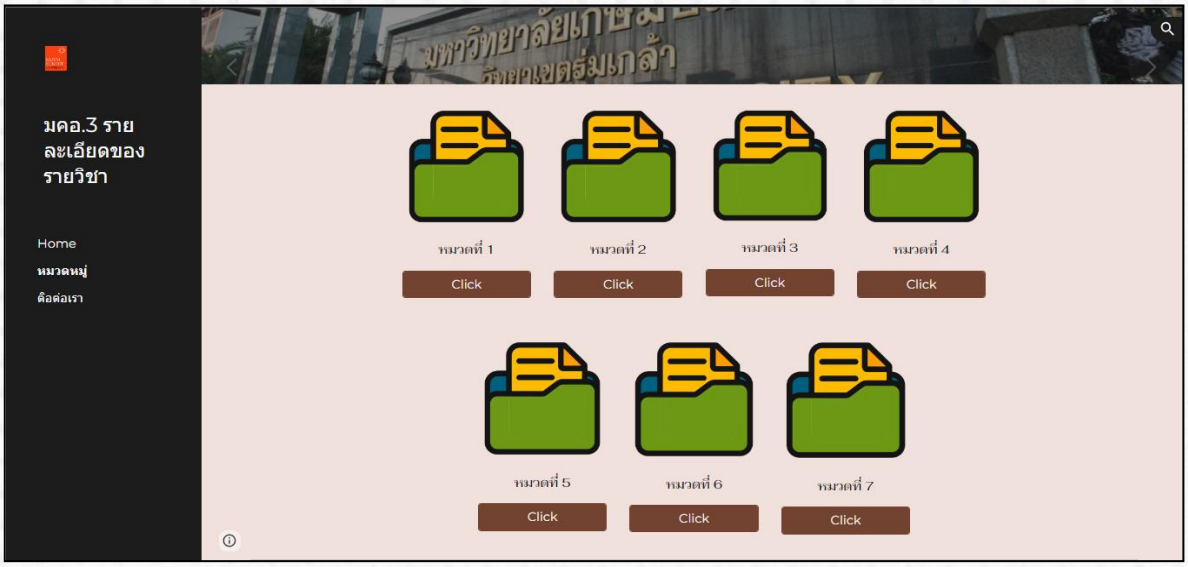
ระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) เป็นระบบสารสนเทศที่สามารถประมวลผลรายวิชา จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้การจัด การเรียนการสอนสอดคล้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในรายละเอียด ของหลักสูตรที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนรวมถึงความสามารถใน การประมวลผลผลลัพธ์การเรียนรู้เพื่อให้ผู้สอนสามารถออกแบบ กลยุทธ์การสอน การประเมินผลได้อย่างถูกต้อง[3]



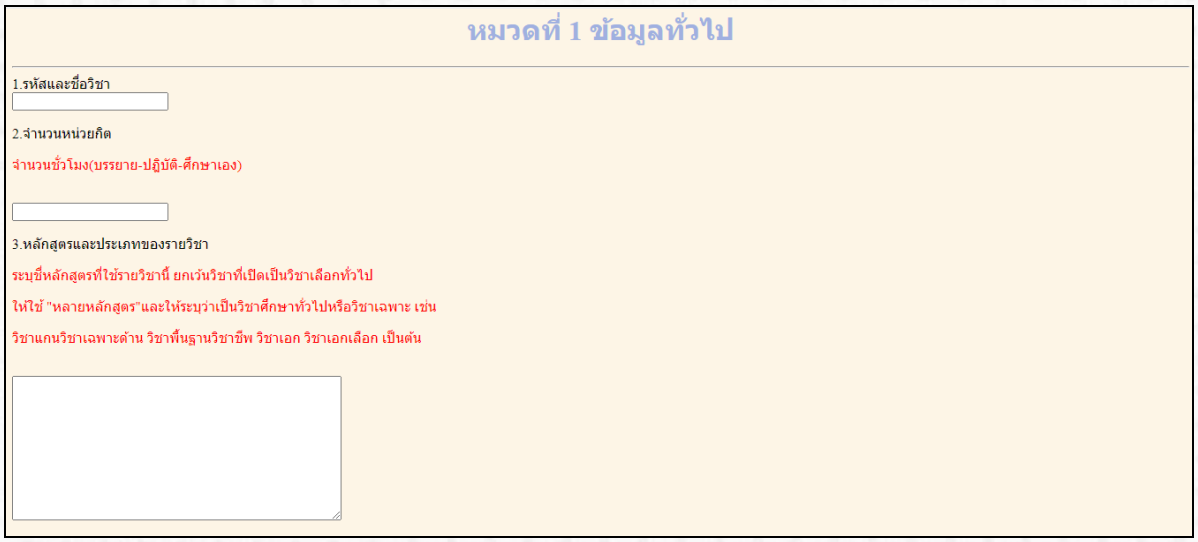
ภาพที่ 3 หน้าจอเข้าสู่ระบบ TQF



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงคำอธิบายทั้ง 7 หมวด



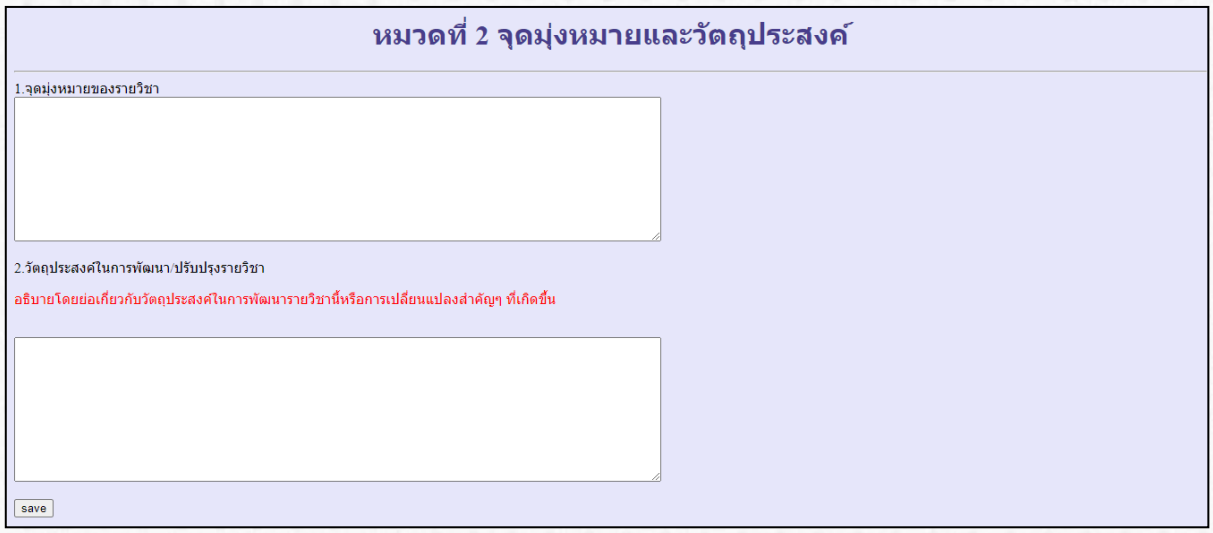
ภาพที่ 5 หน้าจอหลักแสดงหมวดหมู่เพื่อกรอกข้อมูล



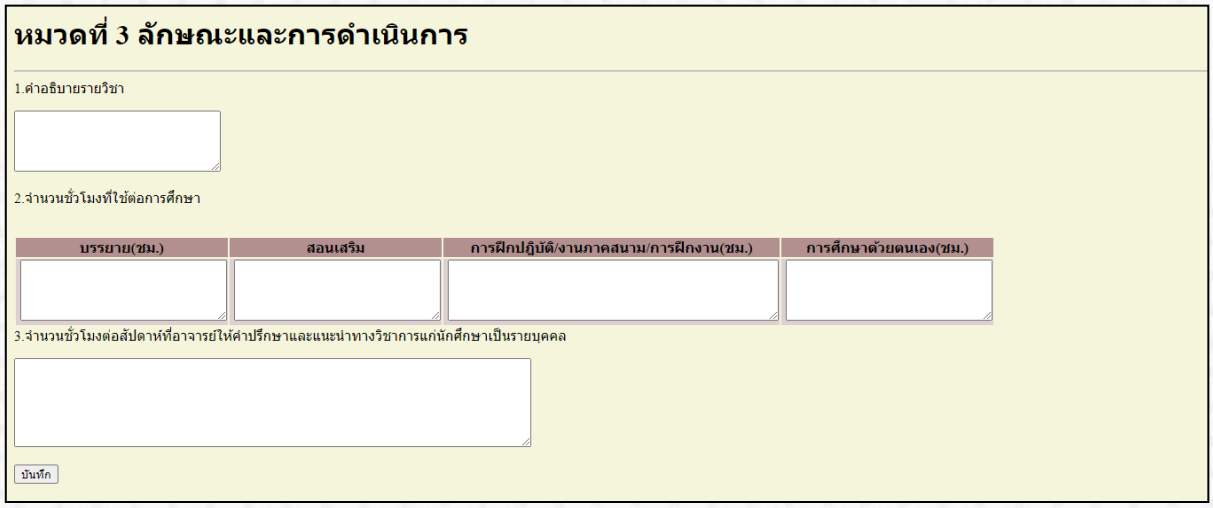
ภาพที่ 6 หน้าจอการจัดการข้อมูล หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

จากภาพที่ 6 เป็นส่วนของการแสดงหน้าจอข้อมูลหมวดที่ 1 ทำการกรอกข้อมูลและบันทึกข้อมูล แสดงรายละเอียดดังนี้ (1) รหัสและชื่อวิชา (2) จำนวนหน่วยกิต (3) หลักสูตรและประเภทของรายวิชา (4) อาจารย์ผู้สอน (5) ภาคเรียนการศึกษา (6) รายวิชาที่ต้องมาก่อน (ถ้ามี) (7) สถานที่เรียน (8) วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดวิชา (9) อาจารย์ผู้รับผิดชอบ

จากภาพที่ 7 เป็นส่วนของการแสดงหน้าจอข้อมูลหมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ทำการกรอกข้อมูลและบันทึกข้อมูล แสดงรายละเอียด ดังนี้ (1) จุดมุ่งหมายของรายวิชา (2) วัตถุประสงค์ในการพัฒนา ปรับปรุงรายวิชา

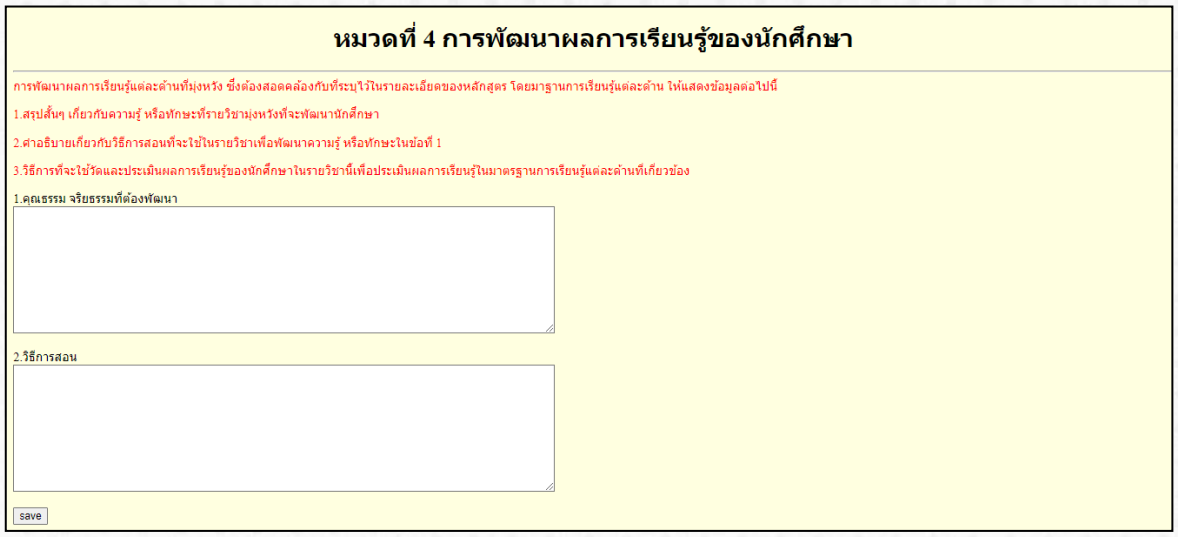


ภาพที่ 7 หน้าจอการจัดการข้อมูล หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์



ภาพที่ 8 หน้าจอการจัดการข้อมูล หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

จากภาพที่ 8 เป็นส่วนของการแสดงหน้าจอข้อมูลหมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการทำการกรอกข้อมูลและบันทึกข้อมูล แสดงรายละเอียด ดังนี้ (1) คำอธิบายรายวิชา (2) จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อการศึกษา (3) จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล



ภาพที่ 9 หน้าจอการจัดการข้อมูล หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

จากภาพที่ 9 เป็นส่วนของการแสดงหน้าจอข้อมูลหมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ทำการกรอกข้อมูลและบันทึกข้อมูล การพัฒนาผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวัง ซึ่งต้องสอดคล้องกับที่ระบุไว้ในรายละเอียดของหลักสูตร โดยมาฐานการเรียนรู้แต่ละด้าน



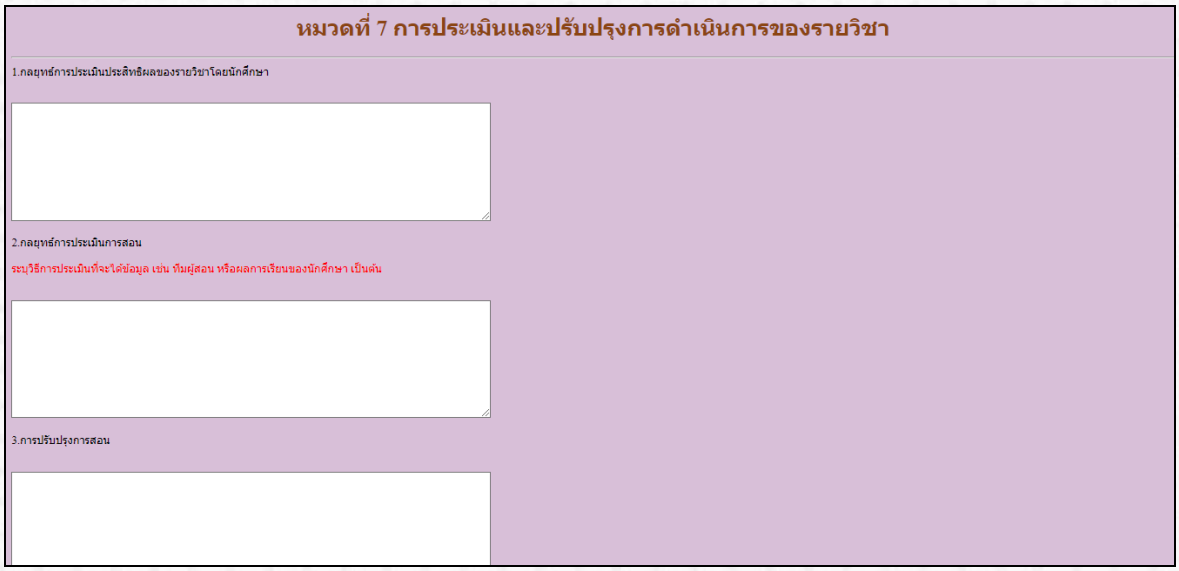
ภาพที่ 10 หน้าจอการจัดการข้อมูล หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

จากภาพที่ 10 เป็นส่วนของการแสดงหน้าจอข้อมูลหมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล ทำการกรอกข้อมูลและบันทึกข้อมูลแผนการเรียนการสอน



ภาพที่ 11 หน้าจอการจัดการข้อมูล หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียน

จากภาพที่ 11 เป็นส่วนของการแสดงหน้าจอข้อมูลหมวดที่ 6 ทำการกรอกข้อมูลและบันทึกข้อมูล แสดงรายละเอียด ดังนี้ (1) ตำราและเอกสาร (2) เอกสารและข้อมูลสำคัญ (3) เอกสารและข้อมูลแนะนำ



ภาพที่ 12 หน้าจอการจัดการข้อมูล หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

จากภาพที่ 12 เป็นส่วนของการแสดงหน้าจอข้อมูลหมวดที่ 7 ทำการกรอกข้อมูลและบันทึกข้อมูล แสดงรายละเอียด ดังนี้ (1) กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา (2) กลยุทธ์การประเมินการสอน (3) การปรับปรุงการสอน (4) การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา (5) การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

9. ข้อเสนอแนะ

การจัดทำรายละเอียดรายวิชา (มคอ.3) ที่มีอาจารย์ผู้สอนมากกว่า 1 ท่าน อาจารย์ผู้สอนควรมีมติร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการสอนกลยุทธ์และการประเมินผล

1. ควรเพิ่มระบบการแจ้งเตือน สำหรับรายวิชาที่มีการส่งข้อมูล
2. ทำการรวบรวมรายละเอียดข้อมูลหมวดหมู่ให้เป็นไฟล์เดียวกัน

10. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจและอาจารย์ผู้สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

11. เอกสารอ้างอิง

[1] เอกชัย สังข์ทอง. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการมาตรฐาน คุณวุฒิระดับอุดมศึกษา (มคอ.3) รายละเอียดของรายวิชา กรณีศึกษา คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.2554.

[2] พชร วิจาระ. (2556). กาพัฒนากรอบการทำงานในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานบนเว็บไซต์ (วิทยาริพนธ์วิศวกรรมศาสตร์-มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[3] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2554). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System: MIS). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[4] ภัทธ์ เอมวัฒน์, กุลวดี ทัพภะ, นุสรา โต๊ะเซะ, และ กิตติศักดิ์ แก้วเนียม. ระบบตรวจสอบความสอดคล้องทรัพยากรสารสนเทศ กับ มคอ. 3 หอสมุดจอห์น เอฟ เคนเนดี้ สำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์| John F. Kennedy Library Thailand Qualification Framework 3 Collection. PULINET Journal. 4(2017)46-54.

[5] ศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (27 มิถุนายน 2565). สรุปความพึงพอใจการใช้บริการสารสนเทศมหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก https://uacinfo.kku.ac.th/adminis/03infomation/report_evea55.pdf.

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

The study of antioxidant activity and total phenolic content in the seed membrane of gac fruit

อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์[1*] และ บุณยรัศมิ์ สุขเขียว[1]

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

[*]Email: ornjira.a@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการสกัดสารไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย จากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายผสม เฮกเซน:เอทานอล:อะซีโตน ในอัตราส่วน 2:1:1 โดยปริมาตร เขย่าเป็นเวลา 60 นาที และปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงเป็นเวลา 15 นาที จะได้ปริมาณไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสูงที่สุด จึงนำสารสกัดหยาบที่ได้มาศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และวิธี DPPH assay ซึ่งผู้วิจัยทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Follin-Ciocalteu method พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 8.287 กรัมของสารมาตรฐาน BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6.996 กรัมของสารมาตรฐาน BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักตัวอย่างสด และในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีค่า IC_{50} เท่ากับ 24.05 ppm ซึ่งมีค่า IC_{50} ใกล้เคียงกับวิตามินซีที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 22.40 ppm ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 45.81 ppm แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay ซึ่งสอดคล้องกับการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มีค่าสูงกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดเช่นกัน

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว ไลโคปีน

Abstract

In this research, lycopene was extracted from the seed membrane of gac fruit using the solvent extraction method. From previous study, it was found that when using the solvent as a mixed solution hexane: ethanol: acetone in a ratio of 2:1:1 by volume was shaken for 60 minutes and blended with a high-speed blender for 15 minutes to obtain the highest lycopene content from the seed membrane of gac fruit. Therefore, crude extracts from the seed membrane of gac fruit were used to quantify the antioxidant activity by quantifying total phenolic compounds and by DPPH assay. Total phenolic

compounds were determined by using the Follin-Ciocalteu method. It was found that the crude extract obtained from the seed membrane of gac fruit had total phenolic compounds equal to 8.287 g of standard BHT equivalent per 100 g of dry sample weight. The total phenolic compounds of the fresh seed membrane of gac fruit was 6.996 g of standard BHT equivalent per 100 g of fresh sample weight. In the study of antioxidant activity by DPPH assay, it was found that the crude extract obtained from the seed membrane of gac fruit had an IC_{50} value of 24.05 ppm, which was close to that of vitamin C with an IC_{50} value of 22.40 ppm. The fresh seed membrane of gac fruit had an IC_{50} value of 45.81 ppm, indicating that the crude extract obtained from the seed membrane of gac fruit had stronger antioxidant activity than those from the DPPH assay, which was consistent with the determination of total phenolic compounds. It was higher than that of fresh seed membrane of gac fruit as well.

Keywords: antioxidant, seed membrane of gac fruit, lycopene

1. บทนำ

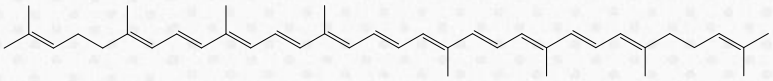
ฟักข้าว (Momordica cochinchinensis Spreng) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) พืชชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน พม่า ลาว บังคลาเทศ มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ และสามารถพบได้ในแถบทุกภูมิภาคของประเทศไทย ส่วนผลฟักข้าวมีหนามขนาดเล็ก ผลอ่อนมีสีเขียว มีหนามถี่ และจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ส้ม แดง เมื่อผลสุกตามลำดับ แต่ละผลจะมีน้ำหนักประมาณ 200-2,000 กรัมต่อผล ส่วนด้านในของผลจะมีเนื้อสีเหลืองและมีเมล็ดที่ห่อหุ้มด้วยเยื่อสีแดง ซึ่งจะมีน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ด ประมาณ 40-400 กรัมต่อผลหรือประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักผลสด [1-2]

ฟักข้าวถือเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีสารพฤกษเคมีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะสารในกลุ่มไลโคปีนและสารเบต้าแคโรทีนในปริมาณที่สูงมาก [3-4] โดยปริมาณสารไลโคปีนพบได้ทั้งในเนื้อผลและเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวแต่พบปริมาณมากกว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวโดยมีสูงถึง 380 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งมากกว่าพืชที่พบไลโคปีนชนิดอื่นประมาณ 10-12 เท่า และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนในเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวประมาณ 101 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในแครอทถึง 10 เท่า [3] รวมทั้งยังพบกรดไขมันชนิดโซ่ยาวซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อการดูดซึมของไลโคปีน และเบต้าแคโรทีนอีกด้วย ทำให้การดูดซึมของไลโคปีนและเบต้าแคโรทีนจากฟักข้าวสามารถดูดซึมได้ดีด้วย [5]

ไลโคปีน (lycopene) เป็นสาร phytochemical ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ชนิดแคโรทีน (แคโรทีนอยด์ที่ไม่มีอะตอมออกซิเจน) ซึ่งเป็นรงควัตถุ (pigment) สีแดงที่พบมากตามธรรมชาติในผัก ผลไม้ ที่มีสีแดงหรือสีชมพู เช่น มะเขือเทศ ฟักข้าว มะละกอ แตงโม พริกหยวก และฝรั่งพันธุ์สีชมพู เป็นต้น ไลโคปีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดเทอร์พีนที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงยาว ประกอบด้วยหมู่ไอโซพรีน 8 หมู่ที่เชื่อมด้วยพันธะคู่ 13 พันธะ โดยพันธะคู่ 11 พันธะเป็นแบบคอนจูเกต ดังภาพที่ 1 ทำให้ไลโคปีนสามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันได้ ยกเว้นสีแดงซึ่งมีความยาวคลื่นมากที่สุดจึงสะท้อนกลับ ทำให้ไลโคปีนปรากฏเป็นสีแดง นอกจากนี้ไลโคปีนยังเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ (Lipophilic) จึงไม่สามารถละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย แต่สามารถละลายได้ดีในน้ำมันหรือตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ เอทิลอีเทอร์ เอทิลอะซีเตต คลอโรฟอร์ม และ อะซิโตน เป็นต้น [6]

ไลโคปีนเป็นสารแอนติออกซิเดนท์ (antioxidant) ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในอนุพันธ์กลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงว่า Beta-Carotene 2 เท่า และสูงกว่าวิตามินอี 10 เท่า ซึ่งจะช่วยต้านอนุมูลอิสระของเซลล์ ช่วยชะลอวัย และป้องกันการเกิดออกซิเดชันในอาหารได้อีกด้วย [7] นอกจากนี้ในการศึกษาทางด้านการแพทย์ยังพบว่าโลโคปีนมี

ส่วนช่วยในการลดอัตราเสี่ยงการเป็นมะเร็งหลายชนิด โดยเฉพาะมะเร็งต่อมลูกหมาก การได้รับสารไลโคปีนในปริมาณสูงส่งผลให้ช่วยลดโคเลสเตอรอลหรือ LDL ที่มีส่วนทำให้เกิดโรคหัวใจ จากผลการวิจัยพบว่าการรับประทานอาหารที่มีไลโคปีนเป็นประจำจะลดอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของเส้นเลือดตีบ และหัวใจวาย อีกทั้งยังสามารถช่วยสร้างภูมิต้านทานในการต่อสู้กับโรคหืดหอบได้อีกด้วย ไลโคปีนเป็น carotenoid ที่ไม่ถูกทำลายระหว่างการแปรรูปอาหารเหมือนเบต้าแคโรทีน ร่างกายของคนเราไม่สามารถผลิตไลโคปีน ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องทานไลโคปีนจากผัก ผลไม้ หรืออาหารเสริม



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของไลโคปีน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงทำการสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว โดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย จากนั้นศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin – Ciocalteu method ของสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว เปรียบเทียบกับเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การสกัดไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

ชั่งเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวปริมาณ 8 กรัม นำมาบดให้ละเอียด จากนั้นเติมตัวทำละลายผสม เฮกเซน:เอทานอล:อะซีโตน ในอัตราส่วนโดยปริมาตร 2:1:1 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 360 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารผสมที่ได้ใส่ในกรวยแยก แยกส่วนล่างซึ่งเป็นของเหลวสีส้มอ่อนใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เพื่อนำไปสกัดต่อและแยกส่วนบนซึ่งเป็นของเหลวสีส้มแดงใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำของเหลวส่วนล่างมาสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลายและวิธีการสกัดเหมือนเดิม นำสารละลายชั้นล่างที่ได้จากการสกัดรอบที่ 2 มาสกัดซ้ำด้วย เฮกเซนปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 360 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำสารผสมไปปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (Homogenizer) เป็นเวลา 15 นาที แล้วกรองสารผสมด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำของเหลวที่ได้ใส่ในกรวยแยกทำการแยกสารผสม แยกสารละลายชั้นบนรวมกับสารที่สกัดได้ก่อนหน้านี้ และนำสารละลายชั้นล่างไปทำการสกัดซ้ำด้วยเฮกเซนปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 360 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 60 นาที นำสารที่ได้จากการสกัดทั้ง 4 รอบ รวมกันแล้วนำไประเหยให้เกือบแห้งภายใต้สภาวะสุญญากาศ ก็จะได้สารสกัดหยาบไลโคปีนจากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวเพื่อให้ในการทดลองต่อไป

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Folin และ Ciocalteu [8] โดยนำสารตัวอย่าง (เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว) ปริมาณ 0.025 กรัม มาละลายด้วยเมทานอลปริมาตร 25 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่เข้มข้น 1000 ppm จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก เติม 2.0 M Folin-Ciocalteu's reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมสารละลาย 20 %W/V Na_2CO_3 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 นาโน

เมตร นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยเปรียบเทียบกับสารละลาย BHT (Butylated hydroxytoluene) ซึ่งใช้เป็นสารมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดจะรายงานในรูปกรัมสมมูลของสารละลายมาตรฐาน BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด (g BHT equivalents /100 g wet wt.) ส่วนผลการวิเคราะห์ของสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวจะรายงานในรูปกรัมสมมูลของสารละลายมาตรฐาน BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (g BHT equivalents /100 g dry wt.)

2.3 การวิเคราะห์หาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity (DPPH) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Yamasaki และคณะ [9] โดยนำสารตัวอย่าง (เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว) ปริมาณ 0.025 กรัม มาละลายด้วยเมทานอลปริมาตร 25 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่เข้มข้น 1000 ppm จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้ปริมาตร 0.01 0.1 0.5 และ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 10 50 และ 100 ppm ตามลำดับ ปิเปตสารละลายที่ได้แต่ละความเข้มข้นใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็กหลอดละ 1.60 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ที่มีความเข้มข้น 75 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 2.40 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหา % Inhibition และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเขียนกราฟเพื่อคำนวณหาค่า IC_{50}

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

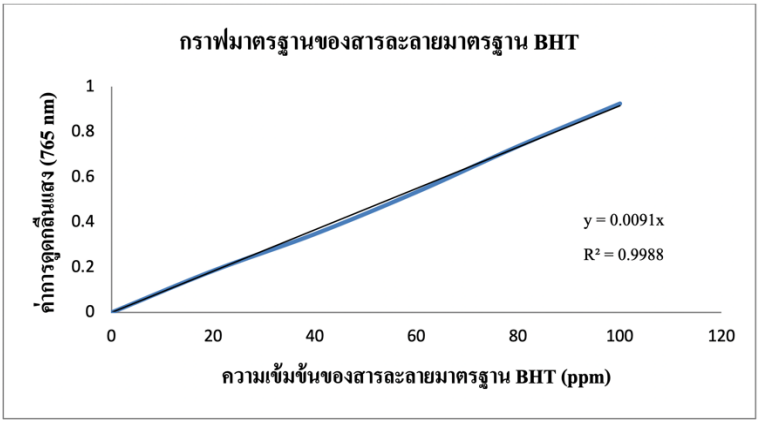
3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว โดยใช้สารละลายมาตรฐาน BHT ทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (FCR) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะถูกออกซิไดส์ด้วยสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (FCR) เนื่องจากสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ประกอบด้วยโซเดียมทังสเตต (Na_2WO_4) โซเดียมโมลิบเดต (Na_2MoO_4) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) โมลิบดินัมและทังสเตนในสารละลายจะอยู่ในรูป Mo^{6+} และ W^{6+} ซึ่งมีสีเหลือง เมื่อรับอิเล็กตรอนจากสารประกอบฟีนอลิกแล้วจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูป Mo^{5+} และ W^{5+} ซึ่งมีสีน้ำเงินโมลิบดินัมบลู (molybdenum blue) และทังสเตนบลู (tungsten blue) ตามลำดับ โดยเกิดเป็นสารเชิงซ้อนฟอสโฟโมลิบเดต/ฟอสโฟทังสเตต ([phe-$MoW_{11}O_{40}]^{4-}$) ดังสมการที่ 1

$$\underset{\text{สีเหลือง}}{Na_2WO_4 / Na_2MoO_4} \longrightarrow \underset{\text{สีน้ำเงิน}}{[phe\text{-}MoW_{11}O_{40}]^{4-}} \qquad (1)$$

จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยกราฟมาตรฐานจะได้จากการนำสารละลายมาตรฐาน BHT ที่มีความเข้มข้น 20 , 40 , 60 , 80 และ 100 ppm มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent และ 20%w/v Na_2CO_3 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร แล้วนำมาเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการ

ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน BHT ที่ความเข้มข้นต่างๆ จะได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน BHT

จากกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน BHT จะได้สมการของกราฟมาตรฐาน (Y = 0.0091, R^2 = 0.9988) เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารตัวอย่าง เมื่อนำสารตัวอย่าง คือ เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐาน จะสามารถคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปของกรัมสมมูลของสารละลาย BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด (g BHT equivalent/100 g fresh weight) หรือ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (g BHT equivalent /100 g dry weight) ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

สารตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด		ค่าเฉลี่ย
		ppm	g BHT equivalent/100 g fresh weight หรือ g BHT equivalent/100 g dry weight	
เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด	0.644	70.77	6.996	6.996
	0.645	70.88	6.969	
	0.644	70.76	7.024	
สารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว	0.768	84.40	8.373	8.287
	0.762	83.74	8.228	
	0.762	83.74	8.261	

หมายเหตุ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดใช้หน่วยเป็นกรัมสมมูลของสารละลาย BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด (g BHT equivalent/100 g fresh weight)
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวใช้หน่วยเป็นกรัมสมมูลของสารละลาย BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (g BHT equivalent /100 g dry weight)

จากการทดลองพบว่า เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6.996 กรัมสมมูลของสารละลายมาตรฐาน BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด และสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 8.287 กรัมสมมูลของสารละลาย BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง จะเห็นได้ว่า สารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด หากสารตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมาก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ก็จะสูงด้วย (EC_{50} น้อย) [10] นั้นแสดงว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด เนื่องจากสารสกัดหยาบที่ได้จะมีความเข้มข้นของไลโคปีนมากกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด

3.2 การวิเคราะห์หาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

3.2.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระกับสารอนุมูลอิสระ ซึ่งก็คือ DPPH ซึ่งเป็นสารละลายสีม่วง โดยสังเกตจากการจางลงของสารละลายสีม่วงและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ดังสมการที่ 2

$$\% \text{ Inhibition} = \left(\frac{A_{517}\ \text{Control} - A_{517}\ \text{Test sample}}{A_{517}\ \text{Control}} \right) \text{x } 100 \qquad (2)$$

และเมื่อนำความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระกับค่า %Inhibition ไปสร้างกราฟความสัมพันธ์จะสามารถหาค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (IC_{50}) ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชตัวอย่างจะแปรผกผันกับค่า IC_{50} ดังนั้นถ้าสารตัวอย่างมีค่า IC_{50} น้อยแสดงว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดี

จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารละลายมาตรฐานวิตามินซีที่ความเข้มข้น 1 10 50 และ 100 ppm คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระได้ดังตารางที่ 2 และเมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 2 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซีในหน่วย ppm กับ %Inhibition (R^2 = 0.990) จะสามารถคำนวณหาค่า IC_{50} ของสารละลายมาตรฐานวิตามินซีได้เท่ากับ 22.40 ppm

ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงและค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารอนุมูลอิสระของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี โดยวิธี DPPH

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร	% Inhibition
100	0.035	95.67
50	0.241	70.21
10	0.458	43.38
1	0.531	34.36

3.2.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดและสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวด้วยวิธี DPPH เช่นเดียวกันกับวิตามินซีโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร และคำนวณหา % Inhibition ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงและ %Inhibition ของเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด และสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวด้วยวิธี DPPH

สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร	% Inhibition	IC_{50} (ppm)
เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด	100	0.191	76.39	45.81
	50	0.356	56.00	
	10	0.533	34.12	
	1	0.622	23.11	
สารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว	100	0.061	92.45	24.05
	50	0.265	67.24	
	10	0.411	49.20	
	1	0.576	28.80	

และเมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 3 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตัวอย่างในหน่วย ppm กับ %Inhibition จะสามารถคำนวณหาค่า IC_{50} ของสารตัวอย่างได้ ซึ่งจากผลการทดลองจะได้ค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (IC_{50}) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่า IC_{50} ของวิตามินซี เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด และสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว

สารตัวอย่าง	IC_{50} (ppm)
เยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด	45.81
สารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าว	24.05
วิตามินซี	22.40

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า สารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีค่า IC_{50} (24.05 ppm) ต่ำกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด (45.81 ppm) แสดงว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด และยังมีค่าใกล้เคียงกับวิตามินซี ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 22.40 ppm อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีมาก จึงควรส่งเสริมให้มีการบริโภคฟักข้าวที่ดัดแปลงมาทำเป็นน้ำจากลูกฟักข้าวและปลูกรับประทานในครัวเรือน จะเป็นการส่งเสริมเรื่องสุขภาพอีกทางหนึ่งด้วย

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวที่ใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เปรียบเทียบกับเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด โดยผู้วิจัยได้นำสารสกัดหยาบจากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมาทำการศึกษาหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และวิธี DPPH assay ซึ่งผู้วิจัยทำการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Follin-Ciocalteu method พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 8.287 กรัมของสารมาตรฐาน BHT ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6.996 กรัมของสารมาตรฐาน BHT

ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักตัวอย่างสด และในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีค่า IC_{50} เท่ากับ 24.05 ppm ซึ่งมีค่า IC_{50} ใกล้เคียงกับวิตามินซีที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 22.40 ppm ส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 45.81 ppm แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวสด ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกันกับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Follin-Ciocalteu method ที่พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสด ดังนั้นเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวจึงเป็นอาหารที่ให้สารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเป็นอย่างดี ซึ่งจากผลงานวิจัยสรุปได้ว่า สารสกัดหยาบที่ได้จากเยื่อหุ้มเมล็ดผลฟักข้าวจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay และการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่มีค่าสูงที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พัชริน ส่งศรี. ฟักข้าว พืชพื้นบ้านคุณค่าสูงที่ไม่ควรมองข้าม: แนวทางการปรับปรุงพันธุ์. เกษตรก้าวหน้า 24(2554). 33-42.

[2] รัตนพงษ์ จันทะวงษ์. “ฟักข้าว” ผักพื้นบ้านอันทรงคุณค่า. เกษตรก้าวหน้า 24(2554)15-32.

[3] H. Aoki, N.T.M. Kieu, N. Kuze, K. Tomikasa, N.V. Chuyen, Carotenoid Pigments in Gac Fruit (Momordica cochinchinensis Spreng). *Bioscience, Biotechnology, Biochemistry*, 66(2002)2479–2482.

[4] T.H. Tran, “Producing carotenoid-rich powder from Gac fruit”, Master Thesis, Center for Plant and Food Science, University of Western Sydney, Australia. 2007.

[5] Y. Ishida, T. Kondo, T. Takayasu, Y. Iwakura, N. Mukaida, The essential involvement of cross-talk between IFN-gamma and TGF-beta in the skin wound-healing process. The Journal of Immunology. 172(2004)1848-1855.

[6] หยาดฝน ทนงการกิจ และ พูนพัฒน์ พูนน้อย. การผลิตสีผสมอาหารธรรมชาติจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 2557

[7] สุภามาส อินทฤทธิ์ และ เพ็ญศรี เพ็ญประไพ. ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไลโคปีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะพร้าวที่มีสารสกัดจากเยื่อหุ้มฟักข้าวและมะเขือเทศเพื่อ ใช้เป็นอาหารเสริม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 2560

[8] O. Folin, V. Ciocalteu, On tyrosine and tryptophane determinations in proteins, The Journal of Biological Chemistry. 73(1927)627-650.

[9] K. Yamazaki, A. Hashimoto, Y. Kokusenya, T. Miyamoto, T. Sato, Electrochemical method for estimating the antioxidative effect of methanol extracts of crude drugs, Chem. Pharm. Bull. 42(1994)1663-1665.

[10] G. Piluzza, S. Bullitta, Correlations between phenolic content and antioxidant properties in twenty-four plant species of traditional ethnoveterinary use in the Mediterranean area, Pharmaceutical Biology. 49(2011)240-247.

การนำแป้งเท้ายายม่อมมาใช้เป็นฟิลเลอร์สำหรับผลิตโฟมพอลิยูรีเทน

Use of arrowroot starch as filler in polyurethane foam production

ดวงฤทัย ศรีแดง[1*] และ ปรานอม ขาวเมฆ[1]

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

*Email: duangruthai.s@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

โฟมพอลิยูรีเทนที่เติมแป้งเท้ายายม่อมเป็นฟิลเลอร์ถูกเตรียมขึ้นเพื่อศึกษาผลของฟิลเลอร์ที่มีต่อสมบัติของโฟม งานวิจัยนี้ใช้ฟิลเลอร์ 0-15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิออล โดยศึกษาเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ความหนาแน่น สมบัติทางความร้อนและค่าความต้านทานต่อแรงกด พิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ผลการทดลองพบวาค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหมูไอโซไซยาเนตมีคา 97.8-99.8% ความหนาแน่น ค่าความต้านทานต่อแรงกดและสมบัติทางความร้อนของโฟมที่เติมแป้งเท้ายายม่อมมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับโฟมที่ไม่ได้เติมแป้งเท้ายายม่อม

คำสำคัญ: แป้งเท้ายายม่อม โฟมพอลิยูรีเทน ฟิลเลอร์

Abstract

Polyurethane foams with the addition of arrowroot starch filler were prepared, in order to investigate the influence of these filler on the property of foam. The content of fillers in polyol used in this research varied from 0 to 15 wt%. The reaction time of foam formation, apparent density, thermal property and the compression strength of foams were determined. The synthesized polyurethane foams were characterized by FT-IR spectroscopy technique. The results show that the isocyanate conversion of polyurethane foams was 97.8-99.8%. Foam density, compressive strength and thermal property of foams filled with arrowroot starch decreased when compared with polyurethane foam without arrowroot starch.

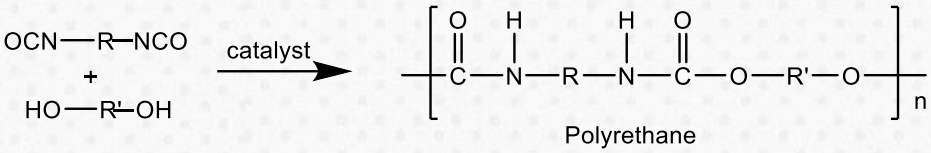
Keywords: arrowroot starch, polyurethane foam, filler

1. บทนำ

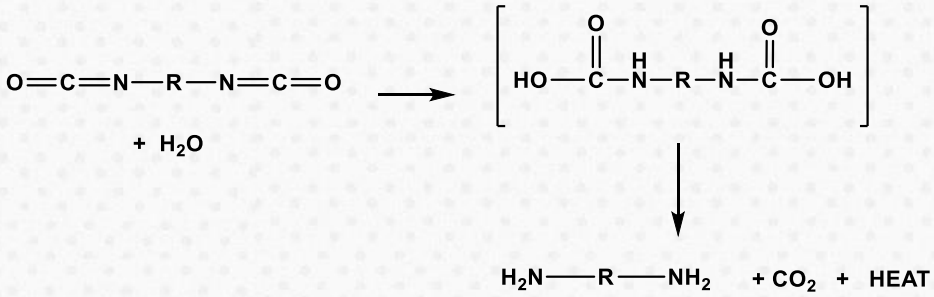
โฟมพอลิยูรีเทนมีความสำคัญในเชิงพานิชย์เพราะมีการใช้งานอย่างกว้างขวางเนื่องจากน้ำหนักเบา มีสมบัติเชิงกลที่ดี ดูดซับความชื้นได้ต่ำ โฟมพอลิยูรีเทน [1] สามารถผลิตออกมาหลายรูปแบบได้แก่ โฟมยืดหยุ่น โฟมกึ่งแข็ง และโฟมแข็ง โฟมพอลิยูรีเทนแบบแข็ง (rigid polyurethane foam) เป็นโฟมที่มีโครงสร้างเป็นแบบเซลล์ปิดจำนวนสูง นิยมใช้ทำเป็นวัสดุฉนวนสำหรับอาคารบ้านเรือน ใช้ในอุตสาหกรรมการทำความเย็นซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นฉนวนสำหรับกักเก็บความเย็น ในยวดยานพาหนะการขนส่ง และใช้ทำเป็นส่วนประกอบในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตู้เย็น เครื่องทำความเย็น ทำเป็นบรรจุภัณฑ์กัน

กระแทก เป็นฉนวนภายในท่อและถังน้ำร้อน เป็นต้น ในทางอุตสาหกรรมโฟมพอลิยูรีเทนแบบแข็งผลิตจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิออลกับไดไอโซไซยาเนตหรือพอลิเมอริกไดไอโซไซยาเนต โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม มีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้ [2]

ปฏิกิริยาที่ 1 เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนต (isocyanate) กับพอลิออล (polyol) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิยูรีเทน



ปฏิกิริยาที่ 2 เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตกับโมเลกุลน้ำเกิดเป็นคาร์บามิกแอซิด (carbamic acid) เกิดการสลายตัวได้แอมีน (amine) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งทำให้เกิดรูพรุนของโฟม และความร้อน จึงเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่า ปฏิกิริยาการฟู (blowing reaction) แอมีนที่ได้จะเกิดปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตอีกครั้งเกิดเป็นสารประกอบที่มีพันธะยูเรีย (urea bond) เพิ่มความแข็งแรงให้กับโฟม



เนื่องจากการใช้งานโฟมมีปริมาณมากจึงก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่น่ากังวล แต่อย่างไรก็ตามวัสดุเหล่านี้ก็ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับชีวิตประจำวันอย่างมาก จึงมีนักวิจัยพยายามที่จะพัฒนาพอลิเมอร์ที่มีส่วนประกอบที่มาจากวัสดุหมุนเวียนที่มาจากธรรมชาติ [3] มีราคาถูก ย่อยสลายได้ง่าย เพื่อให้พอลิเมอร์เหล่านั้นสามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้นลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในปี 2009 Czuprynski และคณะ [4] ศึกษาการเติมฟิลเลอร์ได้แก่ ทัลก์ (talc) อลูมินัมไฮดรอกไซด์ ซอร์ก แป้ง และบอแรกซ์ ลงในโฟมพอลิยูรีเทน-พอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งและศึกษาหาความหนาแน่น ความแข็ง ความต้านทานต่อแรงกด ปริมาณเซลล์ปิดและการทนต่อความร้อนของโฟมพบว่าการเติมสารเหล่านี้ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของโฟม โดยเฉพาะการเติมทัลก์ (talc) อลูมินัมไฮดรอกไซด์จะได้โฟมที่มีความต้านทานต่อแรงกด ความหนาแน่น ปริมาณเซลล์ปิดและการทนต่อความร้อนที่สูงขึ้นเหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม และต่อมาในปี 2012 Czuprynski และคณะ [5] ศึกษาการไกลโคลิซิสของโฟมพอลิยูรีเทน-พอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งที่เติมแป้ง โดยโฟมที่เตรียมได้ง่ายต่อการสลายตัวในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากแป้งสามารถถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดิน จากการศึกษาการเติมแป้งจะทำให้เวลาในการเกิดโฟมนานขึ้น มีสมบัติความตานทานตอแรงกดลดลง แตสมบัติในการยอยสลายของโฟมดีขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้แป้งเท้ายายม่อมซึ่งเป็นแป้งที่มาจากพืชพื้นบ้าน มีความละเอียดและมีสีขาว เพื่อเติมลงในโฟมพอลิยูรีเทน โดยมุ่งหวังให้โฟมที่เตรียมได้สามารถใช้งานได้ใกล้เคียงกับโฟมสูตรอุตสาหกรรม คงรูปได้ดีแต่สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

1. Polymeric 4,4′-methane diphenyl diisocyanate (PMDI, Suprasec® 5005, % NCO = 31.0 wt %, average functionality = 2.7)

2. Polyol (Daltolac® 180, sucrose-based polyether polyol, hydroxyl value = 440 mg of KOH/g, functionality = 4.3)

3. Polysiloxane surfactant (Tegostab® B8460)

4. *N,N*-dimethylcyclohexylamine (DMCHA)

5. แป้งเท้ายายม่อม

2.2 การสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทน

การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนจะมีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน ส่วนแรกจะประกอบด้วยพอลิออล (Raypol®4221) 10 กรัม กับตัวเร่งปฏิกิริยา (DMCHA) 0.1 กรัม สารลดแรงตึงผิว (Tegostab® B8460) 0.25 กรัม น้ำ 0.3 กรัม นำของผสมที่ได้กวนด้วยเครื่องกวนแบบกลที่ความเร็ว 2000 rpm เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นเติมองค์ประกอบหลักส่วนที่สองคือไดฟีนิลมีเทนไดไอโซไซยาเนต (PMDI) 15.2 กรัม กวนด้วยความเร็ว 2000 rpm เป็นเวลา 20 วินาที ดัชนีไอโซไซยาเนต (NCO index) ที่ใช้คือ 100 ทำการทดลองในถ้วยกระดาษ (cup test) ขนาด 750 มิลลิลิตร เพื่อและศึกษาเวลาของการเกิดโฟมซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ เวลาที่ของผสมมีลักษณะเป็นครีมและมีฟองอากาศปรากฏ (cream time) เวลาที่ของผสมมีลักษณะเป็นเจล (gel time) เวลาที่ของผสมหยุดการฟูตัว (rise time) และเวลาที่ผิวของโฟมไม่ติดกับผิวสัมผัสของวัสดุที่นำมาทดสอบ (tack free time) โดย ทำตาม ASTM D7487 และ เก็บโฟมพอลิยูรีเทนไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำโฟมที่ได้มาตัดเพื่อวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นตาม ASTM D1622-03 พิสูจน์เอกลักษณ์โฟมพอลิยูรีเทนด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR) รุ่น Perkin Elmer Spectra 100 ทำการทดลองซ้ำโดยใช้แป้งเท้ายายม่อมเป็นฟิลเลอร์โดยร่อนแป้งเท้ายายม่อมด้วยตะแกรงขนาด 400 mesh แล้วเติมแป้งเท้ายายม่อมลงในองค์ประกอบหลักส่วนแรก อัตราส่วน 5% 10% และ15%w/w เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิออล

ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนตสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้พีคไอโซไซยาเนตที่เวลา t ต่อพื้นที่ใต้พีคไอโซไซยาเนตที่เวลาเริ่มต้น ซึ่งแสดงดังสมการ [6]

$$\%\ \text{conversion ของ isocyanate } (\alpha) = \left[1 - \frac{\text{NCO (f)}}{\text{NCO (i)}}\right] \times 100$$

เมื่อ NCO(f) คือ พื้นที่ใต้พีคไอโซไซยาเนตที่เวลา t, NCO(i) คือ พื้นที่ใต้พีคไอโซไซยาเนตที่เวลาเริ่มต้น, ปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนตอิสระพิจารณาได้จากหมู่วงแหวนแอโรมาติกซึ่งเกิดการดูดซับที่ 1,595 cm^{-1}

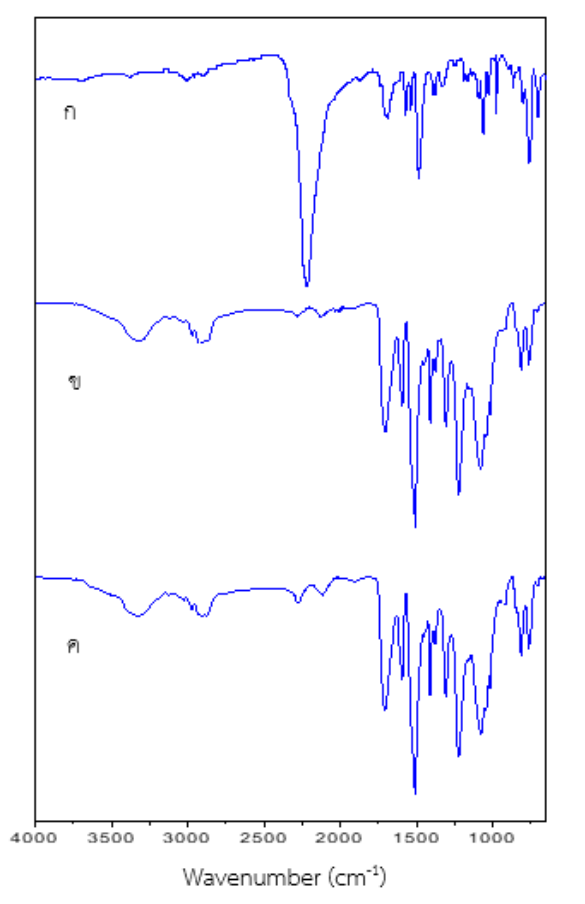
2.3 การวิเคราะหความตานทานตอแรงกดและสมบัติทางความร้อนของโฟมพอลิยูรีเทน

เตรียมสารผสมวิธีเดียวกับการขึ้นรูปในถ้วยกระดาษ แล้วเทสารผสมลงในแม่พิมพ์พลาสติกขนาด 10×10×10 เซนติเมตร รอจนการเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ เก็บโฟมพอลิยูรีเทนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปตัดด้วยเครื่องตัดโฟม นำชิ้นงานมาวิเคราะหความตานทานตอแรงกด (compressive strength; ASTM D1621-04) ดวยเครื่อง Universal testing Machine และวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของโฟมด้วยเครื่องวิเคราะห์ทางความร้อน Mettler Toledo รุ่น TGA/DSC 1

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนแบบไม่เติมแป้งเท้ายายม่อม เนื้อโฟมมีสีเหลืองอ่อน ผิวหน้าเรียบเนื้อละเอียดเนียน มีรูพรุนสม่ำเสมอ ไม่เกิดการหดตัว เมื่อเติมแป้งเท้ายายม่อม 5 wt% และ10 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิออล โฟมยังคงมีสีเหลืองอ่อน ผิวหน้าเรียบเนื้อละเอียดเนียน มีรูพรุนสม่ำเสมอขนาดของรูพรุนใหญ่ขึ้นเล็กน้อย ไม่เกิดการหดตัว แต่เมื่อกดด้วยมือจะยุบเล็กน้อย เมื่อเติมแป้งเท้ายายม่อม 15 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิออล โฟมมีผิวหน้าเรียบ รูพรุนมากขนาดไม่สม่ำเสมอ ฟิลเลอร์กระจายตัวไม่ดี เมื่อทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง โฟมเกิดการหดตัว ดังนั้นการเติมแป้งเท้ายายม่อม 15 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิออล จึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน

พิสูจน์เอกลักษณ์ของโฟมโดยใช้เทคนิค FTIR spectroscopy แสดงดังภาพที่ 1 พบพีค N-H stretching ที่ 3420 cm^{-1} และ C=O stretching ที่ 1710-1723 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่แสดงหมู่ฟังก์ชันหลักของยูรีเทนและพบวามีพีคที่ 2277 cm^{-1} ซึ่งเปนพีคแสดงหมูฟงกชันหลักของไอโซไซยาเนตมีความเขม (intensity) ลดลง คาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหมูไอโซไซยาเนต (NCO conversion, %) มีคาประมาณ 97.8-99.8% ดังแสดงในตารางที่ 1 แสดงใหเห็นวาสารตั้งตนเขาทำปฏิกิริยากันได้อย่างสมบูรณ์ แป้งเท้ายายม่อมเป็นฟิลเลอร์ที่กระจายตัวได้ดีไม่ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน



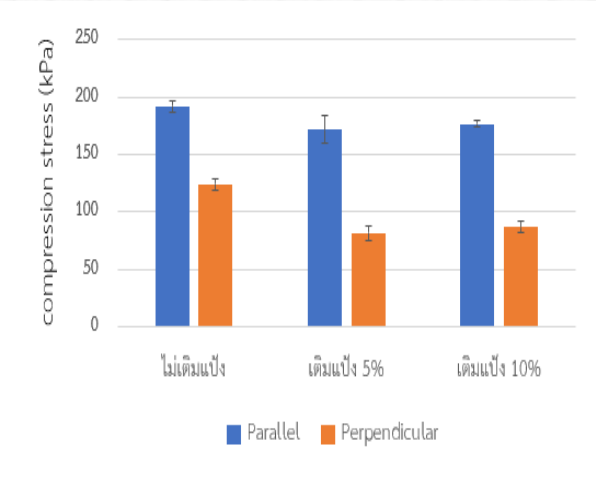
ภาพที่ 1 FT-IR สเปกตราของ (ก) พอลิเมอริคไดฟีนิลมีเทนไดไอโซไซยาเนต (ข) โฟมพอลิยูรีเทนแบบไม่เติมแป้งเท้ายายม่อม (ค) โฟมพอลิยูรีเทนแบบเติมแป้งเท้ายายม่อม

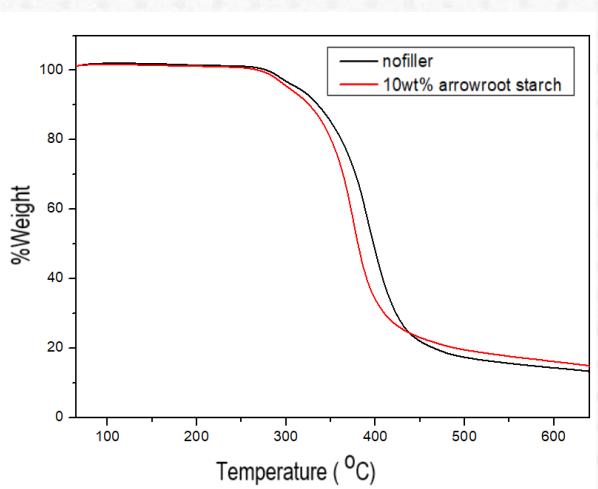
จากการศึกษาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันพบว่า เมื่อเติมแป้งเท้ายายม่อมลงในโฟมพอลิยูรีเทนจะทำให้สารผสมจะมีความหนืดสูงขึ้น ระยะเวลาการเกิดโฟมชาลง ความสูงของโฟมจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สงผลให้โฟมพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้มีคาความหนาแน่นลดลง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เวลาที่ใช้ในการเกิดโฟม %NCO conversion และ ความหนาแน่นของโฟมพอลิยูรีเทน

ชนิดของโฟมพอลิยูรีเทน	Cream time (sec)	Gel time (sec)	Rise time (sec)	Tack free time (sec)	NCO conversion (%)	**ความหนาแน่น (g/cm^3)**
โฟมพอลิยูรีเทนแบบไม่เติมแป้งเท้ายายม่อม	24±0	34±0	171±1	135±0	99.8	39.50±0.38
โฟมพอลิยูรีเทนแบบเติมแป้งเท้ายายม่อม 5 wt%	25±0	37±0	176±0	142±0	98.6	38.76±0.41
โฟมพอลิยูรีเทนแบบเติมแป้งเท้ายายม่อม 10 wt%	25±0	37±0	179±0	144±0	98.4	37.91±0.23
โฟมพอลิยูรีเทนแบบเติมแป้งเท้ายายม่อม 15 wt%	25±0	38±1	174±0	134±2	97.8	37.19±0.44

ค่าความต้านทานต่อแรงกดด้านที่ขนานกับการฟูตัวของโฟมพอลิยูรีเทนแบบไม่เติมแป้งเท้ายายม่อม และแบบเติมแป้งเท้ายายม่อม 5 wt% และ 10 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิออล มีค่า 192±5.2 kPa 172±11.7 kPa และ 177±3.5 kPa ตามลำดับ ค่าความต้านทานต่อแรงกดด้านที่ที่ตั้งฉากกับแนวฟูตัวของโฟมมีค่า124±4.7 kPa 82±6.5 kPa และ 91±5.2 kPa ตามลำดับ ดังภาพที่ 2 การเติมแป้งเท้ายายม่อมทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงกดลดลง น่าจะเกิดจากฟิลเลอร์เข้าไปแทรกในรูพรุนของโฟมพอลิยูรีเทนทำให้เนื้อโฟมเกิดช่องว่างขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้การเชื่อมขวางภายในโมเลกุลของโฟมพอลิยูรีเทนลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงกดด้านที่ขนานกับการฟูตัวของโฟมจะมีค่าสูงกว่าด้านที่ตั้งฉากกับแนวฟูตัวของโฟม





ภาพที่ 2 ค่าความต้านทานแรงกดของโฟมพอลิยูรีเทนแบบแข็ง **ภาพที่ 3** เทอร์โมแกรมของโฟมพอลิยูรีเทนแบบแข็ง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของโฟมพอลิยูรีเทนด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมทริก ที่ช่วงอุณหภูมิ 50-650 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบระหว่างโฟมที่ไม่ได้เติมแป้งเท้ายายม่อมกับโฟมที่เติมแป้งเท้ายายม่อม10 wt% เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิออล พบว่าเมื่อเติมแป้งเท้ายายม่อมทำให้การหายไปของน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังภาพที่ 3

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ใช้แป้งเท้ายายม่อมทำหน้าที่เป็นฟิลเลอร์สำหรับโฟมพอลิยูรีเทนแบบแข็ง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนและช่วยเพิ่มการย่อยสลายทางธรรมชาติของโฟมพอลิยูรีเทน สามารถเติมแป้งเท้ายายม่อม 5-10% โดยน้ำหนักของพอลิออล ถ้าเติมมากเกินไปจะทำให้โฟมเกิดการหดตัวไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การเติมแป้งเท้ายายม่อมทำให้ความหนาแน่นของโฟมลดลดจึงทำให้ความต้านทานต่อแรงกดและการทนต่อความร้อนลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบเท่าโฟมมาตรฐาน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์สารเคมีจากบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) [IRPC Public Company Limited] และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

6. เอกสารอ้างอิง

[1] K. Ashida. Polyurethane and related foams: Chemistry and technology. CRC press, New York, 2006.

[2] K. Daniel, CF. Kurt. Handbook of polymeric foams and technology. Oxford University Press Publisher, Oxford, 1991.

[3] M.A. Mosiewicki, G.A. Dell'Arciprete, M.J. Aranguren, N.E. Marcovich. Polyurethane foams obtained from castor oil based polyol and filled with wood flour, *J. Compos. Mater,* 43(25) (2009) 3057-3072.

[4] B. Czuprynski, J. Paciorek-Sadowska, J. Liszkowaka, Properties of rigid polyurethane-polyisocyanurate foams modified with the selected fillers. *Journal of Applied Polymer Science*. 115 (2009) 2460-2469.

[5] B. Czuprynski, J. Liszkowska, J. Paciorek-Sadowska, Glycolysis of the rigid PUR-PIR foam modified with starch. *Journal of Applied Polymer Science*, 126(2012)44-53.

[6] M. Modesti, A. Lorenzetti. An experimental method for evaluating isocyanate conversion and trimer formation in polyisocyanatepolyurethane foams. *Eur Polym J.*, 37(5) (2001) 949–954.

เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

Website for selling silverware products Nakhon Khrueng Thom shop

ธนัญญา อินทพันธ์[1*] สุพนิต บัวเผียน[1] และ ศิวพร นาคอุดม[1]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
[*]Email: 6211317023@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยเรื่องเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการจัดจำหน่ายสินค้าบนเว็บไซต์ 2) เพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงินร้านนครเครื่องถม โดยใช้โปรแกรม Wordpress ซึ่งเป็นโปรแกรม สำเร็จรูปในกลุ่ม CMS 2) แบบประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ด้านเนื้อหาและคุณภาพด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ บุคคลทั่วไปที่ได้เข้าใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 40 คน โดยเข้าไปทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าชม เว็บไซต์หลังจากเว็บไซต์เปิดให้บริการและผ่านการประชาสัมพันธ์ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าได้เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงินร้านนครเครื่องถม ที่พัฒนาขึ้นโดยเป็นการให้บริการในรูปแบบของการจำหน่ายสินค้าออนไลน์ จากผลการประเมินพบว่าได้เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถมที่มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.49 (S.D.=0.61) คุณภาพด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์อยู่ในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ย 4.50 (S.D.=0.64) และ ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์และการนำไปใช้อยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 4.49 (S.D.=0.61) สรุปได้ว่าการพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงินร้านนครเครื่องถมที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับความต้องการใช้งานของผู้ใช้ระบบ สามารถนำไปใช้ในการให้บริการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าใช้งานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ระบบซื้อขายออนไลน์, เว็บไซต์, เวิร์ดเพรส, เครื่องเงิน

Abstract

Research article on website selling silverware products, Nakhon Krueng Thom shop. The objectives are 1) to develop a distribution system on the website, 2) increase the distribution channel of products, and 3) to study the satisfaction of website visitors. The tools used in the research consisted of 1) Website for selling silverware products at Nakhon Krueng Thom shop using Wordpress, which is a program Completed in the CMS group 2) Website quality assessment form in terms of content and terms of design and layout quality for content specialists. and 3) website visitor satisfaction assessment form. The samples used in the research were 40 people who have access to the website by entering the

satisfaction assessment form of the visitor Website after the website is open and through publicity. The statistics used in the data analysis were mean and standard deviation.

The results of the data analysis revealed that the website for selling silverware products at Nakhon Krueng Thom shop developed as a service in the form of selling products online From the evaluation results, it was found that a website selling silverware products, Nakhon Krueng Thom shop with the highest quality of content, with an average of 4.49 (S.D.=0.61), with an average of 4.50 (S.D.=0.64) in terms of design and layout quality, and the satisfaction in terms of usefulness and usage was at the highest level with an average of 4.49 (S.D.=0.61). The consistent with the needs of users of the system can be used to provide online ordering services through the website. that is beneficial to the users as well.

Keywords: Online trading system, Website, Wordpress, Silverware

1. บทนำ

ปัจจุบันการทำธุรกิจออนไลน์การเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้ธุรกิจต่าง ๆ ต้องมีช่องทางการจำหน่ายสินค้าผ่านช่องทางออนไลน์เพิ่มขึ้นเพื่อความสะดวกในการสั่งซื้อ ร้านนครเครื่องถมตั้งขึ้นเมื่อ ปี พ.ศ. 2550 เป็นร้านขายเครื่องเงิน ตั้งอยู่ที่บ้านเลขที่ 1229 ยมราช ตำบล คลัง อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80000 ให้บริการทำกรอบพระ จำหน่ายเครื่องประดับที่ทำจากเงิน และเครื่องถมหลากหลายรูปแบบ เช่น สร้อยคอ สร้อยข้อมือ แหวน ปัจจุบันทางร้านได้มีช่องทางในการจำหน่ายออนไลน์เฉพาะเฟซบุ๊กแฟนเพจเท่านั้น ซึ่งอาจจะมีน้อยเกินไปสำหรับการจำหน่ายสินค้าที่มีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งเมื่อธุรกิจมีการเติบโตขึ้นช่องการจำหน่ายเพียงช่องทางเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการให้บริการ

ช่องทางการจำหน่ายของทางร้านที่มีในเฟซบุ๊กแฟนเพจนั้น อาจไม่ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า ลูกค้าจะมีความยุ่งยากในเลือกสินค้า เนื่องจากการซื้อสินค้าอาจจะต้องมีการเลือกแบบ ขนาด และความยาวของสินค้า ซึ่งในส่วนนี้อาจเป็นปัญหาสำคัญในการให้บริการแก่ลูกค้า จากการลงพื้นที่ผู้จัดทำเล็งเห็นว่าหากนำเทคโนโลยีเข้ามาเพื่อพัฒนาเว็บไซต์ในการช่วยเพิ่มช่องทางการ จำหน่ายสินค้าและเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายในการสั่งซื้อและจำหน่ายสินค้าให้ทันต่อการตลาดยุคใหม่ และโลกดิจิทัล

ผู้จัดทำจึงพัฒนาเว็บไซต์การให้บริการที่สะดวกสบายแก่ลูกค้าเพื่อให้ลูกค้าได้เลือกชมสินค้าในร้านได้ทุกที่ ทุกเวลาโดยการเลือกชมสินค้าผ่านทางทางเว็บไซต์ จะมีให้เลือกเป็นหมวดหมู่และมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อง่ายแก่การค้นหา และเพื่อง่ายแก่การจัดส่งสินค้าให้ทันเวลาที่ลูกค้าได้มีคำสั่งซื้อ ซึ่งจะทำให้ทางร้านเพิ่มยอดขายได้มากขึ้น โดยผู้จัดทำได้นำระบบ CMS มาใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์โดยใช้โปรแกรม Wordpress เพื่อให้รวดเร็วและง่ายต่อการพัฒนาและ การจัดการเว็บไซต์ให้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ทางร้านมีการจัดการกับการสั่งซื้อสินค้าได้ง่ายขึ้น และมีการจัดการข้อมูลสินค้าได้ง่าย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) เป็นวงจรที่แสดงถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นลำดับขั้นตอนในการพัฒนาระบบ ซึ่ง SDLC ประกอบด้วยกิจกรรม 8 ระยะ ดังนี้

1) การค้นหาปัญหาขององค์กร (Problem Recognition) เป็นกิจกรรมแรกที่สำคัญในการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนในการปรับปรุงโดยใช้ระบบเข้ามาช่วยนำข้อมูลปัญหาที่ได้มาจำแนกจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญ เพื่อใช้คัดเลือกโครงการที่เหมาะสมที่สุดมาพัฒนา โดยโครงการที่จะทำการพัฒนาต้องสามารถแก้ปัญหาที่มีในองค์กรและให้ประโยชน์กับองค์กรมากที่สุด

2) การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ว่าเหมาะสมหรือไม่ที่จะปรับเปลี่ยนระบบ โดยให้เสียค่าใช้จ่าย (Cost) และเวลา (Time) น้อยที่สุดแต่ให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ และหาความต้องการของผู้เกี่ยวข้องใน 3 เรื่อง คือ เทคนิค เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ บุคลากรและความพร้อม และความคุ้มค่า เพื่อใช้นำเสนอต่อผู้บริหารพิจารณาอนุมัติดำเนินการต่อไป

3) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการรวบรวมข้อมูลปัญหาความต้องการที่มีเพื่อนำไปออกแบบระบบ ขั้นตอนนี้จะศึกษาจากผู้ใช้ โดยวิเคราะห์การทำงานของระบบเดิม (As Is) และความต้องการที่มีจากระบบใหม่ (To Be) จากนั้นนำผลการศึกษาและวิเคราะห์มาเขียนเป็นแผนภาพผังงานระบบ (System Flowchart) และทิศทางการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram)

4) การออกแบบ (Design) นำผลการวิเคราะห์มาออกแบบเป็นแนวคิด (Logical Design) เพื่อแก้ไขปัญหา โดยในส่วนนี้จะยังไม่ได้มีการระบุถึงรายละเอียดและคุณลักษณะอุปกรณ์มากนัก เน้นการออกแบบโครงร่างบนกระดาษ แล้วส่งให้ผู้ออกแบบระบบนำไปออกแบบ (System Design) ซึ่งขั้นตอนนี้จะเริ่มมีการระบุลักษณะการทำงานของระบบทางเทคนิค รายละเอียดคุณลักษณะอุปกรณ์ที่ใช้ เทคโนโลยีที่ใช้ ชนิดฐานข้อมูลการออกแบบ เครือข่ายที่เหมาะสม ลักษณะของการนำข้อมูลเข้า ลักษณะรูปแบบรายงานที่เกิด และผลลัพธ์ที่ได้

5) การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) เป็นขั้นตอนการการเขียนโปรแกรม (Coding) เพื่อพัฒนาระบบจากแบบบนกระดาษให้เป็นระบบตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ จากนั้นทำการทดสอบหาข้อผิดพลาด (Testing) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จนมั่นใจว่าถูกต้องและตรงตามความต้องการ หากพบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากการทำงานของระบบต้องปรับแก้ไขให้เรียบร้อยพร้อมใช้งานก่อนนำไปติดตั้งใช้จริง

6) การติดตั้ง (Implementation) เป็นขั้นตอนการนำระบบที่พัฒนาจนสมบูรณ์มาติดตั้ง (Installation) และเริ่มใช้งานจริง ในส่วนนี้นอกจากติดตั้งระบบใช้งานแล้ว ยังต้องมีการจัดเตรียมขั้นตอนการสนับสนุนส่งเสริมการใช้งานให้สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ โดยจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมผู้ใช้งาน (Training) เอกสารประกอบระบบ (Documentation) และแผนการบริการให้ความช่วยเหลือ (Support) เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง

7) การซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance) เป็นขั้นตอนการบำรุงรักษาระบบต่อเนื่องหลังจากเริ่มดำเนินการ ผู้ใช้ระบบอาจจะพบกับปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลัง เช่น ปัญหาเนื่องจากความไม่คุ้นเคยกับระบบใหม่ จึงควรกำหนดแผนค้นหาปัญหาอย่างต่อเนื่อง ติดตามประเมินผล เก็บรวบรวมคำร้องขอให้ปรับปรุงระบบ วิเคราะห์ข้อมูลร้องขอให้ปรับปรุงระบบ จากนั้นออกแบบการทำงานที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขและติดตั้ง ซึ่งต้องมีการฝึกอบรมการใช้งานระบบให้แก่ผู้ใช้งาน เพื่อที่จะทราบความพึงพอใจของผู้ใช้

การที่องค์กรมีการดำเนินการตามแนวทางวงจรการพัฒนาระบบจะช่วยให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีแนวทางและขั้นตอนในการดำเนินงานที่ชัดเจน สามารถควบคุมเวลาและงบประมาณได้ง่าย โดยจะเลือกดำเนินการตามแนวทางทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันไปตามวิธีการหรือขั้นตอนที่จะนำมาใช้ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับความพร้อมของแต่ละองค์กรได้ และควรมีการทำซ้ำในขั้นตอนการติดตามประเมินผล และหาวิธีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อการพัฒนาที่ดียิ่งๆ ขึ้นไป

8) บำรุงรักษา (Maintenance) เมื่อติดตั้งระบบเรียบร้อยก็ทำการบำรุงรักษาต่อไป โปรแกรมที่ใช้อาจเกิดปัญหาขึ้น ซึ่งผู้พัฒนาระบบจะต้องรีบแก้ไขให้ถูกต้อง หรือผู้ใช้ระบบต้องการความสามารถเพิ่มเติมในระบบก็อาจจะต้องปรับแก้โดยมีการคิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม (ธีรกรณ์ เขียวแต้ม, 2562)

2. วิธีการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง/ประชากร

บุคคลที่เข้าใช้งานเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

2. เครื่องมือที่ใช้

2.1. เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

2.2 แบบประเมินคถณภาพเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

2.3 แบบประเมินความพึงพอใจออนไลน์ของเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การค้นหาปัญหาขององค์กร (Problem Recognition) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาของร้านนครเครื่องถม พบว่า ร้านนครเครื่องถมยังไม่มีเว็บไซต์ในการจำหน่ายสินค้า ทำให้กลุ่มลูกค้ารับข่าวสารได้อย่างไม่ทั่วถึงและมีความล่าช้า ทางร้านมีช่องทางการจำหน่ายสินค้าที่ไม่เพียงพอ ไม่ตอบโจทย์ต่อความต้องการของลูกค้า ผู้วิจัยจึงนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการอำนวยความสะดวกให้ลูกค้าสั่งซื้อผลิตภัณฑ์และรับข่าวสารได้อย่างสะดวกและรวดเร็วขึ้น แต่เดิมทางร้านนครเครื่องถมจำหน่ายสินค้าทางเฟสบุ๊กเพจ (Facebook page) แต่ยังไม่มีเว็บไซต์ที่จะแสดงผลิตภัณฑ์และซื้อขายสินค้า เนื่องจากการโพสต์ภาพสินค้าทางเพจ (facebook) ลูกค้าสามารถเข้าดูสินค้าได้แต่ทำให้เสียเวลาในการหาสินค้า รายละเอียด ของสินค้าไม่ครบถ้วนและยังขาดความน่าเชื่อถือ

3.2 การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ทางร้านนครเครื่องถม จากที่ได้ศึกษาและค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์เพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์ พบว่าทางร้านนครเครื่องถม มีความพร้อมทางด้านบุคลากรในการดูแลระบบและเทคโนโลยีในการจำหน่ายสินค้าที่เพียงพอต่อการใช้งาน

3.3 การวิเคราะห์ (Analysis) จากการศึกษาความต้องการใช้งานของผู้ใช้ โดยการดำเนินการสัมภาษณ์เจ้าของกิจการร้านนครเครื่องถม ว่ามีความต้องการให้หน้าตา หรือลักษณะของเว็บไซต์เป็นอย่างไร ปรากฏว่าทางเจ้าของกิจการต้องการใช้เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือ ใช้งานได้ง่าย สะดวกในการสั่งซื้อสินค้า และต้องการให้มีฟังก์ชั่นการใช้งาน อย่างเช่น สมารถแบนบหลักฐานการโอนเงินได้ ทางร้านสามารถแจ้งข่าวสารให้แก่ลูกค่าผ่านหน้าเว็บไซต์ได้ ลูกค้าสามารถติดต่อร้านค้าผ่านหน้าเว็บไซต์โดยตรง ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลเหล่านี้เพื่อนำไปวิเคราะห์ออกแบบและพัฒนาออกมาเป็นเว็บไซต์แล้วจึงนำระบบไปขึ้นโฮสต์ใช้งานจริง

3.4 การออกแบบ (Design) ผู้วิจัยทำการสร้างแบบจำลองข้อมูล โดยทำการสร้างแผนภาพแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูล ออกแบบส่วน นำเข้าข้อมูล และออกแบบส่วนแสดงผลลัพธ์ข้อมูล

3.5 การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) ในการพัฒนาระบบเว็บไซต์การจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเป็นเว็บ แอพพลิเคชั่น (Web Application) โดยใช้โปรแกรม Wordpress ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยในการจัดการเนื้อหา (Content Management System: CMS) เพื่อช่วยในการอำนวย ความสะดวก ลดขั้นตอนและความยุ่งยากในการบริหารจัดการ เว็บไซต์ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ทำการประเมินโดยใช้แบบประเมินคุณภาพ

ของเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม จากนั้นผู้พัฒนาระบบได้ทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับ ผู้ใช้งาน และต่อมาเป็นการแก้ไขระบบ โดยดำเนินการแก้ไข ข้อผิดพลาดที่ตรวจพบเพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อดำเนินการทดสอบระบบจนมั่นใจว่าระบบที่ได้รับการทดสอบนั้นพร้อมที่ จะนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานจริง

3.6 การติดตั้ง (Implementation) หลังจากแก้ไขข้อผิดพลาดเรียบร้อยแล้ว ผู้พัฒนาได้นำระบบไปติดตั้งเพื่อที่งจะใช้งานจริง และจดชื่อโดเมนเนมในชื่อ https://nakhonkhruengthom.com/

3.7 การซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance) เมื่อระบบใช้ไปสักระยะหนึ่งจะต้องมีการบำรุงรักษาระบบ หากพบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบก็จะมีการปรับแก้ไขให้ถูกต้อง

3.8 ทำแบบประเมินความพึงพอใจของเว็บไซต์ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างดำเนินการประเมิน โดยใช้แบบประเมิน ความพึงพอใจออนไลน์ของเว็บไซต์จำหน่าผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม โดยการทำแบบสอบถามออนไลน์ผ่านหน้าเว็บไซต์ โดยผู้จัดทำได้สร้างลิงค์ในการตอบแบบสอบถามไว้หน้าเว็บไซต์ จากการทดลองใช้ระบบจริงเป็นระยะเวลา 15 วัน มีผู้เข้าชมเว็บไซต์ จำนวนทั้งสิ้น 40 คน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. อภิปรายผลการวิจัย

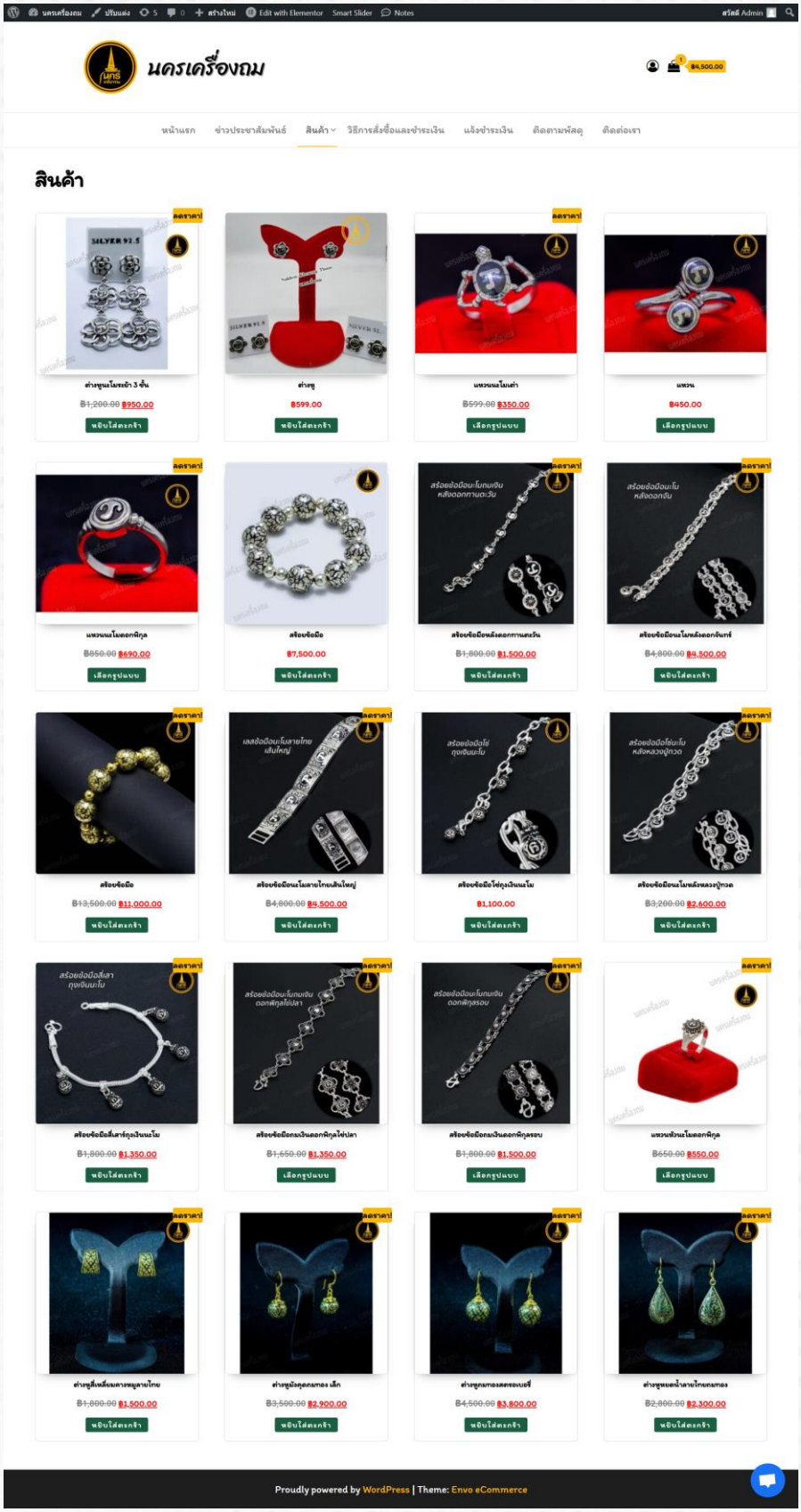
จากการพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม และประเมินคุณภาพของระบบ เว็บไซต์สำหรับ ร้านนครเครื่องถม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เป็นผู้ประเมินโดยทำการประเมิน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพของเนื้อหาด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ และมีการประเมินความพึงพองใจของผู้ใช้ระบบเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม โดยสอบถามความพึงพอใจด้านประโยชน์และการนำไปใช้ที่มีต่อระบบเว็บไซต์ โดยเก็บรวมรวมข้อมูลจากผู้ใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 40 คน โดยการตอบแบบสอบถามออนไลน์จะแบ่งเป็น 4 ตอน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ประเมินคุณภาพของระบบ 3) ความพึงพอใจต่อคุณภาพระบบ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ และด้านประโยชน์และการนำไปใช้ 4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูลความถี่ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

จากการพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายผเครื่องเงินออนไลน์ ร้านนครเครื่องถม พบว่ามีการพัฒนาขึ้นโดยมีการให้บริการรูปแบบของศูนย์กลางเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ โดยแบ่งเมนูหน้าเว็บไซต์ออกเป็น 7 เมนูหลัก ได้แก่ 1) หน้าแรก 2) ข่าวประชาสัมพันธ์ 3) สินค้าสำหรับเลือกดูหรือซื้อสินค้า 4) วิธีการสั่งซื้อและชำระเงิน 5) แจ้งชำระเงินสำหรับแจ้งหลักฐานการชำระเงินเมื่อสั่งซื้อสินค้า และ 6) ติดตามพัสดุสำหรับตรวจสอบเลขพัสดุของผู้สั่งซื้อ 7) ติดต่อเราสำหรับช่องทางการติดต่อกับผู้ดูแลระบบ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 โดยข้อมูลและสารสนเทศต่างๆ สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ผ่านระบบออนไลน์ได้ตลอดเวลาทำให้ข้อมูลและสารสนเทศมีความทันสมัย การเชื่อมโยงกันระหว่างสารสนเทศมีความถูกต้องและสามารถสั่งซื้อสินค้าผ่านทางเว็บไซต์ได้ตลอดเวลา



ภาพที่ 1 หน้าแรกของระบบเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม



ภาพที่ 2 หน้าสินค้าของระบบเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

2. ผลการวิเคราะห์ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาด้านเนื้อหาและด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์

ตารางที่ 3 ผลประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
ประเมินด้านคุณภาพด้านเนื้อหา			
1. มีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ	4.53	0.59	ดีมาก
2. การประชาสัมพันธ์ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ภาพในเว็บไซต์มีความเหมาะสม น่าสนใจ	4.45	0.63	ดี
3. ปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ	4.38	0.66	ดี
4. สามารถทำการซื้อขายได้	4.55	0.59	ดีมาก
5. การจัดลำดับเนื้อหา ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ	4.55	0.59	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมด้านคุณภาพของเนื้อหา	4.49	0.61	ดี
ประเมินคุณภาพด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์			
1. การจัดรูปแบบเว็บไซต์ง่ายต่อการใช้งาน	4.50	0.67	มาก
2. เว็บไซต์มีความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจ	4.38	0.86	มาก
3. สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.50	0.55	มาก
4. เว็บไซต์สามารถเชื่อมกับช่องทางติดต่ออื่นได้	4.55	0.59	มากที่สุด
5. เมนูต่าง ๆ ในเว็บไซต์ใช้งานง่าย	4.55	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์เว็บ	4.50	0.64	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.50	0.63	มาก

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และการประเมินคุณภาพด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์ พบว่า

คุณภาพของระบบเว็บไซต์ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.49 (S.D.=0.61) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญในปริมาณเนื้อหา และการจัดการเนื้อหาเป็นหมวดหมู่ที่ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ย 4.55 (S.D.=0.59) รองลงมาระบบมีการจัดการเนื้อหามีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ และข้อมูลมีการปรับปรุงอยู่เสมอ มีค่าเฉลี่ย 4.53 (S.D.=0.59) การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความเหมาะสมน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย 4.45 (S.D.=0.63) และมีการจัดการเนื้อหาให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ย 4.38 (S.D.=0.66)

คุณภาพของระบบด้านการออกแบบและจัดรูปแบบเว็บไซต์อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.50 (S.D.=0.64) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าเว็บไซต์สามารถเชื่อมกับช่องทางติดต่ออื่นได้อยู่ในระดับที่ดีมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.55 (S.D.=0.55) และรองลงมาคือด้านการจัดรูปแบบเว็บไซต์ง่ายต่อการใช้งาน และสีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน มีค่าเฉลี่ย 4.50 (S.D.=0.55) และด้านการจัดรูปแบบเว็บไซต์ง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.38 (S.D.=0.67)

ผลของการการวิเคราะห์ประเมินคุณภาพโดยรวม ที่ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญผลปรากฏว่าคุณภาพของเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม อยู่ในระดับ มีค่าเฉลี่ยรวม 4.50 (S.D.=0.63)

4. ผลการวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม

ตารางที่ 4 ผลประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์และการนำไปใช้

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
ประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์และการนำไปใช้			
1. มีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ และข้อมูลมีการปรับปรุงอยู่เสมอ	4.53	0.59	มาก
2. การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความเหมาะสม น่าสนใจ	4.45	0.63	มาก
3. มีการจัดหมวดหมู่เมนูให้ง่ายต่อการ ค้นหาและทำความเข้าใจ	4.38	0.66	มาก
4. ปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ	4.55	0.59	มากที่สุด
5. มีการจัดการเนื้อหาเป็นหมวดหมู่ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ	4.55	0.59	มากที่สุด
รวม	4.49	0.61	มาก

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อคุณภาพระบบ ด้านประโยชน์และการนำไปใช้พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บไซต์ด้านประโยชน์และการนำไปใช้ มีค่าเฉลี่ย 4.49 (S.D.=0.61) อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญเท่ากันสองด้านได้แก่ ด้านปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ และการจัดการเนื้อหาเป็นหมวดหมู่ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ย 4.55 (S.D.=0.59) รองลงมาผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญด้านมีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ และข้อมูลมีการปรับปรุงอยู่เสมอ 4.53 (S.D.= 0.59)

4. บทสรุป

การพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน ร้านนครเครื่องถม ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของร้าน และเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าของร้านนครเครื่องถม และมีความสอดคล้องกับผู้ใช้ที่ต้องสั่งซื้อสินค้าจากเว็บไซต์จำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องเงิน เพื่อเพิ่มความสะดวกให้แก่ลูกค้า โดยเว็บไซต์มีความเรียบง่าย สบายตา ข้อมูลไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย และมีการปรับปรุงข้อมูลให้ เป็นปัจจุบัน ทันสมัยต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ผู้ใช้ระบบสามารถนำข้อมูลและสารสนเทศต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์ การมีเว็บไซต์ที่มี คุณภาพจะช่วยให้เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการจัดการกับข้อมูลสินค้าและข้อมูลการสั่งซื้อ โดยคุณภาพระบบเว็บไซต์ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับที่ดีมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.49 (S.D.=0.61) คุณภาพระบบเว็บไซต์ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.50 (S.D.=0.64) และความพึงพอใจต่อคุณภาพระบบด้านประโยชน์และการนำไปใช้ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.49 (S.D.=0.61)

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานคอมพิวเตอร์เพื่อธุรกิจฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากอาจารย์ศิวพร นาคอุดม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำโครงงานรวมไปถึงช่วยให้คำแนะนำในการแก้ไขเอกสารให้มีความสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจทุกท่านที่ให้คำแนะนำและแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการจำทำโครงงานรวมไปถึงเพื่อนร่วมสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ และตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ให้คำปรึกษาและให้การช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานฉบับนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าของร้านนครเครื่องถมที่ให้ข้อมูลในทุก

ๆ ด้านและให้การช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานคอมพิวเตอร์เพื่อธุรกิจฉบับนี้ให้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พลชัย พิทักษานนท์กุล. (2561). ระบบฐานข้อมูล (Database System). สืบค้นเมื่อ 15 กุมพาพันธ์ 2565,จาก https://www.glurgeek.com/education/ระบบฐานข้อมูล-database-system-คือ-ระบบ/

[2] วรพงศ์ นิจจรัลกุล. (2563). WordPress คืออะไร?. สืบค้นเมื่อ 15 กุมพาพันธ์ 2565, จาก https://sites.google.com/site/phasathaionline/hnwy-kar-reiyn-ru9

[3] วาริชา หมื่นสิทธิ์. (2561). สอนการใชhงาน WordPress เริ่มต้นจากศูนย์. สืบค้นเมื่อ 15 กุมพาพันธ์ 2565, จาก https://contentshifu.com/wordpress-for-beginners/

[4] วิโรจน์ ชัยมูล. (2558). การเขียนผังงาน (Flowchart). สืบค้นเมื่อ 15 กุมพาพันธ์ 2565, จาก http://comedu.nstru.ac.th/5581135015/index.php/content/chapter-2/

[5] ER Diagram แบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูล. (2560). สืบค้นเมื่อ 22 กุมพาพันธ์ 2565, จาก https://www.mindphp.com/developer/21-sql-mysql/4775-er-diagram-meaning.html

[6] Wanwisa. (2559). ประวัติ Photoshop CS6. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2565, จากhttp://wanwisa1211.blogspot.com/

[7] Xampp โปรแกรมจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์เป็น web server. (2560). สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2565, จาก https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2637-xampp-คืออะไร.html

การพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

The Development of School Ranking System for Student Teaching Experience Faculty of Education Rajabhat Rajanagarindra University

วัชรียาภรณ์ สวนเลิศ[1] และ ณัฐที ปิ่นทอง[1]

[1] สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

*Email: nattee@pinthong.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ 2) เพื่อประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ งานวิจัยที่พัฒนาขึ้นใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนาระบบตามหลักการของวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ชั้นปีที่ 5 และอาจารย์นิเทศก์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ รวมกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 42 คน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสามารถใช้งานได้ตามหลักการของวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศผ่านเว็บไซต์ https://rrurank.com/ และ 2) ผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู เมื่อพิจารณาในภาพรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.64, SD = 0.53)

คำสำคัญ: การพัฒนา, ระบบการจัดอันดับ, ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

Abstract

This research aimed to study (1) To develop a school ranking system for student teaching experience, faculty of education, Rajabhat Rajanagarindra University (2) to assess the quality of schools ranking system for student teaching experience, faculty of education, Rajabhat Rajanagarindra University, This research developed by R&D according to the principles of the system development life cycle (SDLC). The sample random group are 42 peoples, consisted of students in computer education in 5th year and supervisor teacher in faculty of education, analyzing average statistical data and standard deviation.

The results of the research were as follows: 1) Get https://rrurank.com/ websites from development with SDLC. 2) The quality assessment of the development of school ranking system for student teaching experience, The system performance at the high level ($\bar{X}$= 4.64, SD = 0.53)

Keywords: development, ranking, teaching experience, faculty of education, RRU

1. บทนำ

วิชาชีพครูเป็นวิชาชีพที่มีความสำคัญและเป็นกลไกหลักในการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพให้กับผู้เรียน ซึ่งผู้ประกอบวิชาชีพครูจะต้องมีองค์ความรู้ในสาขาวิชาเฉพาะ และวิชาชีพครูร่วมกับคุณลักษณะความเป็นครูมืออาชีพที่ดีในการอบรมสั่งสอนศิษย์ให้เป็นคนดี คนเก่ง และใฝ่เรียนรู้ตลอดชีวิต ส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มที่ตามความถนัดและความสนใจของผู้เรียนแต่ละคนด้วยวิธีการที่หลากหลายและทันสมัย ดังนั้นการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพจะต้องมาจากกระบวนการผลิตบัณฑิตวิชาชีพครูให้มีคุณภาพด้วย เพราะเหตุนี้สถาบันการอุดมศึกษาแต่ละแห่งจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนตามจุดเน้นนโยบายการพัฒนาหลักสูตรกระบวนการเรียนการสอนการวัดและประเมินผล การผลิตพัฒนาครู คณาจารย์และบุคลากรทางการศึกษา การส่งเสริมและพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา เพื่อให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา [1] และสอดคล้องกับคุรุสภาที่ได้ปรับเปลี่ยนมาตรฐานวิชาชีพรวมทั้งสาระความรู้และสมรรถนะทั้งทางวิชาชีพครูและวิชาชีพบริหารการศึกษาอีกด้วยว่าการรับรองปริญญาและประกาศนียบัตรทางการศึกษา เป็นการควบคุมสถาบันการผลิตให้มีกระบวนการพัฒนา ผู้ที่ต้องการประกอบวิชาชีพทางการศึกษาให้มีความรู้ทักษะวิชาชีพและประสบการณ์ที่เพียงพอตามมาตรฐานความรู้และประสบการณ์วิชาชีพ ซึ่งมาตรฐานประสบการณ์วิชาชีพ ประกอบด้วยการฝึกทักษะและสมรรถนะของผู้ประกอบวิชาชีพครู ตามมาตรฐานความรู้ที่ 1 การฝึกปฏิบัติวิชาชีพระหว่างเรียน ให้มีมาตรฐานความรู้และสมรรถนะตามที่ คุรุสภาได้กำหนดไว้คือสามารถจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อจุดประสงค์การสอนที่หลากหลาย และสามารถปฏิบัติการสอนออกแบบทดสอบวัดและประเมินผลผู้เรียนได้และบ่มเพาะความเป็นครูหรือผู้บริหารให้พร้อมสำหรับการประกอบวิชาชีพ สามารถเป็นหลักประกันคุณภาพให้กับผู้รับบริการทางการศึกษาคือ เยาวชน ผู้ปกครองและสังคมได้ตามที่กำหนดในมาตรา 9 (7) แห่งพระราชบัญญัติสภาครูและบุคลากรทางการศึกษา พ.ศ. 2546 โดยออกประกาศคุรุสภา เรื่อง การรับรองปริญญาและประกาศนียบัตรทางการศึกษาเพื่อการประกอบวิชาชีพ พ.ศ. 2557 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 14 มีนาคม 2557 แทนฉบับเดิม [2]

การฝึกประสบการณ์วิชาชีพเป็นการนำเอาความรู้ความสามารถทางทฤษฎีและทางปฏิบัติไปใช้จริงในสถานศึกษาซึ่งนักศึกษาจะได้ฝึกปฏิบัติงานต่าง ๆ ในหน้าที่ครู เช่น การจัดการเรียนการสอนการควบคุมชั้นเรียน การพัฒนาชั้นเรียนเทคนิคการเรียนการสอนเป็นต้น รวมถึงการร่วมกิจกรรมทั้งในและนอกสถานศึกษาไม่ว่าจะเป็นภาระหน้าที่งานที่สถานศึกษาได้มอบหมายให้กิจกรรมที่ต้องร่วมกับชุมชน ซึ่งจะส่งผลให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์โดยตรงทำให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจทักษะและเจตคติที่ดีในการประกอบวิชาชีพครูและเป็นครูที่มีคุณภาพและสามารถปฏิบัติตัวได้อย่างเหมาะสมการปฏิบัติงานของนักศึกษาขณะออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูถือว่าเป็นการเตรียมตัวสู่อาชีพครูซึ่งมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้น้อย ต้องการได้รับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูเต็มรูปแบบ ทั้งงานสอนและงานต่าง ๆ โดยอาศัยการประสานความร่วมมือระหว่างครูพี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์ต้องกำกับ ดูแลและส่งเสริมให้นักศึกษาได้เรียนรู้กระบวนการความเป็นครูอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อเตรียมตัวให้นักศึกษาออกสู่การทำงานบริการวิชาชีพครูในสังคมที่รองรับการตอบสนอง การเป็นแบบอย่างที่ดีของผลผลิตจากสถาบันอุดมศึกษา [3]

สำหรับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า นักศึกษาส่วนมากยังคงมีความกังวลหรือสับสนในการเลือกโรงเรียนเพื่อเข้าฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และบางส่วนอาจยังไม่แน่ใจว่าโรงเรียนที่จะต้องเลือกนั้น มีความพร้อมในการรับนักศึกษาเข้าฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูมากน้อยเพียงใด ที่ผ่านมานักศึกษาบางส่วนอาจจะสอบถามจากนักศึกษาที่เคยออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูมาแล้ว แต่ก็อาจจะไม่สามารถมั่นใจได้ว่าข้อมูลน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใดและไม่สามารถทราบได้ว่าในแต่ละโรงเรียนมีความแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน นักศึกษาหลายคนอาจจะเลือกโรงเรียนที่ตนเองไม่มีความแน่ใจ ทำให้เกิดการตัดสินใจเลือกโรงเรียนฝึกประสบการณ์ที่ไม่ตอบโจทย์ตรงกับความต้องการของตนเอง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูคณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ โดยการนำเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาผสมผสานการทำงานอย่างเป็น

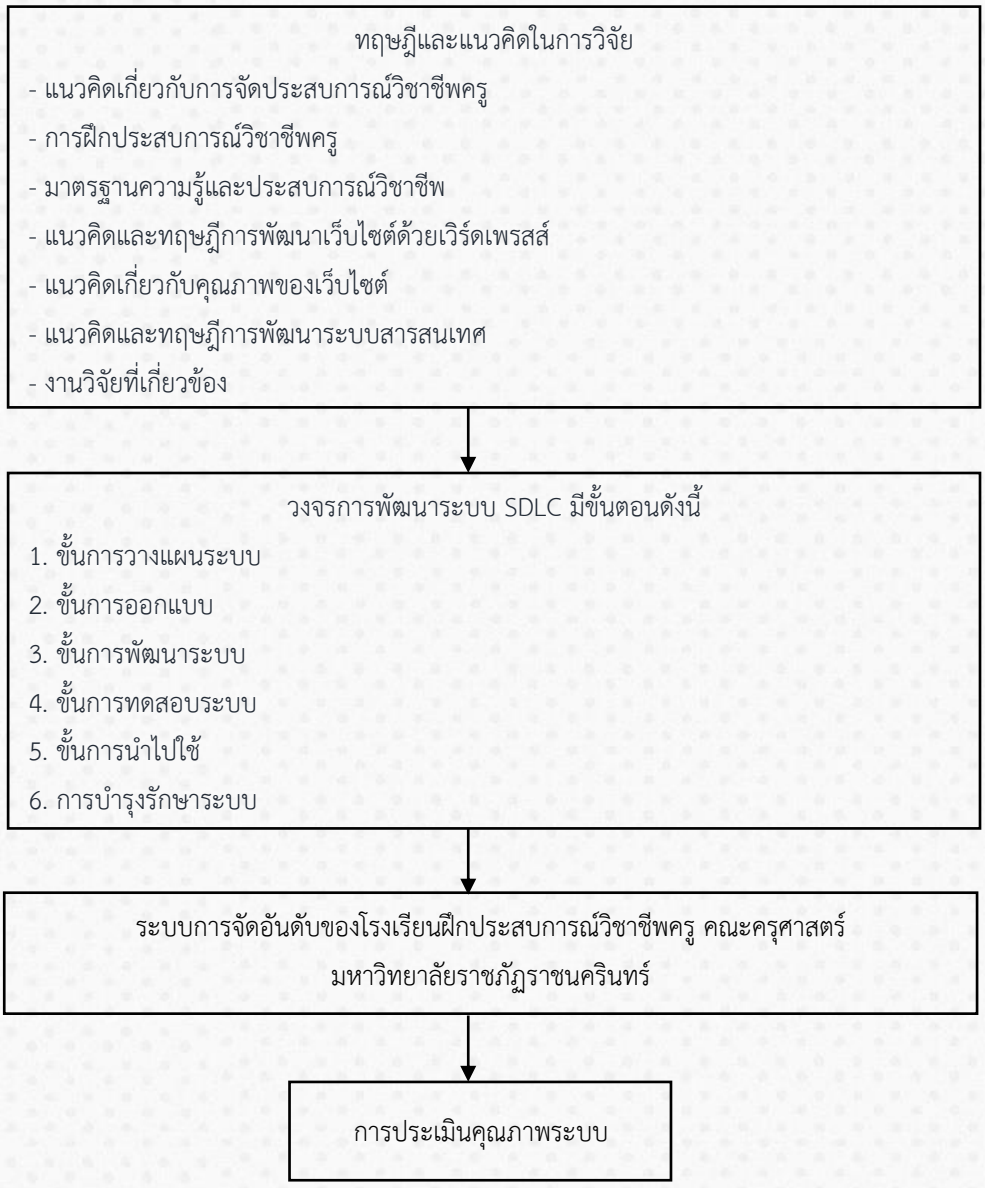
รูปธรรมที่ชัดเจน งานวิจัยนี้ได้นำเวิร์ดเพรสส์พร้อมด้วยปลั๊กอินที่เกี่ยวข้องมาพัฒนาระบบให้นักศึกษา ที่เคยออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูแล้ว สามารถเข้ามาประเมินโรงเรียนที่เคยไปได้ โดยผลการประเมินจะนำข้อมูลไปจัดอันดับโรงเรียนที่ได้รับการประเมินที่ดีที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจแก่นักศึกษาที่กำลังเลือกโรงเรียนเพื่อออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูได้ง่ายขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
2. เพื่อประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ที่พัฒนาขึ้น

3. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาจารย์นิเทศก์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ จังหวัดฉะเชิงเทรา และนักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ชั้นปีที่ 5 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ปีการศึกษา 2564

กลุ่มที่ 1 อาจารย์นิเทศก์ประจำคณะครุศาสตร์ จำนวน 61 คน

กลุ่มที่ 2 นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 161 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาจารย์นิเทศก์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา และนักศึกษา สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ชั้นปีที่ 5 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ปีการศึกษา 2564 เลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) [4]

กลุ่มที่ 1 อาจารย์นิเทศก์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัราชนครินทร์ จำนวน 5 คน

กลุ่มที่ 2 นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ชั้นปีที่ 5 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 37 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

แบบประเมินมีจำนวน 25 ข้อแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของระบบ จำนวน 12 ข้อ ด้านรูปแบบการใช้งาน จำนวน 8 ข้อ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์จำนวน 5 ข้อ แบบประเมินที่จัดทำขึ้นเป็นแบบประเมินแบบสำรวจรายการ (Checklist) แบบเรียงลำดับความสำคัญ (Ranking) จากอันดับ 1 ถึง 5 แบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) ใช้มาตราวัดแบบลิเคอร์ท (Likert scale) 5 ระดับ

วิธีรวบรวมข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. จัดทำเครื่องมือแบบประเมินคุณภาพของการพัฒนาระบบการพัฒนาเว็บไซต์การจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์จากนั้นนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง

2. เผยแพร่หน้าเว็บไซต์การพัฒนาระบบการพัฒนาเว็บไซต์ของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ในรูปแบบออนไลน์ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญที่ประจำอยู่ภายในคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ เข้าใช้งานระบบและประเมินคุณภาพของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

3. นำแบบประเมินคุณภาพของการพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ให้ผู้เชี่ยวชาญประจำคณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ เข้าใช้งานระบบประเมินคุณภาพมาตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูล

4. ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลในแบบประเมินแต่ละฉบับ หลังจากที่ผู้ใช้งานระบบได้ส่งแบบประเมินกลับคืน

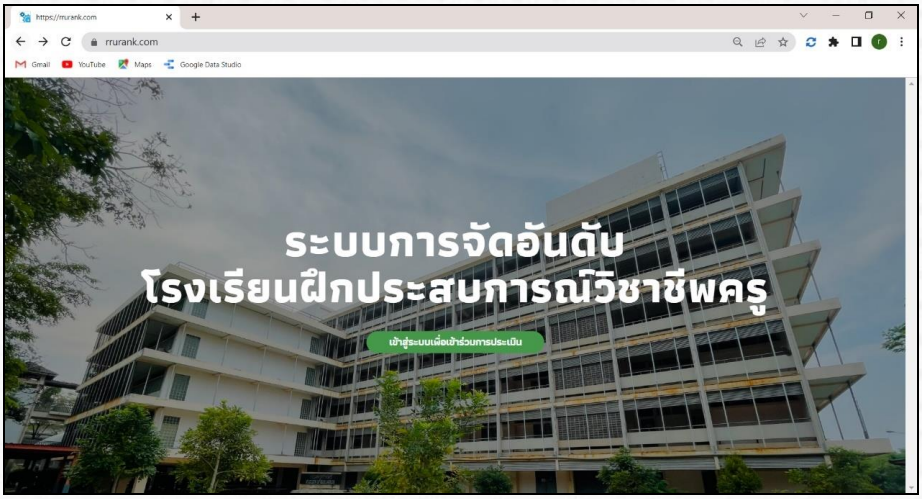
5. นำแบบประเมินคุณภาพของการพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ที่ได้ไปเข้ารหัส และประมวลผลข้อมูล

4. ผลการทดลอง

จากการพัฒนาระบบระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ โดยอาศัยหลักการพัฒนาระบบสารสนเทศด้วยวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle :SDLC) [5] มีผลลัพธ์ดังนี้

4.1 หน้าแรกของระบบ

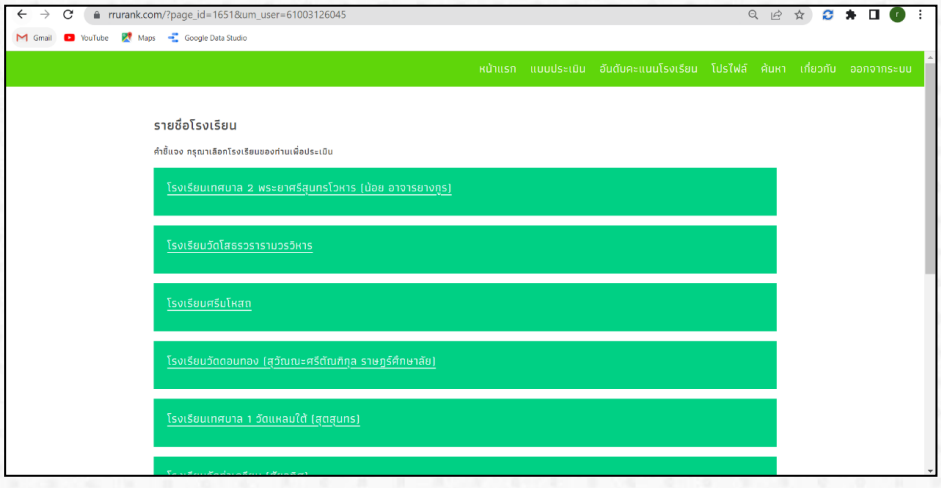
หน้าแรกของระบบ เป็นหน้าที่แสดงผลข้อมูลข้อความต้อนรับของระบบก่อนที่จะเข้าสู่หน้าหลัก ซึ่งจะมีปุ่มที่ชื่อว่า “เข้าสู่ระบบเพื่อเข้าร่วมการประเมิน” สามารถกดเข้าไปเพื่อทำการล็อกอิน หากล็อกอินสำเร็จ ระบบจะเชื่อมโยงไปยังหน้าแบบประเมินทันทีเมื่อล็อกอินสำเร็จ



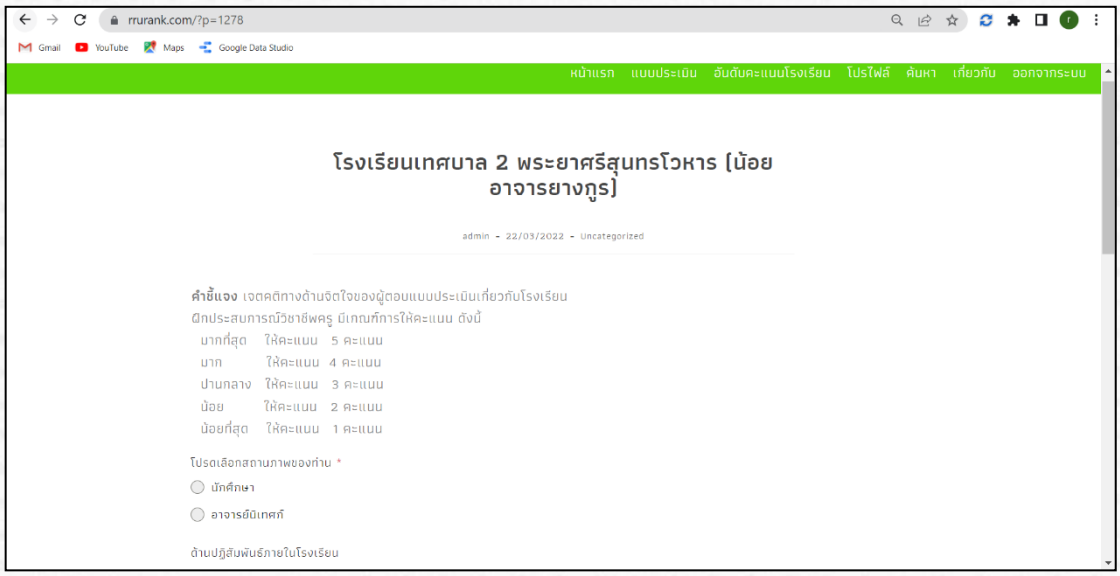
ภาพที่ 1 หน้าแรกของระบบ

4.2 หน้าเมนูแบบประเมินโรงเรียน

ในหน้าเมนูแบบประเมินโรงเรียนจะเป็นการแสดงข้อมูลรายชื่อของโรงเรียนที่รายชื่อโรงเรียนที่ลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการร่วมกับคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ โดยจะมีการแสดงผลในหน้าย่อย



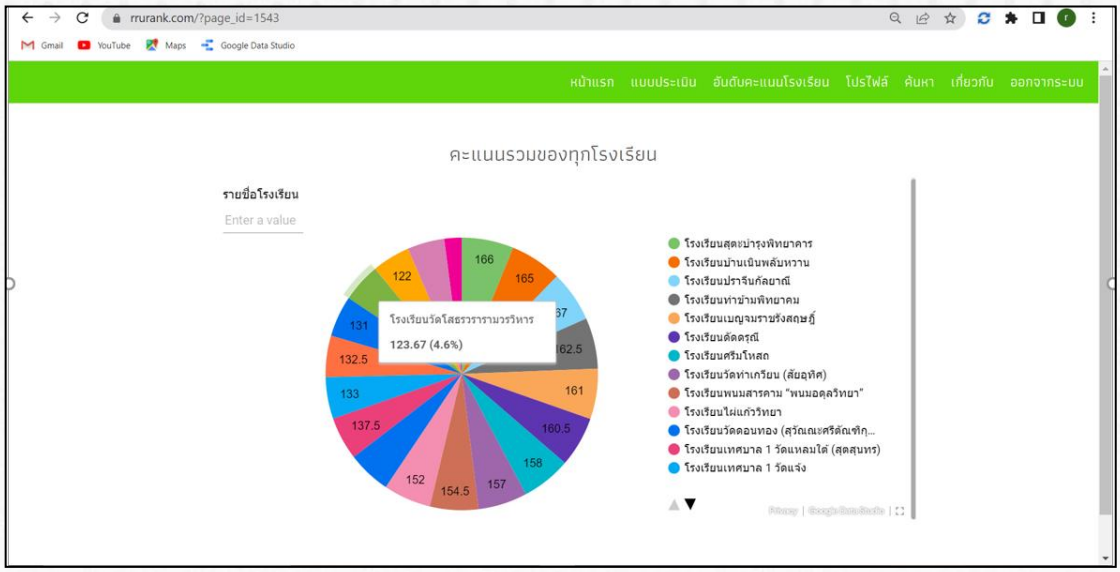
ภาพที่ 2 หน้าเมนูแบบประเมินโรงเรียน



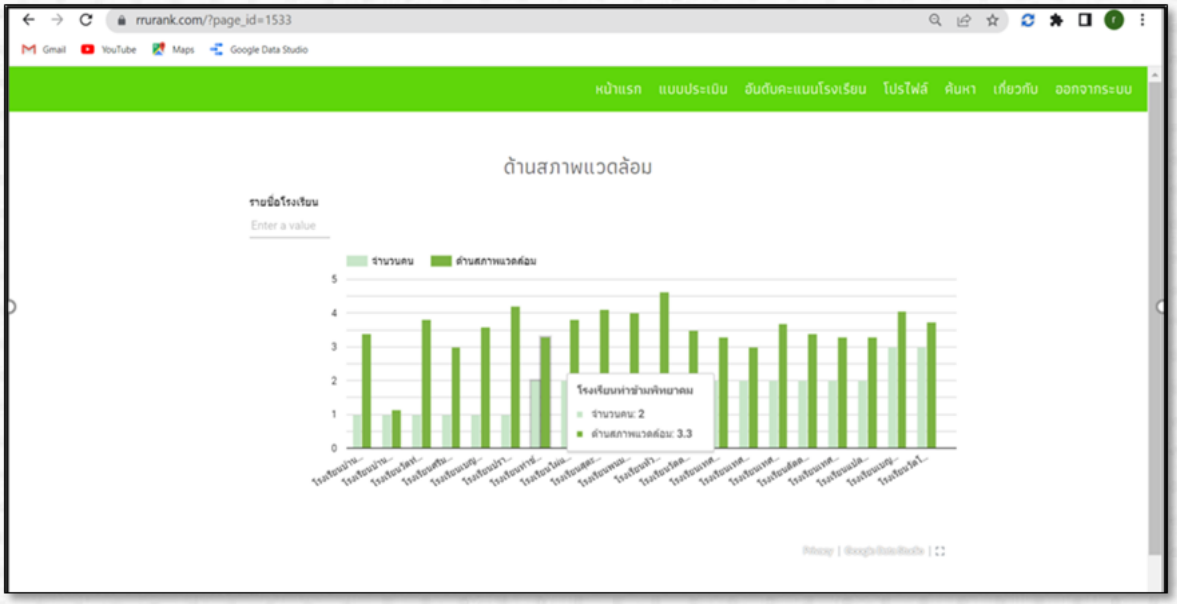
ภาพที่ 3 หน้าแบบประเมินโรงเรียน

4.3 หน้าเมนูอันดับคะแนนโรงเรียน

หน้าคะแนนรวมของทุกโรงเรียน จะประกอบไปด้วยกราฟที่แสดงคะแนนของโรงเรียน ด้านข้างของกราฟจะแสดงรายชื่อโรงเรียนที่มีคะแนนแสดงอยู่ภายในกราฟ พร้อมกับคำสั่งเพื่อทำการค้นหารายชื่อโรงเรียนที่ต้องการ และคะแนนที่ได้นั้นเป็นการนำคะแนนที่ได้จากการประเมินของนักศึกษาและอาจารย์นิเทศก์มารวมกันหารด้วยจำนวนคนที่ไปโรงเรียนนั้นทั้งหมด ผลรวมของคะแนนทุกโรงเรียนจะได้ไม่เกิน 175 คะแนน



ภาพที่ 4 หน้าคะแนนรวมของทุกโรงเรียน



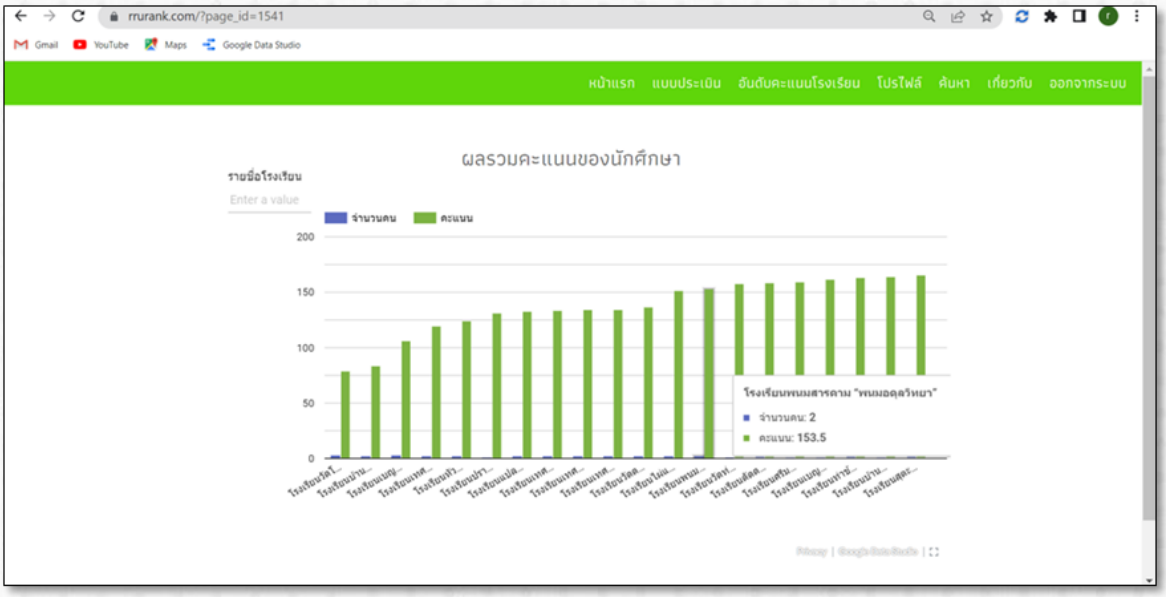
ภาพที่ 5 หน้าด้านสภาพแวดล้อม



ภาพที่ 6 หน้าด้านปฏิสัมพันธ์ภายในโรงเรียน

4.4 หน้าแสดงผลของนักศึกษา

จะประกอบไปด้วยกราฟที่แสดงคะแนนของโรงเรียน ด้านล่างของกราฟ จะแสดงรายชื่อโรงเรียนที่มีคะแนนแสดงอยู่ภายในกราฟ พร้อมกับคำสั่งเพื่อทำการค้นหารายชื่อโรงเรียนที่ต้องการ และคะแนนที่ได้นั้นเป็นการนำคะแนนที่ได้จากการประเมินของนักศึกษามารวมกันหารด้วยจำนวนคนที่ไปโรงเรียน ผลรวมของคะแนนทุกโรงเรียนจะได้ไม่เกิน 175 คะแนน



ภาพที่ 7 หน้าแสดงผลของนักศึกษา

4.5 ผลการการประเมินคุณภาพ

ผลการการประเมินคุณภาพของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์โดยรวม จากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ อาจารย์นิเทศก์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ และนักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา ชั้นปีที่ 5 มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ปีการศึกษา 2564 รวมจำนวน 42 คนเมื่อพิจารณา ในภาพรวมพบว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.64, SD = 0.53) โดยเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายด้านจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.76, SD = 0.43) ด้านรูปแบบการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.65, SD = 0.49) และด้านประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.59, SD = 0.58) ตามลำดับ โดยรายละเอียดผลการประเมินคุณภาพ มีดังนี้

1) ด้านประสิทธิภาพของระบบ เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายข้อจากมากไปหาน้อย ดังนี้ รูปแบบของแผนภูมิมีความเหมาะสมกับการใช้งาน ($\bar{X}$= 4.67, SD = 0.57) โทนสีของข้อความมีความชัดเจนและอ่านง่าย ($\bar{X}$= 4.67, SD = 0.57) การใช้ภาษาที่ถูกต้องและครบถ้วน ($\bar{X}$= 4.65, SD = 0.54) โทนสีภายในเว็บไซต์มีความสบายตา เหมาะสมต่อการใช้งาน ($\bar{X}$= 4.62, SD = 0.54) การใช้ภาษาที่ถูกต้องและครบถ้วน ($\bar{X}$= 4.62, SD = 0.54) การค้นหาข้อมูลภายในเว็บไซต์สะดวกต่อการใช้งาน ($\bar{X}$= 4.62, SD = 0.54) ภาพประกอบของเว็บไซต์มีความคมชัด ($\bar{X}$= 4.60, SD = 0.54) ประสิทธิภาพความสม่ำเสมอในการอัพเดตข้อมูล ($\bar{X}$= 4.60, SD = 0.59) การแสดงผลเมนูภายในเว็บไซต์สะดวกต่อการใช้งาน ($\bar{X}$= 4.57, SD = 0.67) ขนาดของข้อความภายในเว็บไซต์มีความถูกต้อง ชัดเจน ($\bar{X}$= 4.57, SD = 0.59) การแสดงผลข้อมูลภายในเว็บไซต์มีความครบถ้วน ($\bar{X}$= 4.55, SD = 0.55) การแสดงผลรูปภาพภายในเว็บไซต์สอดคล้องกับระบบ ($\bar{X}$= 4.55, SD = 0.67) ตามลำดับ

2) ด้านรูปแบบการใช้งาน เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายข้อจากมากไปหาน้อย ดังนี้ การบันทึกข้อมูลระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สามารถใช้งานได้ง่าย ($\bar{X}$= 4.71, SD = 0.46) ความสมบูรณ์ของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ($\bar{X}$= 4.71, SD = 0.46)

ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ($\bar{X}$= 4.69, SD = 0.47) ระบบการจัดอันดับสามารถแสดงผลการจัดอันดับได้ถูกต้อง ($\bar{X}$= 4.68, SD = 0.54) การเพิ่มข้อมูลการประเมินระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูมีความสะดวกและรวดเร็ว ($\bar{X}$= 4.64, SD = 0.48) สามารถเข้าถึงระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูได้อย่างสะดวก ($\bar{X}$= 4.64, SD = 0.48) รูปแบบการเชื่อมโยงหน้าแบบประเมินมีความเหมาะสม ใช้งานง่าย ($\bar{X}$= 4.62, SD = 0.54) แบบประเมินการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูมีความถูกต้อง ($\bar{X}$= 4.57, SD = 0.50) ตามลำดับ

3) ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายข้อจากมากไปหาน้อย ดังนี้ สามารถใช้เป็นระบบแบบอย่างในการนำไปศึกษาได้ ($\bar{X}$= 4.83, SD = 0.38) การพัฒนาการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูใช้งานได้จริง ($\bar{X}$= 4.81, SD = 0.40) เป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อนักศึกษาคณะครุศาสตร์ ($\bar{X}$= 4.76, SD = 0.43) สามารถใช้เป็นสื่อในการประกอบการตัดสินใจในการออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ($\bar{X}$= 4.69, SD = 0.47) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์แบบรายด้าน

รายการประเมิน	n = 42			
	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ	อันดับที่
1. ด้านประสิทธิภาพของระบบ	4.59	0.58	ดีมาก	3
2. ด้านรูปแบบการใช้งาน	4.65	0.49	ดีมาก	2
3. ด้านการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์	4.76	0.43	ดีมาก	1
รวม	4.64	0.53	ดีมาก	

5. สรุปและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพในภาพรวมของการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นระบบที่ช่วยให้นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกโรงเรียนได้เป็นอย่างดี จากเดิมที่ไม่มีการพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู อาจทำให้นักศึกษาที่ต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูไม่สามารถตัดสินใจ หรือสอบถามข้อมูลภายในโรงเรียนแต่ละด้านกับผู้อื่นได้โดยตรง เพราะบางครั้งการสอบถามจากผู้ที่เคยออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูแล้วนั้น ก็ไม่สามารถแน่ใจได้ว่า ผลสรุปโดยรวมแล้วโรงเรียนเป็นอย่างไร ระบบที่พัฒนาขึ้นจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการช่วยเป็นข้อมูลให้แก่นักศึกษา เข้ามาสำรวจข้อมูลโรงเรียนที่ตนเองสนใจ และยังสามารถดูได้ว่าโรงเรียนนั้นมีค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดในด้านใด ยังเป็นระบบที่สามารถเข้าไปประเมินโรงเรียนที่ตนเองฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูได้โดยตรง ผลการประเมินจะถูกจัดอยู่ในรูปแบบของกราฟ และแผนภูมิเพื่อบ่งชี้คะแนนในแต่ละโรงเรียนว่าต่างกันมากน้อยแค่ไหน ผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ดังที่กล่าวมา มีรายละเอียดผลการประเมินคุณภาพรายด้านโดยเรียงลำดับ คะแนนเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ดังนี้

ด้านประสิทธิภาพของระบบที่มีคุณภาพอยู่ในอันดับแรก คือ โทนสีของข้อความมีความชัดเจนและอ่านง่าย รองลงมา คือ รูปแบบของแผนภูมิมีความเหมาะสมกับการใช้งาน และอันดับสามคือ โทนสีภายในเว็บไซต์มีความสบายตา เหมาะสมต่อการใช้งาน เนื่องจากผู้ใช้งานระบบรู้สึกพอใจต่อการออกแบบโทนสีข้อความเพราะมีความชัดเจนและอ่านง่าย และรูปแบบของ

แผนภูมิมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน มีสีสันสบายตาง่ายต่อการประเมินและอ่าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรกช ขันธบุญ และจิรวัฒน์ พิระสันต์ [6] การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสำหรับการท่องเที่ยวอุทยาน ประวัติศาสตร์กำแพงเพชร ซึ่งการทำงานของผู้ใช้งานโดยการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ตามที่ออกแบบไว้ด้วยความโดดเด่นของการใช้งานของผู้ใช้ในเรื่องของสี และขนาดตัวปุ่มกด รวมไปถึงการวางในพื้นที่ว่างในการโฟกัสของผู้ใช้ แอปพลิเคชันและการตัดคำอธิบายที่ไม่จำเป็นออกไปทำให้ขนาดและสีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยลักษณะปุ่ม หรือสัญลักษณ์ถูกวางในตำแหน่งของผู้ใช้คุ้นเคยกับการใช้งานจากแอพพลิเคชันอื่น ๆ ทั้งนี้เพื่อทำให้การ เข้าถึงของผู้ใช้รวดเร็วยิ่งขึ้น และไม่สับสนการใช้งาน การใช้เอฟเฟคในแต่ละหน้าของแอปพลิเคชันสามารถ ทำให้ผู้ใช้ไม่เกิดอาการเบื่อในการใช้งาน ซึ่งเอฟเฟคในการเปลี่ยนในแต่ละหน้าของข้อมูลแสดงผล เอฟเฟคปุ่มกด การแบ่งลำดับความสำคัญของเนื้อหา ในการใช้ก่อนและหลังโดยเน้นส่วนการใช้งานบ่อยให้ อยู่ในหน้าหลักเพื่อตอบจุดประสงค์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ได้สะดวกและรวดเร็ว

ด้านรูปแบบการใช้งานที่มีคุณภาพอยู่ในอันดับแรก คือ การบันทึกข้อมูลระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู รองลงมา คือ ความสมบูรณ์ของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และอันดับสาม คือ ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู เนื่องจากผู้ใช้งานระบบรู้สึกพอใจต่อการออกแบบด้านรูปแบบการใช้งาน เพราะการบันทึกข้อมูลของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสามารถทำการบันทึกทันที เมื่อผู้ใช้งานเข้าไปกรอกแบบฟอร์มการสมัครสมาชิก หรือเข้าไปทำการประเมินโรงเรียนต่าง ๆ ในระบบ ระบบมีความสมบูรณ์ และมีความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจิรา ด้วงทอง [7] ได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเว็บไซต์ คณะศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเว็บไซต์และเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาเว็บไซต์ของคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีให้มีคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเว็บไซต์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน รองลงมา คือคุณภาพข้อมูล มีการออกแบบเว็บไซต์โดยคำนึงถึงการใช้งานได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นการสร้างหน้าโฮมเพจที่ไม่มีเมนูซับซ้อน จัดหมวดหมู่ของข้อมูลแยกตามฝ่ายงานแล้วเชื่อมโยงไปสู่ข้อมูลสำคัญเพื่อให้ผู้ใช้บริการเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย

ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ของระบบที่มีคุณภาพอยู่ในอันดับแรก คือ สามารถใช้เป็นระบบแบบอย่างในการนำไปศึกษาได้ รองลงมา คือ การพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ใช้งานได้จริง และอันดับสามคือเป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อนักศึกษา คณะครุศาสตร์ เนื่องจากผู้ใช้งานระบบรู้สึกพอใจต่อการที่ระบบสามารถใช้เป็นแบบอย่างในการนำไปศึกษาได้ การพัฒนาระบบการจัดอันดับของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สามารถใช้งานได้จริงและยังเป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อนักศึกษา คณะครุศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนันทิดา โอฐกรรม [8] ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์และความพึงพอใจ ต่อเว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ผลการวิจัยพบว่า พบว่าการใช้ประโยชน์จากเว็บไซต์มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจต่อเว็บไซต์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. นโยบายกระทรวงศึกษาธิการกรอบยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579). กรุงเทพมหานคร, กระทรวงศึกษาธิการ. 2560.

[2] สำนักงานเลขาธิการคุรุสภา. ประกาศคุรุสภา เรื่อง การรับรองปริญญาและประกาศนียบัตรทางการศึกษาเพื่อการประกอบวิชาชีพ พ.ศ. 2557. 2557.

[3] ปฐมาวดี แถวนาชุม. (2558). ความคิดเห็นของนักศึกษาฝึกสอนคณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ต่อการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาการอุดมศึกษาบัณฑิตมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[4] วรรณี แกมเกตุ. วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555.

[5] อรยา ปรีชาพานิช. คู่มือเรียนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System analysis and design). (ฉบับปรับปรุง). นนทบุรี, ไอดีซีฯ. 2557.

[6] กรกช ขันธบุญ และจิรวัฒน์ พิระสันต์. การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสำหรับการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2562.

[7] สุจิตรา ด้วงทอง. ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเว็บไซต์. คณะศิลปศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2564.

[8] นันทิดา โอฐกรรม. การใช้ประโยชน์และความพึงพอใจ ต่อเว็บไซต์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. คณะวิทยาการจัดการ. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 2563.

เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์
Online computer sales website, Panyachoncomputer Shop

วรรณสิทธิ์ เสรีวงศ์สกุล[1*] และ ศิวพร นาคอุดม[2]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
[*]Email: 6081119016@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบพัฒนาเว็บไซต์ให้กับร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ 2) เพื่อเพิ่มช่องทางในการจัดจำหน่ายให้กับร้าน 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจเว็บไซต์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) เว็บไซต์ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 3) แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 คน และผู้ใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 40 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าระบบเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ สามารถนำไปใช้งานซื้อขายสินค้าออนไลน์ให้กับร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์ได้ โดยแบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับที่ดี ($\bar{x}$ = 4.13 S.D. = 0.33) ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของเว็บไซต์ อยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.05 S.D. = 0.55) ความพึงพอใจด้านการออกแบบเว็บไซต์ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{x}$ = 4.06 S.D. = 0.43) และความพึงพอใจด้านการใช้งานเว็บไซต์ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{x}$ = 4.05 S.D. = 0.47)

คำสำคัญ: เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์

Abstract

Panyachoncomputer Shop, sales website has a purpose 1) To design and develop a website for an intellectual computer shop. 2) To increase distribution channels for the store. 3) To study website satisfaction the tools used in the research consisted of 1) Computer shop website 2) User satisfaction assessment form 3) Expert quality assessment form the sample group used in the research was 4 experts and 40 website users. The data analysis was based on basic statistics, i.e. mean and standard deviation. The results of the research showed that the online computer sales website system, intellectual computer shop, can be used to sell products online for intellectual shop. By the quality assessment form of experts at a good level ($\bar{x}$ = 4.13 S.D. = 0.33), satisfaction with website performance good level ($\bar{x}$ = 4.05 S.D. = 0.55), website design satisfaction overall, it was in good level ($\bar{x}$ = 4.06 S.D. = 0.43), and satisfaction in using the website overall, it was in good level ($\bar{x}$ = 4.05 S.D. = 0.47).

Keywords: PanyachonComputer online,sales website

1. บทนำ

ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 75/5,75/6 หมู่ที่9 ตำบลเขาพนม อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ 81140 มีด้วยกันทั้งหมด 2 สาขา ให้บริการขายคอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊ค รับซื้อคอมพิวเตอร์มือสอง อุปกรณ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ซ่อม จำหน่ายและติดตั้งกล้องวงจรปิด วางระบบคอมพิวเตอร์ต่างๆ เช่น ระบบแลน เป็นต้น ทางร้านมีช่องทางในการติดต่อได้ทั้ง เบอร์โทร โทรศัพท์มือถือ แฟนเพจ ไลน์ อีเมลล์ เป็นต้น

มีบุคลลากร4-5คน แบ่งการทำงานเป็นฝ่ายช่าง ฝ่ายบัญชี และฝ่ายขาย ตอนนี้ร้านยังไม่มีเว็บไซต์ของร้าน เพราะไม่มีพนักงานที่พัฒนาและดูแลเว็บไซต์ให้กับทางร้าน จึงได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ WordPress เพราะเป็นโปรแกรมพัฒนาเว็บไซต์โดนไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ดก็ได้ จึงทำให้ง่ายแก่การที่จะพัฒนาเว็บไซต์ให้กับทางร้านและให้พนักงานของทางร้านได้นำไปพัฒนา ดูแล และนำไปใช้งานในการขายสินค้าออนไลน์ของทางร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์

จากการไปลงพื้นที่พบว่าร้านได้รับผลกระทบจากเหตุโรคโควิดระบาดทำให้ยอดขายลดลงเล็กน้อย จึงอยากเข้ามาพัฒนาเว็บไซต์ให้กับทางร้านเพื่อเป็นการเพิ่มยอดขายให้กับร้านและเป็นการเพิ่มกลุ่มลูกค้าใหม่ๆให้กับทางร้าน และเพื่อให้ร้านได้เพิ่มช่องทางใหม่ให้แก่ลูกค้าได้เลือกใช้บริการ ทำให้ร้านดูทันสมัยและมีความน่าเชื่อถือและลูกค้าเกิดความสะดวกในการเลือกซื้อสินค้าโดยไม่ต้องเดินทางมาที่ร้าน สามารถสั่งผ่านทางเว็บไซต์ ใส่ที่อยู่ให้ครบ ส่งสลิปยืนยันการชำระเงิน และทางร้านก็จะส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ตามข้อมูลที่ลูกค้าระบุมาให้กับเว็บไซต์

2.เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.1 WordPress

WordPress คือ โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้สร้างและจัดการเนื้อหาเว็บไซต์ประเภท Contents Management System หรือเรียกย่อๆว่า "CMS" ซึ่งเขียนด้วยภาษา PHP และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL โดยมีส่วนประกอบหลักๆ คือ

1) WordPress Core เป็นซอฟแวร์หลัก ใช้จัดการเว็บไซต์ เนื้อหาและบทความต่างๆ

2) Theme เป็นส่วนที่กำหนดดีไซน์หรือรูปแบบการแสดงผล

3) Plugin เป็นส่วนที่ช่วยเพิ่มความสามารถให้กับ WordPress เช่น ระบบสร้างหน้าเว็บไซต์ ระบบจัดการสินค้า

WordPress มีระบบจัดการบทความหรือที่เรียกว่า “ระบบหลังบ้าน(Dashboard)” เอาไว้จัดการข้อมูลบนอินเตอร์เน็ต ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานมาก สามารถใช้สร้างและจัดการเนื้อหาเว็บไซต์ โดยใช้งานบนอินเตอร์เน็ตได้เลย ไม่จำเป็นต้องดาวน์โหลดโปรแกรมมาติดตั้งในเครื่อง และผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลาเขียนโค้ดเอง (อาอุน ไทย,2560)

2.2 Xampp

xampp โปรแกรมสำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเรา ให้ทำงานในลักษณะของ WebServer นั่นคือเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราจะเป็นทั้งเครื่องแม่ และเครื่องลูกในเครื่องเดียวกัน ทำให้ไม่ต้องเชื่อมต่อกับ Internet เราก็สามารถทดสอบเว็บไซต์ที่เราสร้างขึ้น ได้ทุกที่ทุกเวลา ปัจจุบันได้รับความนิยมจากผู้ใช้ CMS ในการสร้างเว็บไซต์

XAMPP ประกอบด้วย Apache, PHP, MySQL, PHP MyAdmin, Perl ซึ่งเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่รองรับการทำงาน CMS ซึ่งเป็นชุดโปรแกรม สำหรับออกแบบเว็บไซต์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ไฟล์สำหรับติดตั้ง xampp นั้นอาจมีขนาดใหญ่สักหน่อย เนื่องจาก มีชุดควบคุมการทำงานที่ช่วยให้การปรับแต่งส่วนต่าง ง่ายขึ้น XAMPP นั้นรองรับระบบปฏิบัติการหลายตัว เช่น Windows, Linux, Apple ทำงานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการแบบ 32 bit และ 64 bit สิ่งที่โดดเด่นกว่าโปรแกรมอื่นคือมีตัวช่วยติดตั้ง CMS ที่เรียกว่า BitNami ซึ่งช่วยให้ติดตั้ง CMS รุ่นใหม่ ๆ ที่ได้รับความนิยมอีกด้วย (อลงกรณ์ เต็งสมุทร,2556)

2.3 Canva

Canva คือ โปรแกรมสำหรับรูปที่ใช้งานบนเว็บไซต์ ช่วยเรื่องของการดีไซน์งานต่างๆ เป็นแพลตฟอร์มออนไลน์สำหรับนักออกแบบงานกราฟิกหรือคนทั่วๆ ไป ยกตัวอย่างเช่น งานโฆษณา ทำโปสเตอร์ งาน Present ภาพสำหรับโซเชียลมีเดียหรือ Content บนรูปภาพ โดย Canva สามารถใช้งานผ่าน Application บนมือถือหรือจะใช้งานผ่านเว็บไซต์ก็ได้ คุณสามารถใช้งาน Canva ได้ฟรีไม่มีค่าใช้จ่าย แถมยังมีเทมเพลตและรูปภาพที่ช่วยในการออกแบบที่เยอะมากๆ ด้วย Canva ช่วยให้งานดีไซน์หรือช่วยให้ทุกงาน Artwork ของคุณออกมาดูดีมากที่สุด แม้ว่าคุณจะไม่มีความรู้ในเรื่องการออกแบบหรือไม่จำเป็นต้องมีความรู้ศิลปะก็สามารถใช้งานได้

ในปัจจุบันมีผู้ใช้งาน Canva ทั้งใน Application บนโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ การใช้งาน Canva ใน Application บนมือถือนั้นก็สะดวก แต่ถ้าการใช้งานที่รวดเร็ว สามารถมองเห็นรูปภาพตัวหนังสือได้ชัดเจน รวมถึงการจัดระเบียบตัวอักษรต่างๆ การใช้งานบนคอมพิวเตอร์น่าจะเหมาะสมมากกว่า (Entro.io,2564)

3. วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง : - ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 คน
- ผู้ที่เข้ามาใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 40 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การใช้งานเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์

2.2 ตัวแปรตาม คือ แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญและความพึงพอใจของผู้เข้าใช้งานเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์

3.2 แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ

4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

4.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการพัฒนาระบบเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ ได้ดำเนินโดยใช้กระบวนการพัฒนาตามวงจรการพัฒนาระบบงาน (System Development Life Cycle : SDLC) ดังนี้

5.1 ทำการศึกษาและรวบข้อมูลเกี่ยวกับร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ กำหนดปัญหาและความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ

5.2 นำข้อมูลและปัญหาที่ได้รับจากการรวบรวมมาทำการวิเคราะห์ ศึกษาและหาวิธีแก้ปัญหา

5.3 นำข้อมูลที่ได้รับการวิเคราะห์แล้วจากขั้นที่ 2 มาประกอบในการเขียนผังงาน

5.4 ออกแบบระบบเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5.5 ทำการพัฒนาระบบเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Wordpress

5.6 เมื่อพัฒนาระบบเสร็จ ทำการทดสอบระบบก่อนนำไปใช้งานจริงและทำการติดตั้งระบบเว็บไซต์บนโฮสติ้งจากนั้นนำให้ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา 1 คน และผู้เชี่ยวชาญอีก 3 คน ทำการประเมินเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์

5.7 ทำการบำรุงรักษาระบบ ทดสอบการใช้งานเพื่อหาข้อผิดพลาดของระบบ ให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และปรับปรุงระบบให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

1.ผลการพัฒนาระบบระบบเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้แบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผู้ดูแล และผู้เข้าใช้งานเว็บไซต์ ซึ่งประกอบด้วยเมนูจำนวน 8 เมนู ได้แก่ 1) หน้าแรก 2) ขั้นตอนการสั่งซื้อ 3) ร้านค้า 4) ตะกร้าสินค้า 5) สั่งซื้อและชำระเงิน 6) แจ้งชำระเงิน 7) หมายเลขพัสดุ 8) ติดต่อร้าน



2.ผลแบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่1 ผลการประเมินคุณภาพระบบของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.1 ความรวดเร็วในการใช้งานระบบ	4.25	0.43	ดี
1.2 ความปลอดภัยของระบบ	4.00	0.00	ดี
1.3 ความเร็วในการโหลดข้อมูลต่างๆ	4.25	0.43	ดี
1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.00	0.71	ดี
1.5 ความสะดวกในการใช้งาน	4.00	0.00	ดี
1.6 ความสวยงามของเว็บไซต์	4.25	0.43	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.13	0.33	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่าการประมินคุณภาพของผู้ชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่านนั้น โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{x}$ = 4.13 S.D. = 0.33) เมื่อพิจารณาจากประเด็นที่ประเมินจำนวน 6 ประเด็น โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่า ระดับคุณภาพดี คือ ความรวดเร็วในการใช้งานระบบ ความเร็วในการโหลดข้อมูลต่างๆ และความสวยงามของเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ย 4.25 รองลงมาคือ ความปลอดภัยของระบบ ความถูกต้องของเนื้อหา และความสะดวกในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.00

3.ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของเว็บไซต์

ตารางที่2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.ด้านประสิทธิภาพ			
1.1 ความปลอดภัยในการใช้งานเว็บไซต์	4.03	0.65	ดี
1.2 ความรวดเร็วในการเข้าเว็บไซต์	4.08	0.57	ดี
1.3 ความสะดวกในการใช้งาน	4.05	0.59	ดี
1.4 ความเร็วในการโหลดรูปภาพ และรายละเอียดต่างๆของสินค้า	4.05	0.55	ดี
1.5 ความเร็วในการอัปเดตข้อมูล	4.05	0.42	ดี
รวม	4.05	0.55	ดี
2.ด้านการออกแบบเว็บไซต์			
2.1 ความสวยงาม ความทันสมัยของหน้าเว็บไซต์	4.00	0.45	ดี
2.2 ขนาดของอักษร รูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและมีความสวยงาม	4.05	0.50	ดี
2.3 ความเหมาะสมของเมนูในการใช้งานเว็บไซต์	4.13	0.60	ดี
2.4 ขนาดและความชัดของรูปภาพสินค้า	4.03	0.35	ดี
2.5 รายละเอียดต่างๆของสินค้าในเว็บไซต์	4.08	0.26	ดี
รวม	4.06	0.43	ดี
3.ด้านการใช้งานเว็บไซต์			

3.1 ความพึงพอใจในระบบการสั่งซื้อและชำระเงินของเว็บไซต์	4.08	0.41	ดี
3.2 การอธิบายขั้นตอนการสั่งซื้อของเว็บไซต์	4.03	0.35	ดี
3.3 ความครบถ้วนของรายละเอียดและข้อมูลการติดต่อของร้านในเว็บไซต์	4.03	0.42	ดี
3.4 รายละเอียดสินค้าต่างๆ	4.08	0.41	ดี
3.5 ความพึงพอใจในระบบการแจ้งเลขพัสดุ	4.00	0.50	ดี
รวม	4.05	0.47	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.05	0.48	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่าผู้ใช้งานเว็บมีระดับความพึงพอใจเว็บไซต์ โดยรวมอยู่ในระดับที่ดี ($\bar{X}$ = 4.05 S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณาแยกในแต่ละด้าน 1.ด้านด้านประสิทธิภาพมีค่าเฉลี่ยรวมในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.05 S.D. = 0.55) จากประเด็นที่ประเมินจำนวน 5 ประเด็น เมื่อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่า ความรวดเร็วในการเข้าเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.08 รองลงมาคือ ความสะดวกในการใช้งาน ความเร็วในการโหลดรูปภาพ และรายละเอียดต่างๆของสินค้า ความเร็วในการอัปเดตข้อมูล มีค่าเฉลี่ยเท่ากันอยู่ที่ 4.05 สุดท้ายคือ ความปลอดภัยในการใช้งานเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.03 2.ด้านการออกแบบเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยรวมในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.06 S.D. = 0.43) จากประเด็นที่ประเมินจำนวน 5 ประเด็น เมื่อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่า ความเหมาะสมของเมนูในการใช้งานเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.13 รองลงมาคือ รายละเอียดต่างๆของสินค้าในเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.08 ขนาดของอักษร รูปแบบตัวอักษร อ่านง่ายและมีความสวยงาม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.05 และขนาดและความชัดของรูปภาพสินค้า ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.03 สุดท้ายคือ ความสวยงาม ความทันสมัยของหน้าเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 และ3.ด้านการใช้งานเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยรวมในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.05 S.D. = 0.47) จากประเด็นที่ประเมินจำนวน 5 ประเด็น เมื่อเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่า ความพึงพอใจในระบบการสั่งซื้อและชำระเงินของเว็บไซต์ และรายละเอียดสินค้าต่างๆมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากันอยู่ที่ 4.08 รองลงมาคือ การอธิบายขั้นตอนการสั่งซื้อของเว็บไซต์ และความครบถ้วนของรายละเอียดและข้อมูลการติดต่อของร้านในเว็บไซต์ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากันอยู่ที่ 4.03 สุดท้ายความพึงพอใจในระบบการแจ้งเลขพัสดุ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00

5. บทสรุป

การพัฒนาระบบเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบพัฒนาเว็บไซต์ให้กับร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ 2) เพื่อเพิ่มช่องทางในการจัดจำหน่ายให้กับร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ 2) แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 คน และผู้ใช้งานเว็บไซต์จำนวน 40 คน

ผลการวิจัยพบว่า ได้ระบบเว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยมีระบบซื้อขายสินค้า ชำระเงิน ข้อมูลต่างๆของร้านปัญญาชนคอมพิวเตอร์ สามารถนำไปใช้งานซื้อขายสินค้าออนไลน์ให้กับร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ได้ เว็บไซต์ขายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ ร้านปัญญาชน คอมพิวเตอร์ แบบประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับที่ดี($\bar{X}$ = 4.13 S.D. = 0.33) ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของเว็บไซต์ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.05 S.D. = 0.55) ความพึงพอใจด้านการออกแบบเว็บไซต์ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{X}$ = 4.06 S.D. = 0.43) และความพึงพอใจด้านการใช้งานเว็บไซต์ โดยรวมอยู่ในระดับ ดี ($\bar{X}$ = 4.05 S.D. = 0.47)

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ศิวพร นาคอุดม อาจารย์ที่ปรึกษา คณะอาจารย์ประจำหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ทุกท่านและบุคคลอื่นๆที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ที่ให้คำแนะนำตรวจสอบและแก้ไข และให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ให้กับงานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อาอุน ไทย. (2560). WordPress คืออะไร. สืบค้นจาก https://seo-web.aun-thai.co.th/blog/web-blog-word press.

[2] อลงกรณ์ เต็งสมุทร. (05 กรกฎาคม 2556). XAMPP คืออะไร. สืบค้นจาก www.ninetechno.com.

[3] Entro.io. (26 ตุลาคม 2564). Canva คืออะไรและใช้งานอย่างไร. สืบค้นจาก https://www.entro.io.

การเพิ่มประสิทธิภาพงานทรัพยากรบุคคลด้วยแดชบอร์ดเทคโนโลยี
The Increase Effectiveness of HR through Dashboard Technology

วีรวรรณ จันทนะทรัพย์[1*] และ สุริโย ก่อวาณิชกุล[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: veerawan.j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้นำเสนอเครื่องมือบริหารจัดการข้อมูลทรัพยากรบุคคลด้วยเทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบอินเทอร์แอคทีฟแดชบอร์ด โดยใช้ข้อมูลทรัพยากรบุคคลของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเป็นกรณีศึกษา ข้อมูลทรัพยากรบุคคลถูกจัดเก็บและรวบรวมในรูปแบบไฟล์ข้อมูลด้วยเทคนิคการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ และดำเนินการนำข้อมูลทรัพยากรบุคคล ข้อมูลภาระงานสอน และข้อมูลตัวดัชนีชี้วัดความสำเร็จมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อจัดทำแดชบอร์ดรายงานนำเสนอข้อมูลที่ทำงานร่วมกับตัวกรองข้อมูลแบบอินเตอร์แอคทีฟด้วยซอฟต์แวร์ดาต้าสตูดิโอ ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 30 ราย ซึ่งเป็นบุคลากรของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับสูงสุด นอกจากนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถช่วยฝ่ายบุคลากรของคณะในการปรับปรุงกระบวนการสรรหา เพิ่มประสิทธิภาพการจัดการตัวดัชนีชี้วัดความสำเร็จ ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของบุคลากร และยังสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทรัพยากรบุคคลกับหน่วยงานการศึกษาที่มีลักษณะคล้ายกัน

คำสำคัญ: แดชบอร์ด, การดึงข้อมูลจากเว็บไซต์

Abstract

This study proposes data visualization using interactive dashboard as managerially to process existing human resource data. Data from the faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon as our case study is used for illustration. In data visualization, existing data were designed to combine all Employee data into structural file using webs capping technique and use it as data source for reporting. As of data source, teaching load and KPIs was selected as a channel to send quick reports and analytic results of co-occurrence items, and Dashboards with interactive filtering ability via Data Studio are employed. The results of the overall satisfaction evaluated by participants of 30, who were employee in a case study organization is at highest level. Furthermore, these approaches can help HR department to improve recruiting processing, optimize the KPIs management as well as to enhance the overall employee performance. And, be applied to any education institute that face with similar issues of human resource analytics.

Keywords: Dashboard, Web Scraping

1. บทนำ

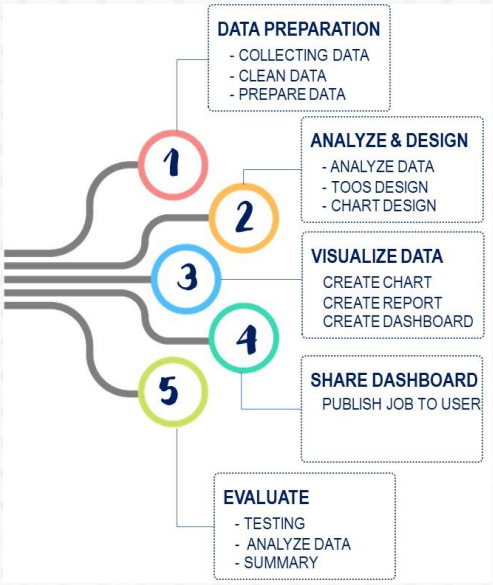
ปัจจัยสำคัญในการบริหารองค์กรประกอบด้วย 4 ปัจจัย หรือ 4M คือ มนุษย์ (Man) เงินทุน (Money) วัสดุดิบ อุปกรณ์ต่าง ๆ (Materials) และการบริหารจัดการ (Management) โดยปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือ มนุษย์ หรือบุคคล เพราะมนุษย์คือทรัพยากรที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์มากที่สุดในการบริหารองค์กรให้ก้าวสู่ความสำเร็จ การที่องค์กรใดมีทรัพยากรบุคคลที่มีศักยภาพ มีความรู้ความสามารถในการทำงาน และมีอัตรากำลังที่สอดคล้องกับปริมาณงานในองค์กรก็จะทำให้องค์กรขับเคลื่อนไปสู่ความสำเร็จ ดังนั้นระบบการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล (Human Resources Management; HRM) จึงเปรียบเสมือนหัวใจและเป็นขุมพลังสำคัญที่ทำให้องค์กรประสบความสำเร็จและก้าวไปข้างหน้าอย่างไรขีดจำกัด โดยหน้าที่ในการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคลนี้ถือเป็นหน้าที่ภาระกิจสำคัญของหน่วยงานทรัพยากรบุคคลของแต่ละองค์กร ซึ่งจากความสำคัญด้านการบริหารงานจัดการทรัพยากรบุคคลข้างต้น พบว่ามีนักวิจัยที่ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาระบบบริหารทรัพยากรบุคคลขององค์กรทั้งภาครัฐบาลและเอกชนอยู่เป็นจำนวนมาก อาทิ ผลงานวิจัยของ กุณฑล [1] นำเสนอระบบการบริหารจัดการการมาปฏิบัติราชการของบุคลากรของสำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระบบการบริหารผลการปฏิบัติงานของสำนักงาน ก.พ. [2] ระบบบริหารข้าราชการผู้มีศักยภาพสูงของส่วนราชการสังกัดรัฐสภา [3] และระบบบริหารทรัพยากรบุคคล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [4] เป็นต้น โดยประเด็นการศึกษาวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรบุคคลมี 2 ด้าน คือ ด้านสังคมศาสตร์ และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยด้านสังคมศาสตร์มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล ในขณะที่ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมุ่งเน้นพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยบริหารจัดการข้อมูลทรัพยากรบุคคล และช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนและพัฒนาบุคลากร ซึ่งปัจจุบันงานวิจัยด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อช่วยบริหารจัดการงานทรัพยากรบุคคลกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการสรุปภาพรวมข้อมูล และช่วยในการตัดสินใจวางแผนการปฏิบัติในระดับต่าง ๆ ทั้งผู้ปฏิบัติงาน และผู้บริหารระดับต่าง ๆ ภายใต้แนวคิดการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence; BI) [5]

บทความวิจัยนี้นำเสนอแนวคิดการพัฒนาระบบธุรกิจอัจฉริยะเพื่อสร้างเครื่องมือนำเสนอข้อมูลทรัพยากรบุคคล ในรูปแบบแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลออนไลน์ โดยใช้กรณีศึกษาข้อมูลทรัพยากรบุคคลของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งปัจจุบันมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครได้พัฒนาระบบบริหารทรัพยากรบุคคล (Human Resource Management; HRM) ของมหาวิทยาลัยและถูกนำมาใช้งานในการบริหารจัดการข้อมูลบุคลากรภายในองค์กรทั้งในระดับคณะ สำนักงาน กองงานต่าง ๆ ตามโครงสร้างของมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามระบบงานดังกล่าวยังขาดเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูลในมิติต่าง ๆ ด้วยแผนภูมิรูปภาพที่ตรงกับความต้องการใช้ประโยชน์ของผู้ใช้งาน และผู้บริหาร อาทิ สนับสนุนงานด้านประกันคุณภาพการศึกษา สนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารและวางแผนอัตรากำลัง เป็นต้น โดยการเรียบเรียงบทความจะเป็นดังนี้ ในหัวข้อที่ 2 วิธีการวิจัย หัวข้อที่ 3 ผลการทดลองและอภิปรายผล ในหัวข้อที่ 4 บทสรุป หัวข้อที่ 5 กิตติกรรมประกาศ และสุดท้ายเอกสารอ้างอิง

2. วิธีการวิจัย

แดชบอร์ดนำเสนอข้อมูล (Dashboard) คือ ผลลัพธ์จากการพัฒนาข้อมูลด้วยหลักการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization) ข้อมูลถูกนำมาแสดงในรูปแบบของแผนภูมิ (Chart) ชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะกับข้อมูล โดยมุ่งหวังสื่อสารไปยังผู้ใช้งานให้เข้าใจถึงค่าสำคัญทางสถิติ รูปแบบ (Patterns) แนวโน้ม (Trends) รวมทั้งความสัมพันธ์ (Correlations) ของข้อมูล [6] นอกจากความมุ่งหวังในการสื่อความหมายเชิงลึกของข้อมูลข้างต้นแล้ว การนำเสนอข้อมูลด้วยภาพยังมุ่งหวังสู่การเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการวางแผน และช่วยในการตัดสินใจเชิงธุรกิจ กลยุทธ์ของหน่วยงานอีกด้วย ในขั้นตอนการพัฒนาแดชบอร์ดเสนอข้อมูลออนไลน์นั้นต้องอาศัยหลักการและทฤษฎีด้านวิทยาการข้อมูล (Data Science) อันประกอบด้วย การจัดเตรียมชุดข้อมูล (Data Preparation) การสร้างแดชบอร์ด (Create Dashboard) และการเผยแพร่แดชบอร์ด (Sharing) สำหรับวิธีการดำเนินงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยดำเนินการจัดเตรียมชุดข้อมูลทรัพยากรบุคคลคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ด้วยการนำเทคนิคการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ (Web Scraping) เพื่อดึงข้อมูลบุคลากรที่นำเสนอบนเว็บไซต์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน จากนั้นดำเนินการจัดรูปแบบให้พร้อมต่อการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิต่าง ๆ ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบการแสดงผลของแดชบอร์ดข้อมูล และพัฒนา

แผนภูมินำเสนอข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์นำเสนอข้อมูล Data Studio จากนั้นเผยแพร่แดชบอร์ดที่ได้พัฒนาขึ้นไปยังผู้ใช้งาน โดยกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานในงานวิจัยนี้คือบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จำนวน 30 ราย และดำเนินการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานด้วยเครื่องมือแบบสอบถามออนไลน์ โครงสร้างภาพรวมกระบวนการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างภาพรวมกระบวนการดำเนินงานวิจัย

จากรูปที่ 1 โครงสร้างภาพรวมกระบวนการดำเนินงานวิจัย เพื่อพัฒนาแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลทรัพยากรบุคคลของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

2.1 การเตรียมชุดข้อมูล (Dataset Preparation)

งานวิจัยนี้ดำเนินการเตรียมชุดข้อมูลด้วยการนำหลักการด้านวิทยาการข้อมูล และเทคนิคการเขียนโปรแกรมมาใช้ในการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูล รวมทั้งการจัดการ และแปลงข้อมูลในอยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้ในการแสดงผล รายละเอียดขั้นตอนการเตรียมชุดข้อมูลมีดังนี้

2.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collection Data)

เป็นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลทรัพยากรบุคคลของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่แสดงบนหน้าเว็บไซต์ของคณะฯ โดยนำเทคนิคการเขียนโปรแกรมเพื่อดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ (Web Scraping) ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อมูลบางส่วนไม่ได้ถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลบุคลากร อาทิ ข้อมูลลิงก์รูปภาพบุคลากร ข้อความความเชี่ยวชาญ ข้อมูลผลงานตีพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกนำเสนอบนหน้าเว็บไซต์ของคณะฯ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้



รูปที่ 2 ตัวอย่างชุดคำสั่ง html ข้อมูลบุคลากรที่ใช้ในการดึงข้อมูลหน้าเว็บไซต์คณะวิทย์ฯ

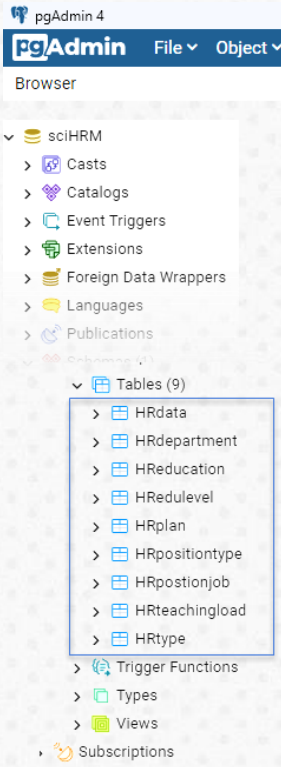
เทคนิคการเก็บและรวบรวมข้อมูลที่เรียกว่า Web Scraping [7] ด้วยการเขียนชุดคำสั่งภาษาไพธอน (Python Language) และทำงานร่วมกับโมดูล Beautiful Soup, Requests และไลบรารี Pandas เพื่อดึงข้อมูลบุคลากรจากรหัสคำสั่ง HTML ของเว็บไซต์คณะฯ ตัวอย่างชุดคำสั่ง HTML ข้อมูลบุคลากรที่ใช้ในการดึงข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2

2.1.2 กระบวนการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning)

เป็นกระบวนการตรวจสอบ แก้ไข หรือลบข้อมูล เพื่อให้รายการข้อมูลมีความสมบูรณ์ สอดคล้อง และมีความถูกต้อง หลักการทำความสะอาดข้อมูลมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวม สำหรับงานวิจัยนี้ดำเนินการทำความสะอาดข้อมูลด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาไพธอนรวมข้อมูลบุคลากร (Merge Data) ที่ได้สลัดจากขั้นตอน Web Scraping จากนั้นตรวจสอบข้อมูลที่สูญหายในแต่ละรายการ (Rebuild Missing Data) ดำเนินการแปลงข้อมูลส่วนของวุฒิการศึกษาให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน (Standardizing) จัดข้อมูลให้มีโครงสร้างเป็นตาราง หรือดาต้าเฟรม (Normalization Data) จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Data Verification and Validation) [8] อาทิ ข้อมูลวุฒิการศึกษา ข้อมูลอีเมล เป็นต้น ดำเนินการส่งออกข้อมูล (Export Data) จัดเก็บในรูปแบบข้อความประเภท CSV

2.1.3 การสร้างชุดข้อมูล (Create Dataset)

เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมและผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว มาสร้างและจัดเก็บด้วยซอฟต์แวร์จัดการชุดข้อมูล งานวิจัยนี้เลือกใช้ซอฟต์แวร์จัดการข้อมูล PostgreSQL รุ่น 14.3 ข้อมูลจัดเก็บในรูปแบบตารางเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) จำนวน 9 ตารางดังรูปที่ 3 และรายละเอียดชุดข้อมูลดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดข้อมูลบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่อตาราง		จำนวนคอลัมน์	จำนวนแถว
1. ข้อมูลบุคลากรพื้นฐาน	(HRdata)	16	62
2. ข้อมูลสาขาวิชา	(HRdepartment)	2	5
3. ข้อมูลการศึกษา	(HReducation)	6	166
4. ข้อมูลระดับการศึกษา	(HRedulevel)	2	3
5. ข้อมูลแผนอัตรากำลัง	(HRplan)	5	105
6. ข้อมูลประเภทตำแหน่ง	(HRpositiontype)	2	2
7. ข้อมูลตำแหน่งงาน	(HRpositionjob)	2	4
8. ข้อมูลภาระงาน	(HRteachingload)	4	62
9. ข้อมูลประเภทบุคลากร	(HRtype)	2	2

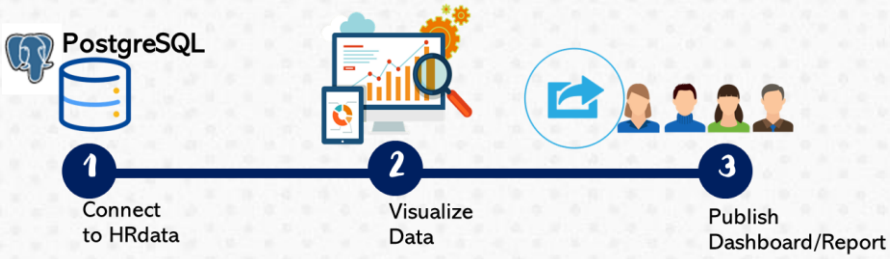
**ข้อมูล ณ วันที่ 8 เมษายน 2565

รูปที่ 3 ชุดข้อมูลบุคลากรคณะวิทย์ฯ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2 การสร้างแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูล (Visualize Data)

หลักการสร้างแดชบอร์ดข้อมูลออนไลน์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ การเชื่อมต่อข้อมูล (Connection) การสร้างแผนภูมินำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Visualization) และการเผยแพร่แดชบอร์ด (Publish) ในขั้นตอนการสร้างแผนภูมินำเสนอข้อมูลนั้นใช้ทฤษฎีและหลักการด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสำคัญในศตวรรษที่ 21 แดชบอร์ดข้อมูลถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการดำเนินธุรกิจ หรือกิจกรรมต่าง ๆ ความหมายของข้อมูลในมิติต่าง ๆ ถูกนำเสนอด้วย

แผนภูมิชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เห็นถึงค่าสำคัญทางสถิติ รูปแบบ แนวโน้ม และความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและคาดการณ์สถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การสร้างแดชบอร์ดข้อมูลในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องมือด้านการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ (Data Visualization Tools) เครื่องมือดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ตัวอย่างเครื่องมือที่นิยมใช้ได้แก่ Tableau, Power BI, Data wrapper, Plotly และ Data Studio เป็นต้น งานวิจัยนี้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ Data Studio เป็นเครื่องมือสร้างแดชบอร์ดสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก และบริษัทกูเกิ้ลซึ่งเจ้าของผลิตภัณฑ์ให้ใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่าย สำหรับโครงสร้างพื้นฐานการสร้างแดชบอร์ดข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์ Data Studio แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างกระบวนการพัฒนาแดชบอร์ดทรัพยากรบุคคล

จากภาพโครงสร้างกระบวนการพัฒนาแดชบอร์ดทรัพยากรบุคคลข้างต้น ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1) การเชื่อมต่อข้อมูล (Connection) เป็นขั้นตอนเชื่อมต่อเครื่องมือนำเสนอข้อมูลด้วยภาพกับชุดข้อมูลทรัพยากรบุคคลคณะวิทย์ฯ ที่ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมและจัดเก็บด้วยซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล PostgreSQL โดย Data Studio ได้พัฒนาเครื่องมือเชื่อม PostgreSQL JDBC ไว้รองรับการเชื่อมต่อข้อมูล อย่างไรก็ตาม Data Studio ยังพัฒนาเครื่องมือเชื่อมต่อข้อมูลร่วมกับผลิตภัณฑ์จัดการฐานข้อมูลอื่น (Partner Connectors) มากกว่า 598 ผลิตภัณฑ์ (ข้อมูล ณ วันที่ 31 พฤษภาคม 2565) [9]
2) การสร้างแผนภูมินำเสนอข้อมูล (Visualize) เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่ได้ดำเนินการเชื่อมต่อมาแสดงด้วยเครื่องมือแผนภูมิชนิดต่าง ๆ สำหรับซอฟต์แวร์ Data Studio มีแผนภูมิให้เลือกใช้ไม่มากนัก อย่างไรก็ตามก็สามารถใช้งานครอบคลุมกับแดชบอร์ดที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ ผลลัพธ์จากการนำเสนอข้อมูลถูกเรียกว่า รายงาน (Report) และแดชบอร์ด (Dashboards) โดยแดชบอร์ดจะเป็นหน้าแสดงภาพรวมของชุดข้อมูลและมักถูกใช้เป็นหน้าแรกในการนำเสนอข้อมูล ส่วนรายงานจะเป็นส่วนของแผนภูมิรายงานละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการนำเสนอ สำหรับงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาแดชบอร์ดข้อมูลจำนวน 1 หน้า และรายงานนำเสนอข้อมูลจำนวน 3 หน้า
3) การเผยแพร่และนำเสนอ (Publish) เป็นขั้นตอนนำเสนอแดชบอร์ด และรายงานเผยแพร่ไปยังผู้ใช้งาน สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดผู้ใช้งาน คือ บุคลากรภายในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 30 ราย จากนั้นดำเนินการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานด้วยเครื่องมือแบบสอบถามออนไลน์ โดยมีประเด็นคำถามหลัก 2 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพ และด้านความความสวยงามรวมทั้งความง่ายในการใช้งาน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการพัฒนาแดชบอร์ดข้อมูลทรัพยากรบุคคลคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลราชมงคลพระนคร ตามขั้นนตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยข้างต้น ได้แดชบอร์ดข้อมูลจำวน 1 หน้า และรายงานข้อมูลจำนวน 3 หน้า มีรายละเอียดดังนี้

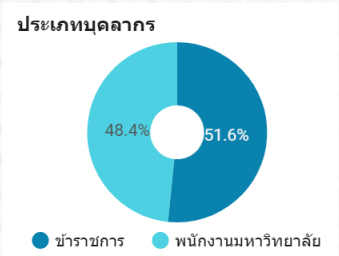
3.1 แดชบอร์ดข้อมูลทรัพยากรบุคคลคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นำเสนอข้อมูลจำนวนบุคลากรทั้งหมด จำนวนบุคลากรรายสาขาวิชา และรายเพศ ภาระงานสอนเฉลี่ย และดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (Key Performance Indicator) หรือ KPI ของคณะวิทย์ฯ ที่เกี่ยวข้องกับงานทรัพยากรบุคคล รายละเอียดมีดังนี้



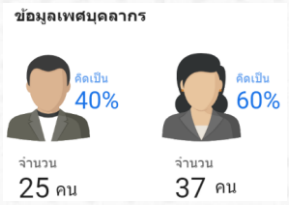
รูปที่ 5 แผนภูมินำเสนอข้อมูลจำนวนบุคลากรคณะวิทย์ฯ

บุคลากรสายวิชาการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 62 ราย โดยบุคลากรในหมวดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติมีจำนวนมากสุด จำนวน 21 ราย รองลงมาคือบุคลากรหมวดวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 13 ราย สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์จำนวน 12 ราย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม จำนวน 9 ราย และสาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรมมีจำนวนน้อยสุด 7 ราย



รูปที่ 6 แผนภูมิวงกลมโดนัทนำเสนอข้อมูลประเภทบุคลากร

งานวิจัยนี้เลือกใช้แผนภูมิวงกลมโดนัท (Doughnut Chart) นำเสนอข้อมูลประเภทตำแหน่งงานของบุคลากรสายวิชาการของคณะวิทย์ฯ ผลการนำเสนอพบว่า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบุคลากรสายวิชาการที่มีตำแหน่งงานราชการจำนวน 32 ราย คิดเป็นร้อยละ 51.60 และมีบุคลากรตำแหน่งงานพนักงานมหาวิทยาลัยจำนวน 30 ราย คิดเป็นร้อยละ 48.40 รายละเอียดดังรูปที่ 6



รูปที่ 7 อินโฟกราฟิกนำเสนอข้อมูลร้อยละเพศบุคลากร

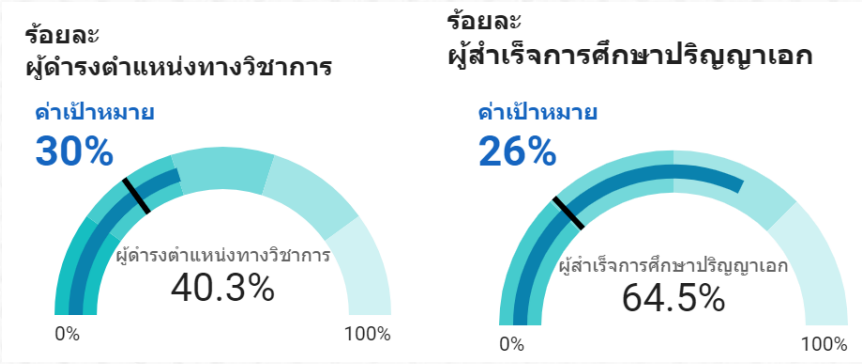
ข้อมูลเพศบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำเสนอด้วยอินโฟกราฟิกภาพไอคอนแสดงเพศหญิง และเพศชาย ร่วมกับข้อความ (Text) เพื่อนำเสนอข้อมูลผลการนำเสนอพบว่า มีเพศหญิงจำนวน 37 ราย คิดเป็นร้อยละ 60 และเพศชายจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 40 รายละเอียดดังรูปที่ 7



รูปที่ 8 แผนภูมิ Scorecard นำเสนอข้อมูลภาระงานสอนเฉลี่ย

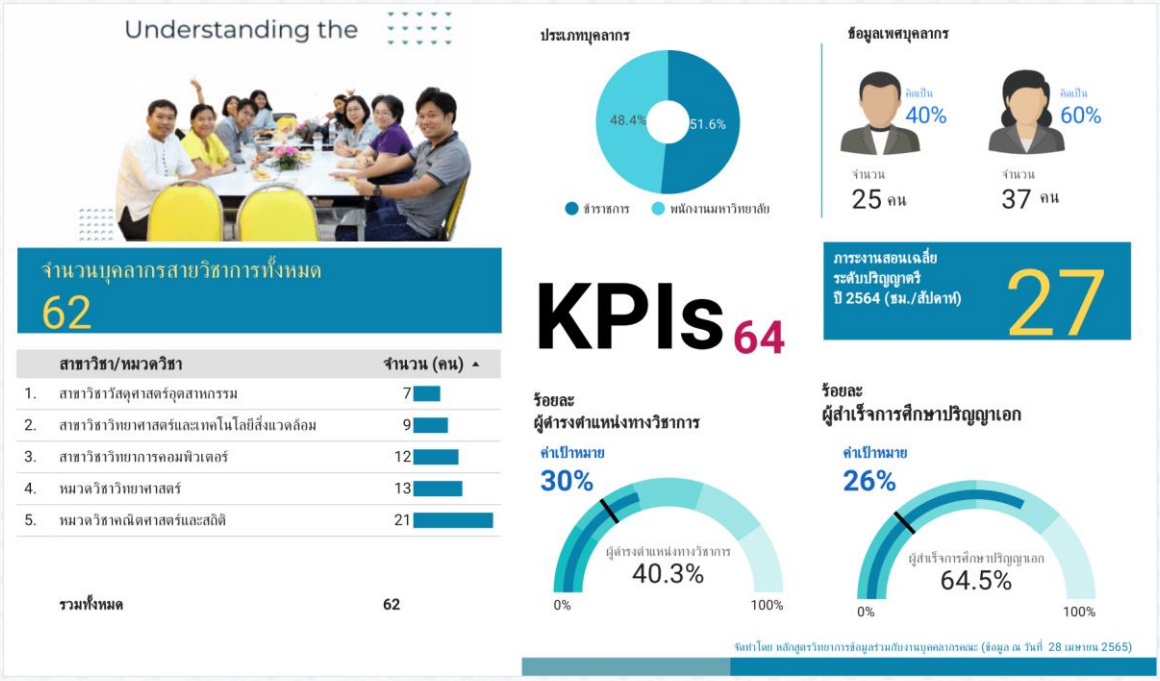
สำหรับข้อมูลภาระงานสอนเฉลี่ย งานวิจัยนี้คำนวณค่าภาระงานสอนเฉลี่ยของบุคลากรสายวิชาการในปีการศึกษา 2564 ตลอดทั้งปี โดยพิจารณาเฉพาะงานสอนในระดับปริญญาตรี นำเสนอข้อมูลด้วยแผนภูมิ Scorecard พบว่า ภาระงานงานเฉลี่ย 27 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รายละเอียดดังรูปที่ 8

สำหรับการนำเสนอข้อมูลส่วนดัชนีชี้วัดความสำเร็จพบว่า KPI ที่เกี่ยวข้องกับงานบุคลากรมีทั้งหมด 2 KPI ประกอบด้วย ร้อยละผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ กำหนดค่าเป้าหมายไว้ร้อยละ 30 และร้อยละผู้สำเร็จการศึกษาปริญญาเอก กำหนดค่าเป้าหมายไว้ร้อยละ 26 ผลการสรุปและนำเสนอข้อมูลด้วยแผนภูมิมาตรวัด (Gauge Chart) พบว่า ในปีการศึกษา 2564 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีจำนวนผู้ดำรงตำแหน่งทางวิชาการจำนวน 25 ราย คิดเป็นร้อยละ 40.30 และมีบุคลากรที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกจำนวน 40 ราย คิดเป็นร้อยละ 64.50 รายละเอียดดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนภูมิมาตรวัดนำเสนอผลการดำเนินงานดัชนีชีวัดความเสร็จด้านทรัพยากรบุคคล

รายละเอียดภาพรวมแดชบอร์ดข้อมูลทรัพยากรบุคคลคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแสดงดังรูปที่ 10



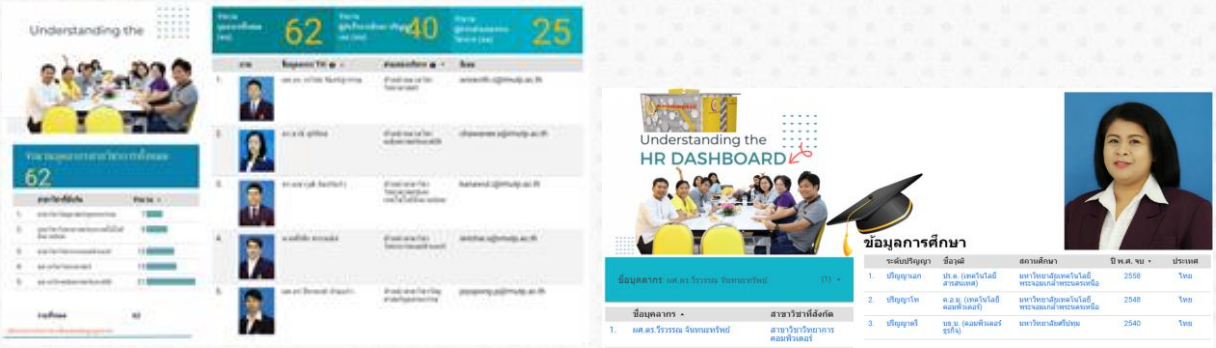
รูปที่ 10 แดชบอร์ดทรัพยากรบุคคลคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร

3.2 รายงานข้อมูลบุคลากร

นำเสนอข้อมูลบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรายบุคคล ข้อมูลหลักนำเสนอด้วยแผนภูมิตาราง (Table Chart) ประกอบด้วยข้อมูลภาพบุคลากร ชื่อ ตำแหน่งบริหาร และอีเมลติดต่อ โดยเรียงลำดับด้วยคีย์หลักตำแหน่งงานบริหารและคีย์รองชื่อบุคลากร ผู้ใช้งานสามารถใช้ตัวกรองข้อมูล (Filter) เพื่อเลือกข้อมูลแยกประเภทตามสาขาวิชา/หมวดวิชา ตัวอย่างหน้ารายงานข้อมูลบุคลากรแสดงดังรูปที่ 11 (ก)

3.3 รายงานข้อมูลการศึกษาบุคลากร

งานวิจัยนี้นำเสนอข้อมูลการศึกษาบุคลากรด้วยแผนภูมิตาราง (Table Chart) ร่วมกับการกำหนดการดำเนินการอินเทอร์แอคทีฟด้วยการใช้ตัวกรองข้อมูล (Filter) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถพิมพ์ค้นหาชื่อบุคลากรที่ต้องการทราบรายละเอียดข้อมูลการศึกษา ตัวอย่างรายงานข้อมูลการศึกษาบุคลากรดังรูปที่ 11 (ข)

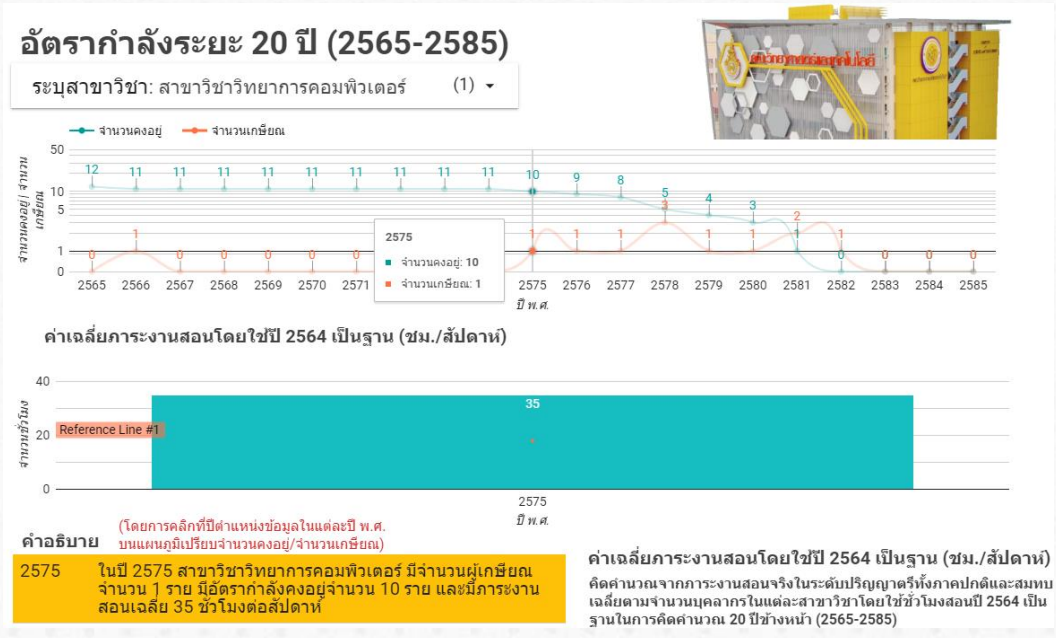


(ก) รายงานข้อมูลบุคลากร (ข) รายงานข้อมูลการศึกษาบุคลากร

รูปที่ 11 ตัวอย่างรายงานข้อมูลบุคลากรและรายงานข้อมูลการศึกษาของบุคลากร

3.4 รายงานแผนอัตรากำลัง 20 ปี

รายงานแผนอัตรากำลัง 20 ปี นำเสนอข้อมูลด้วยแผนภูมิแบบผสม (Combo Chart) ด้วยการนำกราฟเส้น 2 เส้น เปรียบเทียบข้อมูลจำนวนคงอยู่ และจำนวนเกษียณอายุราชการของบุคลากรคณะวิทย์ฯ รายปี จำนวน 20 ปี ระหว่างปี 2565 ถึง 2585 นำเสนอข้อมูลรายสาขาวิชา/หมวดวิชา โดยทำงานร่วมกับตัวกรองข้อมูลเพื่อนำเสนอข้อมูลคาดการณ์ภาระงานเฉลี่ยรายปีในแต่ละสาขาวิชา/หมวดวิชา สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลภาระงานสอนเฉลี่ยระดับปริญญาตรีปี พ.ศ. 2564 เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการคำนวณค่าภาระงานสอนเฉลี่ยในอนาคต ตัวอย่างรายงานแผนอัตรากำลัง 20 ปี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์โดยพิจารณาข้อมูลในปี พ.ศ. 2575 พบว่า สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์มีจำนวนบุคลากรคงเหลือทั้งสิ้น 10 ราย โดยในปีนี้มีจำนวนผู้เกษียณอายุราชการจำนวน 1 ราย ส่งผลทำให้ภาระงานสอนเฉลี่ยในระดับปริญญาตรีมีค่าเฉลี่ย 35 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รายละเอียดดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ตัวอย่างรายงานแผนอัตรากำลัง 20 ปี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ในปี พ.ศ. 2575

สำหรับข้อมูลผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 30 ราย โดยดำเนินการศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานแดชบอร์ดข้อมูลทรัพยากรบุคคลด้วยเครื่องมือแบบสอบถามออนไลน์ กำหนดประเด็นข้อคำถามแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ (1) ด้านประสิทธิภาพ โดยมีข้อคำถามเกี่ยวกับฟังก์ชันการทำงาน คุณค่าของการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ

แผนภูมิชนิดต่าง ๆ บนแดชบอร์ดและรายงานในหน้าต่าง ๆ และ (2) ด้านความความสวยงามและความง่ายในการใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับภาพกราฟฟิกต่าง ๆ รวมทั้งรูปแบบการใช้งานเครื่องมือตัวกรอง (Filter) มีความเหมาะสมเพียงใด จากนั้นดำเนินการรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการใช้งานในระดับมากสุดที่ค่าเฉลี่ย 4.68 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 โดยเห็นว่าแดชบอร์ดที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการบริหารจัดการงานบุคลากรของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร รวมทั้งมีความสวยงามมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายในระดับมากสุดที่ค่าเฉลี่ย 4.70 และ 4.62 ตามลำดับ

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้พัฒนาแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลทรัพยากรบุคคล โดยใช้ข้อมูลกรณีศึกษาบุคลากรสายวิชาการของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อพัฒนาเครื่องมือด้านธุรกิจอัจฉริยะสนับสนุนการบริหารจัดการงานด้านบุคลากรขององค์กร โดยข้อมูลที่นำเสนอมุ่งเน้นเพื่อแสดงค่าดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (Key Performance Indicator: KPI) และข้อมูลสนับสนุนการวางแผนอัตรากำลังในระยะยาวของหน่วยงาน (Manpower Planning) โดยนำเทคนิคการดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ (Web Scraping) มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการจัดเตรียมข้อมูลด้วยศาสตร์ด้านวิทยาการข้อมูล (Data Science) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์นำเสนอข้อมูลด้วยภาพ งานวิจัยนี้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ Data Studio ดำเนินการสร้างแผนภูมิต่าง ๆ นำเสนอบนหน้าแดชบอร์ด จำนวน 1 หน้า และรายงานข้อมูลจำนวน 3 หน้า ทดสอบการใช้งานด้วยการศึกษาความพึงพอใจกับผู้ใช้งานเป้าหมายคือบุคลากรคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 30 ราย ซึ่งผลการทดสอบพบว่า แดชบอร์ดข้อมูลทรัพยากรบุคคลที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานทราบถึงค่าประเมินดัชนีชี้วัดความสำเร็จด้านบุคลากร รายละเอียดข้อมูลบุคลากรในแต่ละหน่วยงานภายในคณะ และทราบถึงข้อมูลอัตรากำลังทั้งในภาพรวมของหน่วยงานระดับสาขา/หมวดวิชา และระดับคณะ อันเป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการข้อมูลบุคลากร และสนับสนุนการวางแผนอัตรากำลังในระยะยาวได้ อันเป็นการสนับสนุนการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการบริหารจัดการองค์กรอีกด้วย อย่างไรก็ตามในส่วนของการคำนวณอัตรากำลังระยะ 20 ปี ในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำข้อมูลนักศึกษาทุนที่จะกลับมาปฏิบัติงานเป็นบุคลากรของคณะวิทย์ฯ ในอนาคตมาใช้ในการคำนวณร่วมด้วย ซึ่งในการดำเนินงานวิจัยครั้งต่อไปคณะผู้วิจัยเห็นว่าการนำข้อมูลนักศึกษาทุนของคณะเข้ามาเป็นปัจจัยในการคำนวณร่วมด้วยจะทำให้ได้ข้อมูลที่สนับสนุนการวางแผนอัตรากำลังที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 “เทคโนโลยี นวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ” ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กุณฑล กระบวนรัตน์. (2021). การพัฒนาระบบบริหารจัดการการปฏิบัติราชการของบุคลากร. *Mahidol R2R e-Journal,* No.1 Vol.8 หน้า 74-88. https://doi.nrct.go.th//ListDoi/listDetail?Resolve_DOI=10.14456/jmu.2021.7

[2] ส่วนพัฒนาและบริหารจัดการความรู้. (ออนไลน์). *การบริหารผลการปฏิบัติงาน Performance Management : PM.* สืบค้นวันที่ 3 มิถุนายน 2565, เข้าถึงได้จาก http://www.stabundamrong.go.th/web/book/53/b14_53.pdf

[3] คณะทำงานการจัดทำแผนสืบทอดตำแหน่ง แผนการหมุนเวียนการปฏิบัติงาน และระบบบริหารจัดการผู้มีสมรรถนะสูงของส่วนราชการสังกัดรัฐสภา. (ออนไลน์). *ระบบบริหารข้าราชการผู้มีศักยภาพสูง (Talent Management) ของส่วนราชการสังกัดรัฐสภา.* สืบค้นวันที่ 3 มิถุนายน 2565, เข้าถึงได้จาก https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=67780&filename=index

[4] กองบริหารงานบุคคล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (ออนไลน์). ระบบบริหารทรัพยากรบุคคล (Human Resource Management System: HRM) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามแผนพัฒนาการศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะที่ 12 (ปรับปรุง พ.ศ. 2563). สืบค้นวันที่ 30 มิถุนายน 2565, เข้าถึงได้จาก https://hr.oop.cmu.ac.th/submenu/docSubMenu/policy/po44_11.pdf

[5] Hans-Georg Kemper, et al. (2013). *Business Intelligence and Performance Management: Theory, Systems and Industrial Applications*. Springer-Verlag London.

[6] W. Eckerson. (2010). *Performance Dashboards-Measuring, Monitoring, and Managing Your Business*. New Jersey: Wiley.

[7] Ryan Mitchell. (2018). Web Scraping with Python: Collecting More Data from the Modern Web. 2nd Edition. Boston: O'Reilly Media.

[8] Chirag Shah. (2020). A Hands-On Introduction to Data Science. Cambridge: Cambridge University Press.

[9] Google Data Studio. (Online). *Data Source*. สืบค้นวันที่ 30 มิถุนายน 2565. เข้าถึงได้จาก https://datastudio.google.com/datasources/

การใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชน ตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

The use of a business model canvas to develop the potential of community-level tourism in Krachaeng Subdistrict, Bang Sai District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

สิทธิพร แสงสวย[1*] และ เศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์[2]

[1]สาขานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[*]Email: sittiporn.sang@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการประกอบการท่องเที่ยวระดับตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และเพื่อการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 9 องค์ประกอบ ได้แก่เครือข่าย/พันธมิตร กิจกรรมหลักของธุรกิจ ทรัพยากรหลักของธุรกิจ การนำเสนอคุณค่ากับลูกค้า ความสัมพันธ์กับลูกค้า กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ช่องทางการติดตาม ต้นทุนของธุรกิจ และแหล่งที่มาของรายได้

ผลการวิจัยพบว่า มีการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ และทดลองใช้โมเดลธุรกิจกับผู้ประกอบการ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญที่ 1 ผลประเมินรวม 34 คะแนน ผู้เชี่ยวชาญที่ 2 ผลประเมินรวม 39 คะแนน ผู้เชี่ยวชาญที่ 3 ผลประเมินรวม 34 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมด 3.96 และได้รับการทดลองการผู้ประกอบการ โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า ความพึงพอใจทุกด้านอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยภาพรวมเท่ากับ 3.92 สามารถนำไปต่อยอดในการทำแอปพลิเคชันการท่องเที่ยว และ เว็บไซต์การท่องเที่ยวลำดับต่อไป สรุปได้ว่า โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีความเป็นไปได้มากในการพัฒนาธุรกิจไปสู่เป้าหมายได้แท้จริง

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวระดับตำบลกระแชง, โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ

Abstract

This research aims to study the tourism management model in the Krachaeng sub-district, Bang Sai district, Phra Nakhon Si Ayutthaya province. and to develop the potential for community-level tourism in Krachaeng Sub-district, Bang Sai District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province using the business

พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชน ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

Alcohol Consumption Behaviors Among People in Ban Du Sub-district, Mueang District, Chiang Rai Province

ธนัชญา วงศ์ชัย[1] ศศิธร มีปัญญา[1] หัทยา บุญศรีมี[1] สุเนตรา สมกำลัง[1*]
วัชรพงษ์ เรือนคำ[1] และ จุฑามาศ เมืองมูล[1]

[1]สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: Sunattra.som@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชนในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชนที่มีอายุ 20-59 ปี ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย จำนวน 300 คน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม จับฉลากเพื่อเลือกหมู่บ้านแบบไม่ใส่คืนและกำหนดสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วนประชากร เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่และร้อยละ และทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้สถิติ Chi-Square Test และ Exact Test

ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่แอลกอฮอล์ร้อยละ 98.00 และการดื่มส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 54.67 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ได้แก่ เพศ (p-value= 0.05) ช่วงอายุ (p-value= 0.003) สถานภาพ (p-value= 0.001) อาชีพประจำ (p-value= 0.001) และรายได้ต่อเดือน (p-value= 0.001) ส่วนระดับการศึกษา พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่แอลกอฮอล์ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปพัฒนาโปรแกรมป้องกันการดื่มและปรับลดพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชนในพื้นที่ต่อไป

คำสำคัญ: พฤติกรรมการดื่ม, เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์, โควิด-19

Abstract

The purpose of this research was to study drinking consumption behaviors and factors related to level of drinking consumption behaviors in the people. Ban Du Sub-district, Mueang district, Chiang Rai province. This descriptive study among 300 samples were have 20-59 years old, using cluster and simple

random sampling. The research instruments were used questionnaires and were analyzed by descriptive statistics and Exact Test.

The results demonstrated that, most of participants had the level of drinking consumption behaviors in moderate level (54.67%). The study found that there were significant differences at the level of 0.05 between sex (p-value= 0.05), range of age (p-value= 0.003) status (p-value= 0.001) occupation (p-value= 0.001) and income per month (p-value= 0.001) and level of drinking consumption behaviors but the education were not significant differences at the level of 0.05. Consequently, the information from this study to designing the drinking preventions' program and reduce the drinking behaviors among people in future.

Keywords: consumption behaviors, alcohol, covid-19

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นปัจจัยที่เสี่ยงสำคัญต่อการเกิดปัญหาทางสุขภาพของประชากร เช่น โรคตับแข็ง โรคไม่ติดต่อ (NCDs) โรคมะเร็งหลากหลายชนิด โรควัณโรคและก่อให้เกิดการบาดเจ็บต่างๆ การฆ่าตัวตาย การทำร้ายร่างกาย และอุบัติเหตุ เป็นต้น จากข้อมูลภาระโรคและการบาดเจ็บจากผลกระทบจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ปี พ.ศ. 2559 พบว่า เครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพในลำดับที่ 7 ของการตายและพิการของประชากรโลกทั้งหมด และเป็นปัจจัยเสี่ยงอันดับหนึ่งของประชากรกลุ่ม อายุ 15-49 ปี และจากข้อมูลจากการสำรวจพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ปี พ.ศ. 2559 คาดการณ์ว่าในอีก 10 ปีข้างหน้าปริมาณการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะเพิ่มสูงขึ้นจาก 4.5 ลิตร เป็น 6.2 ลิตรในปี พ.ศ.2568 [1] ผลการสำรวจการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในสังคมไทยในปี พ.ศ.2560 พบความชุกสูงสุดของการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในประชากรกลุ่มวัยทำงานตอนต้น (อายุ 25-44 ปี) ร้อยละ 36.00 และรองลงมา คือ กลุ่มเยาวชน (อายุ 20-24 ปี) ร้อยละ 33.46 กลุ่มวัยทำงานตอนปลาย (อายุ 45-59 ปี) ร้อยละ 31.08 กลุ่มเยาวชนต่ำกว่าเกณฑ์ (อายุ 15-19 ปี) ร้อยละ 15.23 และกลุ่มผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) ร้อยละ13.60 [2]

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 จนถึงปัจจุบัน ได้เกิดการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทำให้มีมาตรการการป้องกันการแพร่ระบาดต่างๆที่อาจส่งผลต่อพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ โดยจังหวัดเชียงรายได้มีคำสั่งคณะกรรมการโรคติดต่อจังหวัดเชียงราย เรื่องกำหนดมาตรการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ลงวันที่ 7 กรกฎาคม 2564 กำหนดให้ร้านจำหน่ายอาหารหรือเครื่องดื่ม สามารถจำหน่ายสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้ตั้งแต่เวลา 11.00 น. – 14.00 น. และเวลา 17.00 น. – 21.00 น. และสามารถบริโภคสุราหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในร้านได้ไม่เกินเวลา 22.00 น. รวมทั้งให้งดกิจกรรมส่งเสริมการขายสุราหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และห้ามมิให้พนักงานบริการ กระทำในลักษณะส่งเสริมการขายหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในร้าน [3]

จากข้อมูลข้างต้นจึงเป็นที่มาของการวิจัยพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชนในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย โดยข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปวางแผนเพื่อพัฒนาโปรแกรมการป้องกันการดื่ม และปรับลดพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชนในพื้นที่ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชน ในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชน ในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาหาความสัมพันธ์ (Descriptive Study) โดยมีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ เป็นประชาชนอายุ 20-59 ปีในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายมีประชากรทั้งหมด 15,864 คน (สำนักงานเทศบาลตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย) กลุ่มตัวอย่าง ได้จากการคำนวณขนาดตัวอย่าง ในกรณีทราบจำนวนของประชากรที่แน่นอน [4] ดังนี้

$$= \frac{Np(1-p)z^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}{d^2(N-1)+p(1-p)z^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}$$

n = ขนาดตัวอย่าง

N = ขนาดประชากร

P = สัดส่วน/ความชุกของผู้ดื่มแอลกอฮอล์ จังหวัดเชียงราย (15ปีขึ้นไป) ร้อยละ 0.23 [5]

$z^2_{1-\frac{\alpha}{2}}$ = ค่ามาตรฐานที่ช่วงเชื่อมั่น 95% (α=0.05) เท่ากับ 1.96

Error (d) = ความแม่นยำของการประมาณค่าเท่ากับ 0.05

Alpha (α) = ระดับความเชื่อมั่น 95%=0.05

แทนค่า

$$n = \frac{15{,}864(0.23)(1-0.23)1.96^2_{1-\frac{0.05}{2}}}{0.05^2(15{,}864-1)+0.23(1-0.23)1.96^2_{1-\frac{0.05}{2}}}$$

n = 267.5

ทั้งนี้ จากการคำนวณขนาดตัวอย่าง ทางผู้วิจัยกำหนดเกินไปร้อยละ 12 ของขนาดตัวอย่าง กรณีที่กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 300 คน วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling) ร่วมกับการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่ายโดยการจับฉลาก (Stratified Random Sampling) และกำหนดสัดส่วนแต่ละหมู่บ้านตามสัดส่วนประชากร

2.2 การสร้างเครื่องมือและการทดสอบเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ ระดับ การศึกษาสูงสุด อาชีพประจำ รายได้ต่อเดือน และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นช่วงที่มีการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 รวมทั้งสิ้น 7 ข้อ ตอนที่ 2 พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในรอบ 3 เดือนที่ผ่านมา ที่เกี่ยวกับความถี่และอาการที่เคยขึ้นภายหลังจากการดื่ม รวมทั้งสิ้น 7 ข้อ เป็นคำถามแบบเลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว

ข้อที่ 1	ไม่ดื่ม=0 ดื่ม=1
ข้อที่ 2	เดือนละครั้ง หรือ น้อยกว่า = 0
	2 ถึง 4 ครั้งต่อเดือน = 1
	2 ถึง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ =2
	4 ครั้งขึ้นไปต่อสัปดาห์ =3
ข้อที่ 3	1-2 ดื่มมาตรฐาน =0
	3-4 ดื่มมาตรฐาน=1
	5-6 ดื่มมาตรฐาน =2
	7-9 ดื่มมาตรฐาน=3
	ตั้งแต่ 10 ดื่มมาตรฐานขึ้นไป=4
ข้อที่ 4-5	ไม่เคยเลย=0
	เคย แต่เกิดขึ้นใน 3 เดือนก่อนหน้า=1
	เคย และเกิดขึ้นในช่วง 3 เดือนนี้=2
ข้อที่ 6	ไม่เคยดื่มหนัก=0
	เคยดื่มหนัก=1
ข้อที่ 7	ไม่ดื่ม=0
	ดื่ม 1-2 ครั้ง=1
	ดื่ม 3 ถึง 6 ครั้ง=2
	ดื่ม 7 ถึง 10 ครั้ง =3
	ดื่มมากกว่า 10 ครั้งขึ้นไป=4

นำคะแนนที่ได้มาจัดระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ดังนี้

คะแนน 0-5 หมายถึง พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อยู่ในระดับต่ำ

คะแนน 6 – 11 หมายถึง พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนน 12- 17 หมายถึง พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อยู่ในระดับสูง

นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นผ่านอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนำไปตรวจสอบความตรง (Content validity) ด้านความถูกต้องและความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) และหาความเชื่อมั่น *(*Reliability*)* โดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try out) โดยใช้วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค *(*Cronbach*'*s Alpha Coefficient*)* ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.70 จึงนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลในกลุ่มเป้าหมาย

2.3 ขั้นตอนและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3.1 ผู้วิจัยติดต่อผู้ใหญ่บ้านในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

2.3.2 ดำเนินการขอหนังสือรับรองจากสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพื่อเข้าพื้นที่สำหรับทดลองเครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย

2.3.4 ดำเนินการเก็บข้อมูล โดยชี้แจงและทำความเข้าใจกับกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับรายละเอียดและประเด็นที่ต้องการเก็บข้อมูล จำนวน 300 คน

2.3.6 ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมาตรวจสอบความสมบูรณ์ และนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ดังนี้

2.4.1 ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ได้แก่ ค่าความถี่และค่าร้อยละ

2.4.3 ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ วิเคราะห์ด้วยสถิติ Chi-Square Test และ Exact Test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงมีการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 พบว่า ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 61.00 มีช่วงอายุระหว่าง 20-30 ปี ร้อยละ 40.30 มีสถานภาพโสด ร้อยละ 45.00 มีระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช. ร้อยละ 39.00 อาชีพมีอาชีพรับจ้างทั่วไป ร้อยละ 26.30 และมีรายได้ต่อเดือนอยู่ระหว่าง 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 37.00 (ตารางที่ 1)

กลุ่มตัวอย่างมีความเครียดเกี่ยวกับปัญหาการเงิน/การทำงานที่จะทำให้ต้องดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ร้อยละ 35.71 มีความวิตกกังวลมากขึ้นหลังจากดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ร้อยละ 6.12 เกิดอุบัติเหตุจราจรเนื่องจากการขับขี่รถยนต์/ จักรยานยนต์หลังดื่ม ร้อยละ 25.51 และถูกจับเพราะฝ่าฝืนเคอร์ฟิวด์หรือตั้งวงดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ร้อยละ 1.70 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=300)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน(คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	183	61.00
หญิง	117	39.00
ช่วงอายุ (ปี)		
20-29	121	40.30
30-39	84	28.00
40-49	68	22.70
50-59	27	9.00
สถานภาพ		
โสด	135	45.00
สมรสและมีบุตร	78	26.00
สมรสแต่ไม่มีบุตร	57	19.00
หม้าย/หย่า/แยกกันอยู่	30	10.00
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้ศึกษา	2	0.70
ประถมศึกษา	40	13.30
มัธยมศึกษาตอนต้น	29	9.70

มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	117	39.00
อนุปริญญา/ปวส.	56	18.70
ปริญญาตรี	55	18.30
ปริญญาโทหรือสูงกว่า	1	0.30
อาชีพประจำ		
ไม่ได้ประกอบอาชีพ/ว่างงาน	6	2.00
นักเรียน/นักศึกษา	70	23.30
แม่บ้าน/พ่อบ้าน	16	5.30
เกษตรกร/ทำสวน	39	13.00
รับจ้างทั่วไป	79	26.30
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	16	5.30
พนักงานบริษัทเอกชน	37	12.30
ธุรกิจส่วนตัว	37	12.30
รายได้ต่อเดือน (บาท)		
ไม่เกิน 5000 บาท	41	13.70
5,001-10,000 บาท	111	37.00
10,001-15,000 บาท	102	34.00
15,001-20,000 บาท	35	11.70
20,001-25,000 บาท	7	2.30
มากกว่า 25,001 บาท ขึ้นไป	4	1.30

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงมีการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 (n=300)

เหตุการที่เกิดขึ้นในช่วงมีการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19	**จำนวน (ร้อยละ)**	
	เคย	**ไม่เคย**
เครียดเกี่ยวกับปัญหาการเงิน/การทำงานจึงดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	105 (35.71)	189 (64.28)
วิตกกังวลมากขึ้นหลังจากดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	18 (6.12)	276 (93.87)
เกิดอุบัติเหตุจราจรเนื่องจากการขับขี่รถยนต์/ จักรยานยนต์หลังดื่ม	75 (25.51)	219 (74.49)
ถูกจับเพราะฝ่าฝืนเคอร์ฟิวด์หรือตั้งวงดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	7 (1.70)	289 (98.30)

3.1.2 พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ พบว่า พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของกลุ่มตัวอย่างในช่วงมีการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 พบว่า ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 54.67 สถานที่ที่ดื่มบ่อยครั้งที่สุด คือ บ้านตนเอง ร้อยละ 30.30 แหล่งที่ซื้อเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์บ่อยที่สุด คือ ร้านขายของชำในชุมชน/หมู่บ้าน ร้อยละ 50.34 บุคคลที่ร่วมดื่มส่วนใหญ่คือเพื่อน ร้อยละ 54.40 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 (n=300)

ระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับต่ำ (0-5 คะแนน)	123	41.00
ระดับปานกลาง (6-11 คะแนน)	164	54.67
ระดับสูง (12-17 คะแนน)	13	4.33
รวม	**300**	**100.00**

3.1.3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ พบว่า ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 พบว่า ตัวแปรเพศ ช่วงอายุ สถานภาพ อาชีพประจำและรายได้ต่อเดือนมีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ระดับการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 โดยใช้สถิติ Chi - Square Test และ Exact Test (n=300)

ตัวแปร	ระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19			x^2	p-value
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง		
เพศ					
ชาย	65	110	8	5.982	0.050*
หญิง	58	54	5		
ช่วงอายุ (ปี)					
20-29 ปี	67	50	4	19.814	0.003*
30-39 ปี	31	49	4		
40-49 ปี	18	47	3		
50-59 ปี	7	18	2		
สถานภาพ					
โสด	73	57	5	27.946	0.001*
สมรสและมีบุตร	32	45	1		
สมรสแต่ไม่มีบุตร	11	42	4		
หม้าย/หย่า/แยกกันอยู่	7	20	3		
ระดับการศึกษา					
ไม่ได้ศึกษาและประถมศึกษา	19	22	1	12.471	0.409
มัธยมศึกษาตอนต้น	6	22	1		
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	44	67	6		

อนุปริญญา /ปวส	27	27	2		
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	27	26	3		
อาชีพประจำ					
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	1	4	1		
นักเรียน นักศึกษา	52	18	0		
แม่บ้าน พี่บ้าน	8	8	0		
เกษตรกร ทำสวน	10	27	2	55.533	0.001*
รับจ้างทั่วไป	27	45	7		
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	7	9	0		
พนักงานเอกชน	8	27	2		
ธุรกิจส่วนตัว	10	26	1		
รายได้ต่อเดือน(บาท)					
ไม่เกิน 5000 บาท	30	10	1		
5,001-10,000	48	57	6		
10,001-15,000	37	63	2	33.716	0.001*
15,001-25,000	6	26	3		
มากกว่า 25,001 ขึ้นไป	2	8	1		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

4. สรุป

4.1 อภิปรายผล

ระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชนในสถานการณ์การแพร่ระบาดไวรัสโควิด-19 อยู่ในระดับปานกลาง โดยมักดื่มกับเพื่อนและซื้อเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์จากร้านขายของชำในชุมชน/หมู่บ้าน ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลดังกล่าว ไปปรับปรุงการวางมาตรการการรวมกลุ่มและการจัดจำหน่ายสินค้าที่มีแอลกอฮอล์ในแต่ละพื้นที่ เพื่อเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการลดพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชน โดยผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของอังสุมาลิณ จันทรมณี สุกัญญา โลจนาภิวัฒน์ และจุฑารัตน์ สถิรปัญญา (2560) [6] ที่พบว่า กลุ่มที่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อยู่ในระดับปานกลาง

เพศ ช่วงอายุ สถานภาพ อาชีพประจำ และรายได้ต่อเดือน (บาท) มีความสัมพันธ์ระดับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปพัฒนาโปรแกรมป้องกันการดื่มและปรับลดพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของประชาชนในพื้นที่ โดยผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของสุริยา สะเภาคำ (2559) [7] และณวิสาร์ จุลเพชรและบุญนิภา เกี้ยวม่าน (2561) [8] ที่พบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สอดคล้องกับงานวิจัยของไพฑูรย์ สอนทน อุดมศักดิ์ แซ่โง้วและนฤมล จันทร์มา (2560) [9] ที่พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างหนัก สอดคล้องงานวิจัยของไพฑูรย์ สอนทน อุดมศักดิ์ แซ่โง้วและนฤมล จันทร์มา (2560) [9] ที่พบว่า สถานภาพสมรสมีความสัมพันธ์กับการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างหนัก และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุริยา สะเภาคำ (2559) [7] และรุจาภา จิระประดิษฐ์ผล ปาหนัน พิชยภิญโญ สุนีย์ ละกาปั่นและดุสิต สุจิรารัตน (2561) [10] ที่พบว่า รายได้ต่อเดือนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยดี จากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเนตรา สมกำลัง รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ เรือนคำ และ อาจารย์จุฑามาศ เมืองมูล ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ชี้แนวทางในทุกขั้นตอนและกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านในการให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์พร้อมตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งให้มีคุณภาพ อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และสุดท้ายขอขอบพระคุณผู้ใหญ่บ้านและประชาชนตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดียิ่งในการเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการควบคุมแอลกอฮอล์ (2563). สถานการณ์และการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2564 จาก https://ddc.moph.go.th

[2] สาวิตรี อัษณางค์กรชัย (2560). รายงานสถานการณ์การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในสังคมไทยประจำปี 2560. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2564 จาก https://cas.or.th

[3] งานโรคติดต่ออุบัติใหม่ กลุ่มพัฒนาวิชาการโรคติดต่อ (2564). สถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) มาตรการสาธารณสุข สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2564 จาก https://ddc.moph.go.th

[4] Wayne, D (1995), Biostatics: A Foundation of Analysis in the Health Sciences.John สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2564 จาก www.ege.fcen.uba.ar

[5] สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย (2564). ความชุกของผู้ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของประชาชนไทย อายุ 15 ปีขึ้นไป. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2564 จาก http://61.19.32.29/hdc

[6] อังสุมาลิณ จันทรมณี และผู้แต่งคนอื่นๆ (2560). ปัจจัยและพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นหญิงในสถาบันอาชีวศึกษา กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา. สืบค้นวันที่25 พฤศจิกายน 2564 จาก http://Digital Object Identifier (nrct.go.th)

[7] สุริยา สะเภาคำ (2559) ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อำเภอ เชียงคำ จังหวัดพะเยา. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2564 จาก http://www.updc.clm.up.ac.th

[8] ณวิสาร์ จุลเพชรและบุญนิภา เกี้ยวม่าน (2561) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กัลพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2564 จาก https://dspace.bru.ac.th

[9] ไพฑูรย์ สอนทน อุดมศักดิ์ แซ่โง้ว และนฤมล จันทร์มา (2560) ที่ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างอายุที่เริ่มดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และการดื่ม เครื่องดื่มแอลกอฮอล์อย่างหนัก: การวิเคราะห์การสำรวจพฤติกรรม การสูบบุหรี่และการดื่มเครื่องดื่ม แอลกอฮอล์ระดับชาติ ปี พ.ศ.2560. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2564 จาก http://research.pcru.ac.th/rdb

[10] รุจาภา จิระประดิษฐ์ผล ปาหนัน พิชยภิญโญ สุนีย์ ละกาปั่นและดุสิต สุจิรารัตน (2561) ที่ศึกษาเรื่องความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของนักดื่มหน้าใหม่ ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดกรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2564 จากhttp://www.thaiphn.org

component model This research consisted of 9 components: network/partnership. main business activities Business Core Resources Presenting value to customers customer relationship target customer group tracking channel cost of business and source of income

The results of this research were assessed on the business component model of the business component model development experts. by analyzing the operation and feasibility of implementing the business component model by Expert 1, a total assessment of 34 points, Expert 2, a total assessment of 39 points, and Expert No. 3, a total assessment of 34 points, representing a total mean of 3.96; and Get an entrepreneurial trial The results of the assessment of satisfaction with the use of the business component model in the development of tourism entrepreneurship at the community level in Krachaeng Sub-district, Bang Sai District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province found that all aspects of satisfaction were at a high level. With an overall average of 4.07, it can be used to build a tourism application and a tourism website in the next order. It can be concluded that the business component model in the development of tourism potential at the community level in Krachaeng sub-district, Bang Sai district, province. Ayutthaya There is a huge possibility of developing a business to the real goal.

Keywords: Tourism at the Krachaeng sub-district level, business model canvas

1. บทนำ

การท่องเที่ยวแบบชุมชนเป็นการท่องเที่ยวที่คำนึงถึงความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม สังคม และวัฒนธรรมของชุมชน กำหนด ทิศทางโดยชุมชน จัดการโดยชุมชน เพื่อชุมชน และชุมชนมีบทบาทเป็นเจ้าของในการจัดการ ดูแล เพื่อให้ เกิดการเรียนรู้แก่ผู้มาเยือน การท่องเที่ยวโดยชุมชนมีส่วนสนับสนุนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติโดยชุมชน ความอยู่รอดของชุมชนขึ้นอยู่กับฐานทรัพยากรธรรมชาติวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของชุมชน คนในชุมชน มีความเชื่อมโยงผูกพันกับทรัพยากร ดิน น้ำ ป่า การท่องเที่ยวโดยชุมชนเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการ จัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืน สร้างความภาคภูมิใจให้กับชุมชนในการเผยแพร่ภูมิปัญญาในการจัดการ ทรัพยากร สร้างสรรค์กิจกรรมการท่องเที่ยวให้ผู้มาเยือนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สร้างความร่วมมือของ หน่วยงานในการทำงานเป็นพันธมิตรร่วมกับชุมชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม วิถีชีวิตและวัฒนธรรมเป็นสิ่งที่บอกถึงอัตลักษณ์ความเป็นชุมชน ความเข้มแข็งของชุมชนจะทำให้ชุมชน สามารถปรับตัวให้อยู่ในสังคมโดยที่ยังคงอนุรักษ์วัฒนธรรมและประยุกต์ให้สอดคล้องกับยุคสมัยมีการสืบทอดสู่คนรุ่นหลังได้อย่างต่อเนื่อง การท่องเที่ยวโดยชุมชนเป็นเครื่องมือในการสร้างความภาคภูมิใจให้กับคน ในชุมชนในการนำเสนอ “ของดี” ชุมชนให้คนภายนอกได้รับรู้ ทำให้เกิดการสืบค้น ถ่ายทอด และฟื้นฟู วัฒนธรรมจากรุ่นสู่รุ่น ชุมชนมีการบริหารจัดการและร่วมกันกำหนดว่าวิถีชีวิตและวัฒนธรรมอะไรบ้างที่ ชุมชนพร้อมในการนำเสนอและสร้างการเรียนรู้แก่ผู้มาเยือน ตลอดจนมีแนวทางปฏิบัติตัวสำหรับนักท่องเที่ยว การที่มีนักท่องเที่ยวสนใจแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิถีชีวิตและวัฒนธรรมคน ท้องถิ่น เป็นตัวกระตุ้น อีกทางหนึ่งที่ทำให้ชุมชนเกิดความภาคภูมิใจ และมีชีวิตชีวาในการนำเสนอข้อมูล สามารถสร้างการมีส่วน ร่วมให้กับนักท่องเที่ยวในกิจกรรมทางวัฒนธรรมของตน ทำให้เยาวชนคนรุ่นหลังเห็นคุณค่าของชุมชนตนเอง (กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย)

การประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนรวมทั้ง ตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องหลายภาคส่วนซึงมีบทบาทแตกต่างกันไป อาทิเช่น ผู้ประกอบการท่องเที่ยวที่เป็นผู้จัดการและดำเนินกิจกรรมการท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวหน่วยงานท้องถิ่น สถาบันการศึกษา เป็นต้น อีกทั้งยังมีองค์ประกอบที่จำเป็นหลายอย่างที่ต้องดำเนินงานเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ อาทิเช่น การจัดหารายได้ ต้นทุนการดำเนินงานเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น หากผู้ที่มี

ส่วนเกี่ยวข้องเข้าใจตรงกันในภาพรวมขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการจัดการท่องเที่ยวก็จะช่วยให้สามารถประกอบการท่องเที่ยวได้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ และมีการบูรณาการทำงานร่วมกันในการประกอบการท่องเที่ยวของชุมชนให้สำเร็จได้อย่างยั่งยืนในบริบทปัจจุบันของตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผู้วิจัยได้ศึกษาทั้งเทคโนโลยีและการประกอบธุรกิจ โดยศึกษาทฤษฎีโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ (Business Model Canvas) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการ ชาวบ้าน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มองเห็นภาพรวมของธุรกิจครบทุกด้าน และสิ่งที่สำคัญมากคือสามรถใช้เครื่องมือในการพัฒนาธุรกิจให้มีความโดดเด่นและเติบโต โดยเครื่องมือที่ผู้วิจัยนำมาใช้คือโปรแกรม Canvanizer เพื่อวิเคราะห์และออกแบบโมเดลธุรกิจในรูปแบบออนไลน์ ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวก ใช้งานง่าย และมีความร วดเร็วไม่ซับซ้อน

ผู้วิจัยจึงนำโมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้โปรแกรม Canvanizer มาพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจเพื่อส่งเสริมสถานประกอบการ และผู้ประกอบการให้มีรายได้เพ่มขึ้น และเจาะประเด็นต่างๆ ในการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจได้

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ (ศตพร ตั้นเหลียง. 2564)

2.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 วิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ

2.3 ออกแบบโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ

2.4 ประเมินและสรุปผล



ภาพที่ 1 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ในการดำเนินงานวิจัย

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

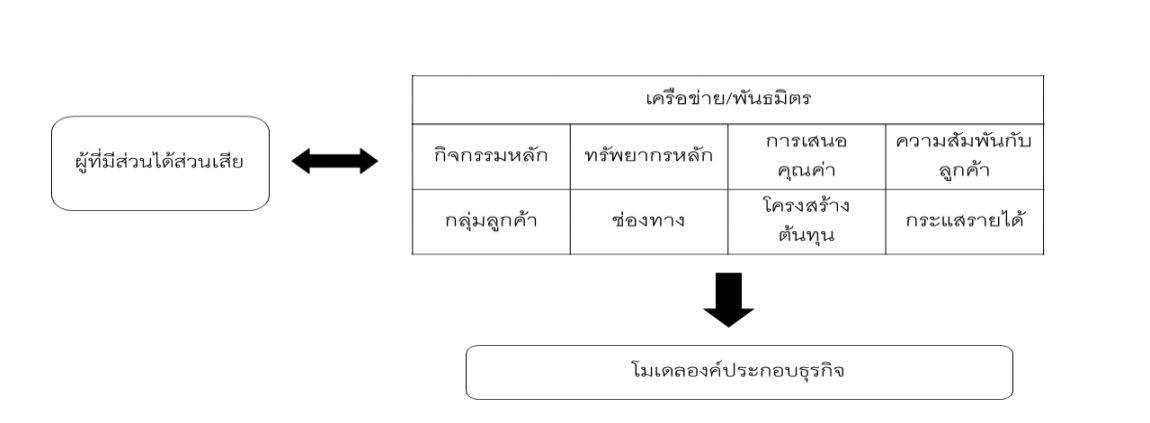
1. การท่องเที่ยวโดยชุมชน (Community – Based Tourism – CBT) เป็นเครื่องมือสร้างความเข้มแข็งขององค์กรชาวบ้านในการจัดการทรัพยากร ธรรมชาติและวัฒนธรรม โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน ให้ชุมชนได้มีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการพัฒนาและได้รับประโยชน์จากการท่องเที่ยว การที่จะให้ชุมชนดำเนินการท่องเที่ยวตามหลักการดังกล่าวข้างต้น มีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมความพร้อมและสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนในการ จัดการการท่องเที่ยว ในขณะเดียวกันก็ต้องรณรงค์กับคนในสังคมให้เห็นความแตกต่างของการท่องเที่ยว โดยชุมชนกับการท่องเที่ยวทั่วไป กระตุ้นให้คนในสังคมเห็นความสำคัญและเป็นนักท่องเที่ยวที่สนใจการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ระหว่างเจ้าของบ้านกับผู้มาเยือน นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มการรับรู้และความเข้าใจในบทบาทของชุมชนท้องถิ่นต่อ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและเป็นกำลังใจหรือสนับสนุนให้เกิดความต่อ เนื่องในการทำงานอนุรักษ์ทั้งด้านธรรมชาติและวัฒนธรรม

2. แนวคิดแบบโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ (Business Model Canvas) การอธิบายองค์ประกอบของธุรกิจซึ่งมี 9 ส่วนในแบบที่เรียบง่ายบนหน้ากระดาษเพียงแผ่นเดียว เพื่อให้ทุกคน่ายทั้งภายในและภายนอกองค์กรสามารถสื่อถึงสิ่งเดียวกันได้

อย่างตรงประเด็น เข้าใจง่าย และ นำไปใช้งานได้ทันที นอกจากจะทำให้การสื่อสารชัดเจนแล้ว จุดเด่นของ BMC คือ ทำให้เจ้าของกิจการและผู้บริหารสามารถเห็นภาพรวมของบริษัทเพื่อจะปรับจุดอ่อนหรือเสริมจุดแข็งรวมไปถึงการปรับกลยุทธ์ของบริษัทได้ง่ายและรวดเร็ว

3. ชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นอีกหนึ่งตำบลเล็ก ๆ ที่อยู่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นชุมชนเก่าแก่ติดกับแม่น้ำน้อย มีขนบธรรมเนียม ประเพณีและวิถีชีวิตภูมิปัญญาดั้งเดิมมาอย่างช้านาน การคมนาคมหลักในอดีต คือ ทางน้ำ ตำบลกระแชงอยู่อยู่ติดริมแม่น้ำน้อย ซึ่งถัดจากปากแม่น้ำน้อยเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้การคมนาคมมีความสะดวกสบาย มีเรือกระแชงมาจอดพักอยู่มาก จนเกิดเป็นที่มาของตำบลกระแชงในปัจจุบัน ประชากรในตำบลกระแชงส่วนใหญ่มีอาชีพหลัก คือ ทำนา ทำสวน ประมง มีครัวเรือนทั้งสิ้น 402 ครัวเรือน จำนวนประชากร 1,471 คน ซึ่งส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ มีการจัดงานประเพณีและเทศกาลประจำตำบลเช่น การแข่งเรือ และประเพณีวันสงกรานต์ การตักบาตรพระร้อย โดยถือเป็นอัตลักษณ์ของชุมชน ในด้านภูมิปัญญา การทำเกษตรกรของตำบลกระแชงมีความหลากหลายที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม เช่น การทำนาโดยการดำนาแบบโบราณ การเพาะปลาหลายหลายสายพันธุ์ ภูมิปัญญาด้านงานจักสาน เช่น จักสานไผ่สีสุก ผักตบชวา ภูมิปัญญาด้านการแปรรูป เช่น การทำกะปิ การทำน้ำปลา การแปรรูปผลไม้ และภูมิปัญญาในด้านการทำขนมไทยโบราณ แต่ในยุคสมัยที่เปลี่ยนไปชาวบ้านชุมชนกระแชงได้มีการพัฒนาภูมิปัญญาให้มีความทันสมัยขึ้น และทำให้ประเพณี วัฒนธรรมเก่าแก่ของหมู่บ้าน เป็นจุดเด่นและมีความน่าสนใจเผยแพร่ออกสู่สายตาคนภายนอก รวมไปถึงนักท่องเที่ยวจากต่างจังหวัด แต่ยังขาดคือข้อมูลการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชน

งานวิจัยนี้พัฒนาการวิจัยจากการทบทวนวรรณกรรมและนิยามการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนว่า หมายถึง การท่องเที่ยวที่จัดโดยชุมชนชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่สร้างประสอบการณ์ตรงให้กับนักท่องเที่ยวในการมีส่วนร่วมในวิถีชุมชน และเอกลักษณ์ของสถานที่ สร้างความประทับใจและความเข้าใจในชุมชนที่ได้ท่องเที่ยว ส่วนตัวธุรกิจเชิงบูรณาการประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 9 ด้ายตามแนวคิดแบบโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ (ชนม์ณัฐชา กังวานศุภพันธ,2564) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวคิดแบบโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ (Business Model Canvas)

2.2 วิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ

โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ (Business Model Canvas) เป็นเครื่องมือที่แสดงถึงภาพรวมของปัจจัยสำคัญที่มีความสำคัญในการดำเนินธุรกิจทั้ง 9 ด้าน สำหรับการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ (Business Model Canvas) ของชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สามารถสรุปรายละเอียดการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. เครือข่าย/พันธมิตร : เป็นคู่ธุรกิจที่คอยป้อนข้อมูลของชุมชน ได้แก่ ชาวบ้านตำบลกระแชง ศูนย์การเรียนรู้ชมชุนบ้านกระแชง

2. กิจกรรมหลัก : เป็นกิจกรรมที่ต้องทำในธุรกิจ ได้แก่ โปรแกรมการท่องเที่ยวตามแผนการท่องเที่ยวชุมชน และการให้บริการลูกค้าในด้านต่าง ๆ

3. ทรัพยากรหลัก : สิ่งที่มีอยู่และสามารถนำมาสร้างคุณค่าให้กับธุรกิจ ได้แก่ สินค้าจากผักตบชวา การเลี้ยงไก่และการเพาะเห็ดนางฟ้า การนั่งชมเรือ

4. การนำเสนอคุณค่ากับลูกค้า : สิ่งที่แตกต่าง และโดดเด่นเป็นจุดแข็งของชุมชน ได้แก่ การประดิษฐ์สินค้าที่ได้จากผักตบชวา การเรียนรู้สวนผลไม้ผสมผสาน

5. การสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า : การให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก ได้แก่ ทำความเข้าใจและใส่ใจรายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้าเพื่อสร้างความประทับใจ รู้สึกคุ้มค่ากับการมาท่องเที่ยวในชมชน

6. ช่องทางติดตาม : ช่องทางการติดตามที่ใช้ประชาสัมพันธ์ชุมชน รวมถึงการกระจายสินค้าภายในชุมชน ได้แก่ Facebook, Website การท่องเที่ยว, Application การท่องเที่ยว, งานส่งเสริมการท่องเที่ยวระดับตำบล

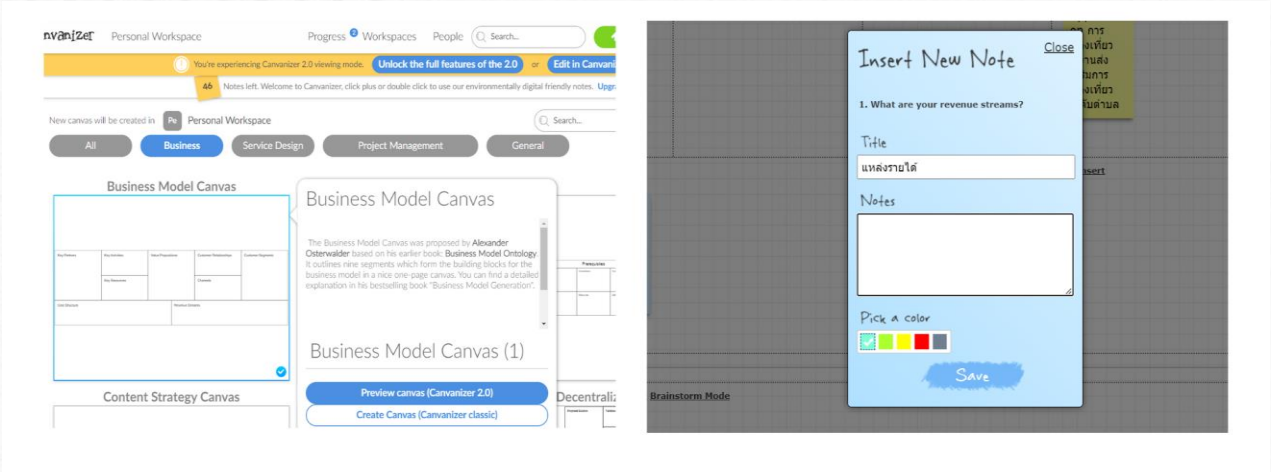
7. กลุ่มเป้าหมายของลูกค้า : กลุ่มคนที่เป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดจำหน่ายและบริการให้ ได้แก่ นักเที่ยวทั่วไป, นักท่องเที่ยวศึกษาดูงาน, นักท่องเที่ยวปั่นจักรยาน และบุคคลในพื้นที่

8. ต้นทุนธุรกิจ : ต้นทุนที่ต้องใช้ในการดำเนินในการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ ค่าบำรุงรักษา Website และ Application เพื่อโปรโมตการท่องเที่ยวของชุมชน และ ค่าแรงงาน(เกิดจากการจ้างแม่ครัว คนขับรถนำเที่ยว)

9. แหล่งรายได้ : รายได้ที่ทำเงินสูงสุดในการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ พื้นที่สื่อออนไลน์, ห้องพักโฮมสเตย์ และการขายสินค้าของชาวบ้านชุมชนกระแชง

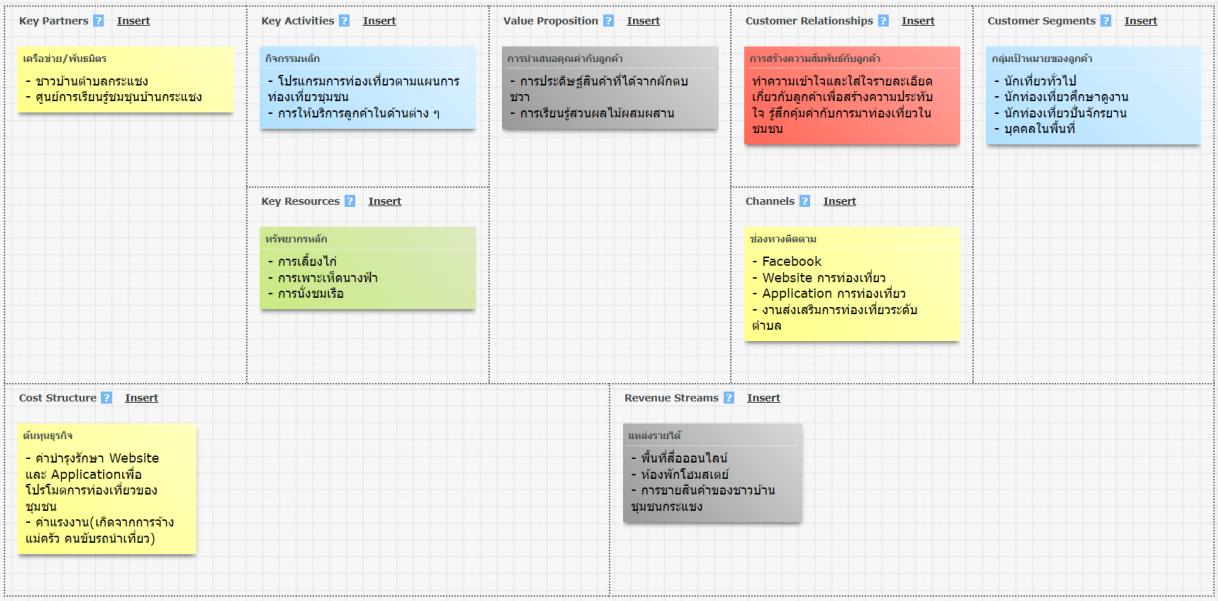
2.3 ออกแบบโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Canvanizer ในการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยในการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจจะใช้เครื่องมือที่มีอยู่ในโปรแกรม Canvanizer ในการสร้างเนื้อหาต่าง ๆ



ภาพที่ 2 การออกแบบโมเดลธุรกิจโดยใช้โปรแกรม Canvanizer

จากการใช้โปรแกรม Canvanizer ผู้วิจัยสามารถออกแบบโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งหมด 9 ด้านได้แก่ เครือข่าย/พันธมิตร กิจกรรมหลัก ทรัพยากรหลัก การนำเสนอคุณค่ากับลูกค้า การสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า ช่องทางติดตาม กลุ่มเป้าหมายของลูกค้า ต้นทุนธุรกิจ และแหล่งรายได้ โดยมีรายละเอียดดังภาพภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โมเดลองค์ประกอบธุรกิจของชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

2.4 ประเมินและสรุปผล

ผู้วิจัยได้นำเสนอโมเดลองค์ประกอบต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจจำนวน 5 ท่าน ซึ่งทางผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ โดยวิเคราะห์ถึงข้อมูลการดำเนินงานและความเป็นไปได้ในการนำโมเดลองค์ประกอบธุรกิจมาใช้จริง ซึ่งใช้เกณฑ์ระดับคะแนน 1 – 5 จากประสิทธิภาพน้อยสุดถึงมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลองค์ประกอบธุรกิจจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

รายการ	ผู้เชี่ยวชาญ1	ผู้เชี่ยวชาญ2	ผู้เชี่ยวชาญ3	ค่าเฉลี่ย
เครือข่าย/พันธมิตร : เป็นคู่ธุรกิจที่คอยป้อนข้อมูลของชุมชน ได้แก่ ชาวบ้านตำบลกระแชง ศูนย์การเรียนรู้ชมชุนบ้านกระแชง	4	3	5	4.00
กิจกรรมหลัก : เป็นกิจกรรมที่ต้องทำในธุรกิจ ได้แก่ โปรแกรมการท่องเที่ยวตามแผนการท่องเที่ยวชุมชน และ การให้บริการลูกค้าในด้านต่าง ๆ	5	4	4	4.33
ทรัพยากรหลัก : สิ่งที่มีอยู่และสามารถนำมาสร้างคุณค่าให้กับธุรกิจ ได้แก่ สินค้าจากผักตบชวา การเลี้ยงไก่และการเพาะเห็ดนางฟ้า การนั่งชมเรือ	3	4	3	3.33
การนำเสนอคุณค่ากับลูกค้า : สิ่งที่แตกต่าง และโดดเด่นเป็นจุดแข็งของชุมชน ได้แก่ การประดิษฐ์สินค้าที่ได้จากผักตบชวา การเรียนรู้	4	5	3	4.00

รายการ	ผู้เชี่ยวชาญ1	ผู้เชี่ยวชาญ2	ผู้เชี่ยวชาญ3	ค่าเฉลี่ย
สวนผลไม้ผสมผสาน				
การสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า : การให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก ได้แก่ ทำความเข้าใจและใส่ใจรายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้าเพื่อสร้างความประทับใจ รู้สึกคุ้มค่ากับการมาท่องเที่ยวในชมชน	3	5	3	3.67
ช่องทางติดตาม : ช่องทางการติดตามที่ใช้ประชาสัมพันธ์ชุมชน รวมถึงการกระจายสินค้าภายในชุมชน ได้แก่ Facebook, Website การท่องเที่ยว, Application การท่องเที่ยว, งานส่งเสริมการท่องเที่ยวระดับตำบล	3	4	3	3.33
กลุ่มเป้าหมายของลูกค้า : กลุ่มคนที่เป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดจำหน่ายและบริการให้ ได้แก่ นักเที่ยวทั่วไป,นักท่องเที่ยวศึกษาดูงาน, นักท่องเที่ยวปั่นจักรยาน และบุคคลในพื้นที่	5	5	4	4.67
ต้นทุนธุรกิจ : ต้นทุนที่ต้องใช้ในการดำเนินในการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ ค่าบำรุงรักษา Website และ Applicationเพื่อโปรโมตการท่องเที่ยวของชุมชน และ ค่าแรงงาน(เกิดจากการจ้างแม่ครัว คนขับรถนำเที่ยว)	4	4	5	4.33
แหล่งรายได้ : รายได้ที่ทำเงินสูงสุดในการดำเนินธุรกิจ ได้แก่ พื้นที่สื่อออนไลน์, ห้องพักโฮมสเตย์ และการขายสินค้าของชาวบ้านชุมชนกระแชง	3	5	4	4.00
รวม	**34**	**39**	**34**	**3.96**

จากการประเมินโมเดลองค์ประกอบธุรกิจของผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ โดยวิเคราะห์การดำเนินงานและความเป็นไปได้ของการนำโมเดลองค์ประกอบธุรกิจมาใช้จริงโดยผู้เชี่ยวชาญที่ 1 ผลประเมินรวม 34 คะแนน ผู้เชี่ยวชาญที่ 2 ผลประเมินรวม 39 คะแนน ผู้เชี่ยวชาญที่ 3 ผลประเมินรวม 34 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมด 3.96 สรุปได้ว่า โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีความเป็นไปได้มากในการพัฒนาธุรกิจไปสู่เป้าหมายได้แท้จริง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา กับผู้ประกอบการภายในตำบลกระแชง จำนวน 5 คน โดยให้

ผู้ประกอบการได้ทดลองใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ และตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจ จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจโมเดลองค์ประกอบธุรกิจพัฒนาศักยภาพชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยผู้ประกอบการ

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับประสิทธิภาพ
1. เครือข่าย/พันธมิตร	4.20	0.84	มาก
2. กิจกรรมหลัก	4.40	0.55	มาก
3. ทรัพยากรหลัก	3.60	0.55	ปานกลาง
4. การนำเสนอคุณค่ากับลูกค้า	3.80	0.84	ปานกลาง
5. การสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า	4.00	1.00	มาก
6. ช่องทางติดตาม	3.80	0.84	ปานกลาง
7. กลุ่มเป้าหมายของลูกค้า	4.80	0.45	มาก
8. ต้นทุนธุรกิจ	4.00	0.71	มาก
9. แหล่งรายได้	4.00	1.00	มาก
โดยรวม	**4.07**	**0.20**	**มาก**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ประกอบการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจศักยภาพชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยผู้วิจัยแบ่งเป็นทั้งหมด 9 ด้าน ได้แก่ เครือข่าย/พันธมิตร กิจกรรมหลัก ทรัพยากรหลัก การนำเสนอคุณค่ากับลูกค้า การสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า ช่องทางติดตาม กลุ่มเป้าหมายของลูกค้า ต้นทุนธุรกิจ และแหล่งรายได้ ตามลำดับ

3.2 การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้พัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ (Business Model Canvas) โดยใช้โปรแกรม Canvanizer การประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยครอบคลุม 9 องค์ประกอบ ดังนี้

1. เครือข่าย/พันธมิตร : ชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยามีแหล่งท่องเที่ยวในปัจจุบัน ได้แก่ วัดกระแชง เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม ล่องเรือแม่น้ำน้อย เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ ศูนย์เรียนรู้ชุมชนบ้านกระแชง อยุธยารวงข้าวโฮมสเตย์ และบ้านสวนยายทองดี เป็นแหล่งท่องเที่ยวการเรียนรู้วิถีชีวิต แต่ชุมชนยังมีข้อจำกัดในเรื่องการตลาดและสถานที่ต่างๆไม่ชัดเจนมากนัก การเชื่อมโยงการท่องเที่ยวกับเครือข่าย ส่วนใหญ่จะเป็นเครือข่ายเฉพาะในกลุ่มของตัวเองหรือเฉพาะในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก คือ 4.20

2. กิจกรรมหลัก : มีแหล่งการเรียนรู้ได้แก่ DIY ผักตบชวา เรียนรู้สวนผลไม้ผสมผสาน เพาะเห็ดนางฟ้า และ นั่งเรือชมแม่น้ำ โดยกิจกรรมหลักถูกจัดขึ้น 2 กิจกรรมหลัก คือโปรแกรมการท่องเที่ยวตามแผนการท่องเที่ยวชุมชนตำบลกระแชง และ การให้บริการลูกค้าในด้านต่าง ๆ เหมือนคนในครอบครัวที่เน้นการสร้างความประทับใจ และความคุ้มค่าตั้งแต่ต้นโปรแกรมจนจบโปรแกรมการท่องเที่ยว สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา ดวงอุปมา (2562) ที่ศึกษาแนวทางการจัดการและรูปแบบการท่องเที่ยวในจังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า การวางแผนการจัดการท่องเที่ยวแบบมีส่วนร่วม การประชาสัมพันธ์ให้คนในชุมชนเข้าใจเรื่องการพัฒนาการท่องเที่ยว ผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก คือ 4.40

3. ทรัพยากรหลัก : การท่องเที่ยวของชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่ามีหลากหลาย ได้แก่ ผักตบชวาและการประดิษฐ์สินค้าที่มาจากผักตบชวา วิถีชีวิตของชาวบ้านชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา การเลี้ยงไก่และการเพาะเห็ดนางฟ้า และการนั่งเรือชมแม่น้ำ ผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง คือ 3.60

4. การนำเสนอคุณค่ากับลูกค้า : การนำเสนอคุณค่าทางการท่องเที่ยวของชุมชนที่มอบให้นักท่องเที่ยวคือการประดิษฐ์สินค้าที่ได้จากผักตบชวา การเพาะเห็ดนางฟ้า การเรียนรู้สวนผลไม้ผสมผสาน โดยนำเสนอประสบกรณ์ที่เป็นอัตลักษณ์วิถีชีวิตและวัฒนธรรมชุมชน ประสบการณ์จากทำกิจกรรมตามฐานโปรแกรมการท่องเที่ยวที่สนุกและมีหลากหลายรูปแบบผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง คือ 4.80

5. การสร้างความสัมพันธ์กับลูกค้า : ทำความเข้าใจและใส่ใจรายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้าเพื่อสร้างความประทับใจ รู้สึกคุ้มค่ากับการมาท่องเที่ยวภายในชุมชน เน้นการให้บริการที่จริงใจและอบอุ่น ช่วยเหลือและเอาใจใส่ ทำให้รู้สึกสนุกและสบาย รวมทั้งที่พักสะอาด ปลอดภัยแม้ว่าจะเป็นโฮมเสตย์แต่ชาวบ้านให้การต้อนรับและดูแลเอาใจใส่ลูกค้า ทำให้เขาเกิดความประทับใจได้มากที่สุด ผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก คือ 4.00

6. ช่องทางติดตาม : ชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่า มี 4 ช่องทาง ได้แก่ Facebook, website, application และ งานส่งเสริมการท่องเที่ยวระดับตำบล โดยส่วนใหญ่ที่นักท่องเที่ยวได้รับข่าวสารการท่องเที่ยวจาก application, website, Facebook มากที่สุดผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก คือ 3.80

7. กลุ่มเป้าหมายของลูกค้า : นักท่องเที่ยวของที่มาท่องเที่ยว มีทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ นักท่องเที่ยวทั่วไป นักท่องเที่ยวศึกษาดูงาน นักท่องเที่ยวปั่นจักรยาน และบุคคลในพื้นที่ โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่ไม่เคยมาสถานที่นี้ก่อน เนื่8องจากที่ผ่านมา มีนักท่องเที่ยวมาท่องเที่ยวในสัดส่วนที่น้อยมาก งานวิจัยนี้จึงนำโมเดลองค์ประกอบธุรกิจมาบูรณาการที่เน้นกลุ่มเป้าหมายนักท่องเที่ยวหลากหลายมากขึ้น เพื่อเจาะตลาดใหม่ ช่วยเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนในระยะยาว ผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก คือ 4.80

8. ต้นทุนธุรกิจ : ต้นทุนหลักในการประกอบการท่องเที่ยวชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยาในโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ ประกอบด้วย ต้นทุนการบำรุงรักษา website และapplicationเพื่อโปรโมตการท่องเที่ยวของชุมชน ค่าแรงงาน (เกิดจากการจ้างงานแม่ครัว คนขับรถนำเที่ยว) และ ค่าติดต่อประสานงาน ผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก คือ 4.00

9. แหล่งรายได้ : ชุมชนมีการจัดการสถานที่ท่องเที่ยวได้ดี มีรายได้เข้ามามากขึ้นจากการ มีพื้นที่สื่อออนไลน์ มีหน่วยงานท้องถิ่นและที่เกี่ยวข้องดูแลและส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวของชุมชนเอง การมีรายได้จากหลายแหล่งจะช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มรายได้ การท่องเที่ยวชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยามีแหล่งรายได้จากการขายสินค้าของชาวบ้านมากที่สุดและรองลงมาคือ สถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ภายในชุมชน โมเดลองค์ประกอบธุรกิจได้ระบุแหล่งที่มาของรายได้เพิ่มขึ้นจากโปรแกรมการท่องเที่ยวและกิจกรรมที่น่าสนใจสำหรับนักท่องเที่ยว และมีค่าบริการ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าภายในชุมชนที่จำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยว ผลการประเมินด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก คือ 4.00

4. บทสรุป

ผลการวิจัยครั้งนี้ได้รับการประเมินโมเดลองค์ประกอบธุรกิจของผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโมเดลองค์ประกอบธุรกิจ โดยวิเคราะห์การดำเนินงานและความเป็นไปได้ของการนำโมเดลองค์ประกอบธุรกิจมาใช้จริงโดยผู้เชี่ยวชาญที่ 1 ผลประเมินรวม 34 คะแนน ผู้เชี่ยวชาญที่ 2 ผลประเมินรวม 39 คะแนน ผู้เชี่ยวชาญที่ 3 ผลประเมินรวม 34 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมด 3.96 และได้รับการทดลองการผู้ประกอบการ โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า

ความพึงพอใจทุกด้านอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยภาพรวมเท่ากับ 4.07 สามารถนำไปต่อยอดในการทำแอปพลิเคชันการท่องเที่ยว และ เว็บไซต์การท่องเที่ยวลำดับต่อไป สรุปได้ว่า โมเดลองค์ประกอบธุรกิจในการพัฒนาศักยภาพการประกอบการท่องเที่ยวระดับชุมชนตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีความเป็นไปได้มากในการพัฒนาธุรกิจไปสู่เป้าหมายได้แท้จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจากประธานหลักสูตรสาขานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย อาจารย์ปัณณรัตน์ วงศ์พัฒนานิภาส และอาจารย์อุทัย สำรวมจิตร์ ดูแลลูกศิษย์ให้คำปรึกษา ให้ความรู้และประสบการณ์อันมีคุณค่าแก่งานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์กานต์มณี ไวยครุฑ นักศึกษาคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ และชาวบ้านตำบลกระแชง อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลข้อเสนอแนะ สถานที่ทำศึกษาดูงาน และลงพื้นที่ศึกษาปัญหา อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเล่มนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขออนุทิศความดี ประโยชน์ในการศึกษางานวิจัยเล่มนี้ให้แด่คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่เป็นกำลังใจ ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ทำให้ผู้วิจัยมีความเจริญก้าวหน้า ขอบคุณตนเองที่อดทน มุ่งมั่น จนสามารถทำให้การศึกษางานวิจัยเล่มนี้นั้นสำเร็จได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ชนม์ณัฐชา กังวานศุภพันธ. การพัฒนาศักยภาพการประกอบการการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้ตัวแบบธุรกิจเชิงบูรณาการ: กรณีศึกษาบ้านขุนไชยทอง. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.16(2021)178-201

[2] สุกัญญา ดวงอุปมา. การศึกษาแนวทางการจัดการและรูปแบบการท่องเที่ยวในจังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม.9(2019)10-18

[3] นิพล เชื้อเมืองพาน. (2561). การศึกษารูปแบบการมสี่วนร่วมของชุมชนเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชน แหลงน้ำพุร้อนหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี. สืบจาก https://scholar.utcc.ac.th/handle/6626976254/3875

[4] จีรเกียรติ อภิบุณโยภาส. (2563). การส่งเสริมและพัฒนาธุรกิจหมู่บ้านทำมาค้าขาย: กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติหนองบัวแดง อำเภอหนองบัวแดง จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวิชาการการท่องเที่ยวไทยนานาชาติ

[5] นิยม กริ่มใจ. ธุรกิจเปลี่ยนผ่านสู่วิถีปกติใหม่ ด้วยโมเดลธุรกิจ CANVAS. วารสารวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ.8(2022)66-78

[6] ศตพร ตั้งเหลียง. (2564). รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน (ASTC2021) ครั้งที่ 8,ปทุมธานี,2564. 970-976

[7] กิตติคุณ นิมิตแสงเทียน. 2561. การพัฒนาแบบจำลองธุรกิจเชิงกลยุทธ์ธุรกิจค้าวัสดุและอุปกรณ์ก่อสร้าง. สืบจาก https://incbaa.kku.ac.th/img/files/articles/7d1cc-397-.pdf

เว็บไซต์จำหน่ายสินค้า กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ

Website selling products, case studies: community enterprises, Tao Mo pottery group

ชนาภา ปานวิเชียร[1*] วิชาฤทธิ์ ช่วยสงค์[1] และ ศิวพร นาคอุดม[1]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
[*]Email: 6211317010@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ 2) เพื่อเพิ่มช่องการจัดจำหน่ายสินค้าเครื่องปั่นดินเผา เช่น กระถานต้นไม้ ครก หม้อสุกกี้ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจ ต่อการใช้งานเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ ระบบสามารถแบ่งการใช้งานออกเป็น 2 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มลบแก้ไขข้อมูลได้ทั้งหมด ผู้ใช้สามารถดูหน้าแรก ข้อมูลเกี่ยวกับเรา ข้อมูลสินค้า สามารถแจ้งชำระเงินได้ ข้อมูลช่องทางการขนส่ง ดูข้อมูลติดตามพัสดุ ข้อมูลติดต่อเรา ข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า และมีการใช้โปรแกรม Wordpress เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการพัฒนาเว็บไซต์ เพื่อให้การพัฒนาเว็บไซต์และการใช้งานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้านเนื้อหาอยู่ระดับดีมาก ($\overline{x}$ เท่ากับ 4.54 และ S.D เท่ากับ 0.47) ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์อยู่ระดับดีมาก ($\overline{x}$ เท่ากับ 4.52 และ S.D เท่ากับ 0.56) ด้านประโยชน์และการนำไปใช้อยู่ระดับดีมาก ($\overline{x}$ เท่ากับ 4.57 และ S.D เท่ากับ 0.51)

คำสำคัญ: เว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ

Abstract

Research on the development of product distribution website, case study of community enterprises, pottery group occupation. The objectives were 1) to develop a product distribution website, a case study of community enterprises, pottery group occupation, 2) to increase distribution channels for pottery blenders such as plant pots, mortars, and sukiyaki pots; 3) to study customer satisfaction on the use of the website selling products, case studies, community enterprises, pottery occupation groups. The system can be divided into 2 parts: administrators can add, delete, edit all data. Users can view the home page. Information about us, product information, payment can be made. Transportation channel information, view parcel tracking information, contact us information, order information and using wordpress as a program that helps in website development to make the website development and usability more efficient. The statistics used to analyze the data were mean and standard deviation with

content is very good (4.54 and S.D is 0.47), website design and styling is very good (4.52 and S.D is 0.56), usefulness and usability are very good (4.57 and S.D. equal to 0.51).

Keywords: website selling products, case studies, community enterprises, pottery occupation group

1. บทนำ

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ เป็นกลุ่มวิสาหกิจซึ่งชาวบ้านตำบลนาเคียนรู้จักเป็นอย่างดี ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 59/11 หมู่ที่ 9 ถนน ตำบลนาเคียน อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000 ซึ่งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อเป็นวิสาหกิจทำผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับของใช้เครื่องปั้นดินเผาในหลายประเภท ทั้งในประเภทเครื่องปั้นดินเผาที่เป็นของใช้ในครัว กับประเภทของใช้ในสวนไม้ สวนหย่อม ประเภทของใช้ตกแต่ง และประเภทของใช้ทั่วไป เพื่อใช้จำหน่ายให้กับผู้คน เพื่อสร้างรายได้เป็นอาชีพให้กับกลุ่มสมาชิกวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อทั้งนี้ ในปัจจุบันกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ ตำบลนาเคียน อำเภอเมืองจังหวัด นครศรีธรรมราช ได้มีการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้กับชาวบ้านอย่างทั่วถึง และชาวบ้านได้รู้จักและให้ความสำคัญและอุดหนุนผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี

ผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ เพื่อส่งเสริมการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เพื่อให้การจัดจำหน่ายให้ได้เกิดประโยชน์สูงสุด ในด้านการจำหน่ายให้ได้จำนวนมากขึ้น และประชาสัมพันธ์กลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อให้เป็นที่รู้จักเพื่อการส่งเสริมการขายอีกด้วย จึงได้พัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์และจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการขายการของกลุ่มวิสาหกิจนี้ โดยได้จัดทำในกรณีศึกษา และเพื่อเป็นการส่งเสริมขายอีกด้วย

2.วัตถุประสงค์วิจัย

1. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ
2. เพื่อเพิ่มช่องการจัดจำหน่ายสินค้าเครื่องปั่นดินเผา เช่น กระถานต้นไม้ ครก หม้อสุกกี้
3. เพื่อศึกษาความพึ่งพอใจ ต่อการใช้งานเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ

3.วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
   1.1 ประชากร ได้แก่ กลุ่มประชากรในจังหวัดนครศรีธรรมราชจำนวน 1.56 ล้าน คน
   1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างเจาะจง และนักศึกษา จำนวน 46 คน ใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม
2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา
   2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การใช้เว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ
   2.2 ตัวแปรตาม คือ
      2.2.1 การประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ สำหรับด้านเนื้อหา ด้านออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ และด้านประโยชน์และการนำไปใช้
      2.2.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้เข้างานเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ
3. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

3.1 เว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ

3.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์

3.3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ

4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

4.2 ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน

4. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงาน โดยใช้กระบวนการพัฒนาวงจรระบบงาน (System Development Life Cycle : SDLC) ดังนี้

1. กำหนดปัญหา (Problem Definition) ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ ทำให้ทราบถึงปัญหาและข้อบกพร่องของระบบในปัจจุบัน ว่าการพัฒนาระบบใหม่หรือไม่ ผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ เพื่อส่งเสริมการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เพื่อให้การจัดจำหน่ายให้ได้เกิดประโยชน์สูงสุด ในด้านการจำหน่ายให้ได้จำนวนมากขึ้น และประชาสัมพันธ์กลุ่มวิสาหกิจชุมชนอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อให้เป็นที่รู้จักเพื่อการส่งเสริมการขายอีกด้วย

2. วิเคราะห์ (Analysis) เป็นการวิเคราะห์ระบบจะต้องดำเนินการวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน นำมาพัฒนาระบบงานนำมาปรับปรุงระบบงานเดิมระบบงานปัจจุบัน ได้มีการตั้งขายหน้าร้านของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อซึ่งระบบปัจจุบัน ไม่ได้รับการจัดจำหน่ายให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในด้านการจำหน่ายให้ได้จำนวนมากขึ้น และประชาสัมพันธ์ให้เป็นที่รู้จักเพื่อการส่งเสริมการขายอีกด้วย จึงได้พัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์และจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการขายของกลุ่มวิสาหกิจนี้ โดยได้จัดทำในเพื่อเป็นการส่งเสริมขายอีกด้วย

3. ออกแบบ (Design) โดยนำการออกแบบระบบใหม่หรือเปลี่ยนแปลงระบบเดิมที่มีอยู่ ออกแบบรูปแบบการเข้าใช้งานระบบ ได้ทำการออกแบบเว็บไซต์ในการจัดจำหน่าย และประชาสัมพันธ์การขาย โดยรูปแบบของเว็บไซต์ เป็นเว็บไซต์เรียบง่าย มีหน้าสินค้าให้เลือกและหมวดสินค้า หน้าค้นหา มีหน้าชำระเงินเมื่อต้องการซื้อสินค้าของเรา โดยไม่มีระบบสมัครสมาชิก

4. พัฒนา (Development) การเปลี่ยนโปรแกรมทำการสร้างเป็นระบบที่นักวิเคราะห์ได้ออกแบบไว้ นำเครื่องเข้ามาช่วยในการพัฒนาระบบได้เร็วยิ่งขึ้นการสร้างโปรแกรมที่สร้างโดยหลักๆมี WordPress version 5.8.3 โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีไว้เพื่อสร้างและจัดการเนื้อหาบนอินเตอร์เน็ต (Contents Management System หรือ CMS) กล่าวคือ แทนที่เราจะดาวห์โหลดโปรแกรมมาทำการสร้างและออกแบบเว็บไซต์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ของเรา และโปรแกรมโปรแกรม xampp version 3.3.0 โปรแกรมสำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเราให้ทำงานในลักษณะของ Webserver ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราจะเป็นทั้งเครื่องแม่ และเครื่องลูกในเครื่องเดียวกัน โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับ Internet ก็สามารถทดสอบกับเว็บไซต์ที่เราสร้างขึ้นมาได้ทุกที่ทุกเวลา อีกทั้งยังประหยัดเวลาและไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้รับความนิยมจากผู้ใช้ CMS ในการสร้างเว็บไซต์

5. ทดสอบ (Testing) นำระบบมาใช้งานจริง ค้นหาข้อผิดพลาด และช่วยให้ระบบมีความถูกต้อง สมบูรณ์ และประสิทธิภาพมากขึ้น หากพบข้อผิดพลาดก็ปรับปรุงแก้ไขได้ถูกต้องและถูกจุดได้มีการใช้งาน ทดสอบและหาข้อผิดพลาด โดยระบบที่เราได้สร้างขึ้นได้มีการปรับปรุงแก้ไขตลอดการทดสอบ โดยการหาข้อผิดพลาด และการมีการแก้ไข ได้ดี จนสามารถได้ระบบที่สมบูรณ์แบบเรื่อยมา

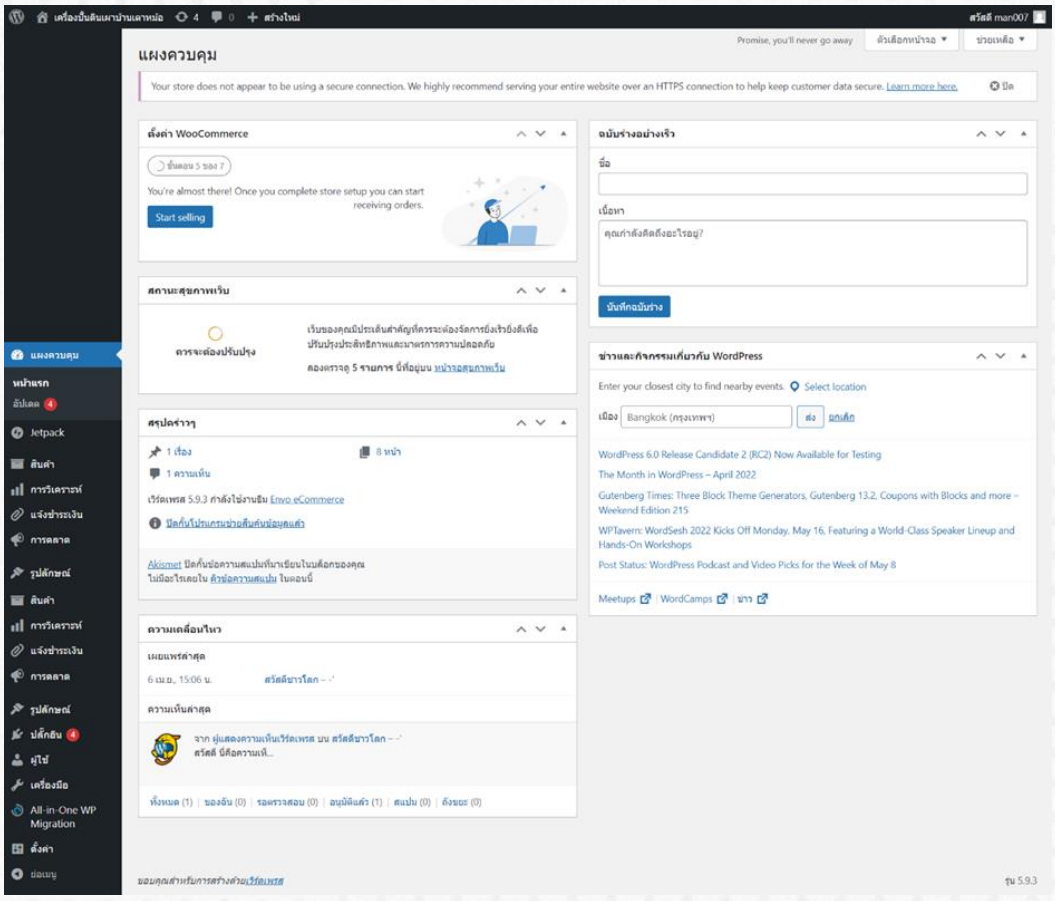
6. ติดตั้ง (Implementation) นำระบบที่ผ่านการทดลองมาติดตั้ง มีความพร้อมในการใช้งาน และนำระบบใหม่มาทดแทนระบบเดิมได้ทันที และข้อมูลระบบเดิมให้อยู่ในรูปแบบใหม่ได้มีการนำเว็บไซต์ขึ้นโฮสต์เพื่อแสดงเว็บไซต์ต่อสาธารณะ จึงได้มีการใช้งานเว็บไซต์ เพื่อส่งเสริมระบบเดิม และทดแทนระบบเดิม ตามปัญหาที่เราได้เล็งเห็น

7. บำรุงรักษา (Maintenance) บำรุงรักษาระบบต่อเนื่องหลังจากเริ่มดำเนินการ ทำการติดตั้งระบบเสร็จและมีการเริ่มใช้งานระบบ ผู้ศึกษาต้องดูแลระบบและบำรุงรักษาระบบ ศึกษาข้อผิดพลาดของระบบและทำการแก้ไข ตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ทำการบำรุงรักษาระบบโดยต่อเนื่อง เนื่องจากเว็บไซต์มีการโพสต์ขายสินค้า จึงต้องมีการดูแจ้งเตือนสินค้าและอัปเดตข้อมูลประชาสัมพันธ์ และระบบต่างๆที่ควรปรับปรุง

5. ผลการวิจัยและอภิปราย

การออกแบบพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ ในการออกแบบและพัฒนาระบบด้วย SDLC สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน

1. ผู้ดูแลระบบ สามารถล็อกอินเข้าสู่ระบบ แก้ไขข้อมูลส่วนตัว แก้ไขข้อมูล สินค้า แก้ไขข้อมูลติดต่อเรา แก้ไขข้อมูลสั่งซื้อสินค้า แก้ไขหน้าตะกร้าสินค้า แก้ไขการชำระเงิน แก้ไขเลขพัสดุ แก้ไขหน้าติดตามพัสดุ แก้ไขข้อมูลผู้ดูแลระบบ ดังภาพที่ 1 หน้าควบคุม

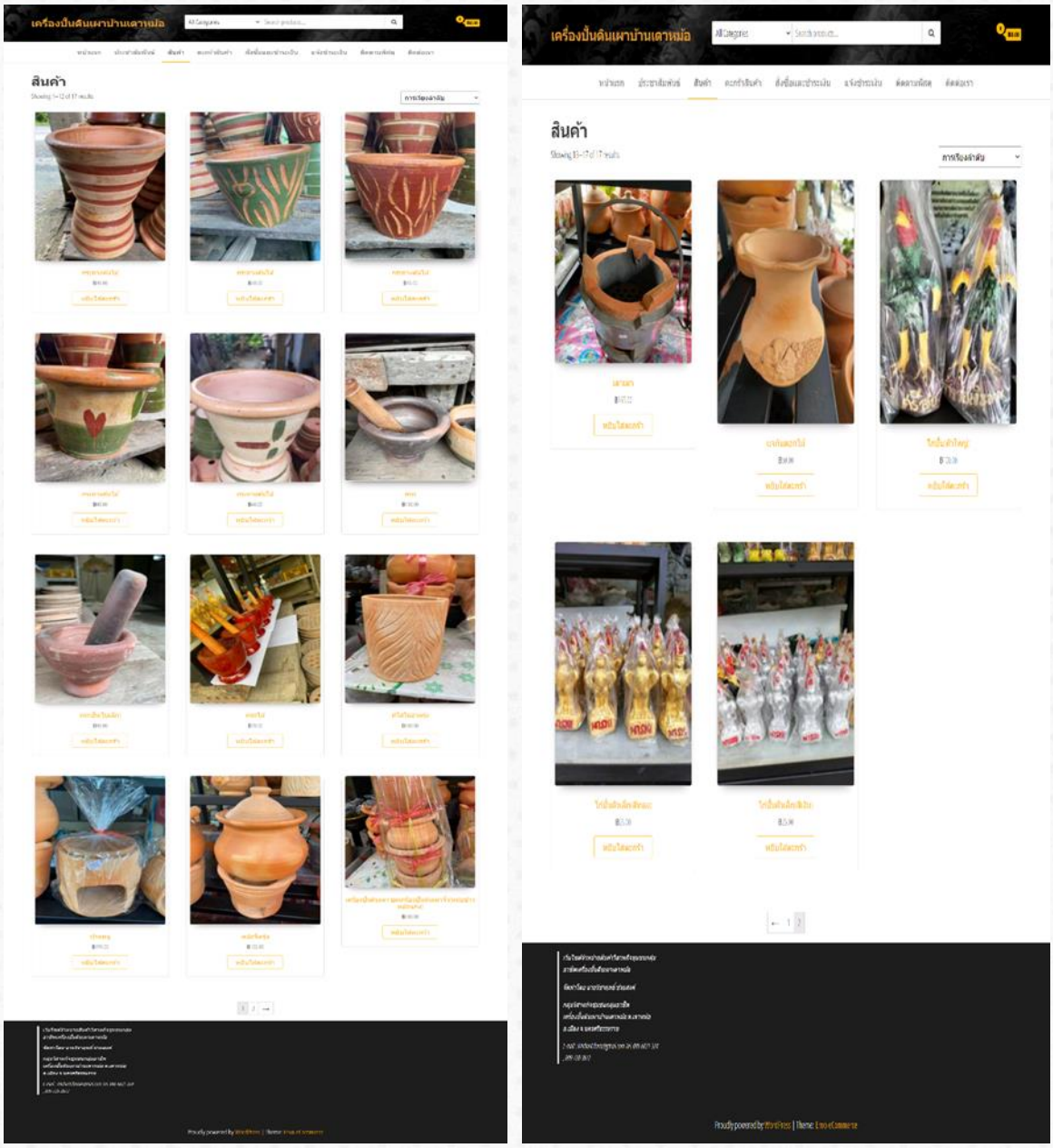


ภาพที่ 1: หน้าควบคุมของเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ

2. ผู้ใช้ทั่วไป สามารถดูข้อมูลสินค้า รายละเอียดสินค้า วิธีการสั่งซื้อสินค้า การแจ้งชำระเงิน หมายเลขพัสดุ และการติดต่อของร้านได้ ดังแสดงภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1: หน้าแสดงหน้าเว็บไซต์



ภาพที่ 2-3: หน้าแสดงสินค้า

3. ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านเนื้อหา

ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านเนื้อหาจำนวน 46 คน พบว่าได้เว็บไซต์ที่มีความพึงพอใจด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.54, ส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน = 0.47) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 5 เรื่อง โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่า ระดับความพึงพอใจดี คือ ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ย 4.65 เนื้อหากับภาพมีความสอดคล้องกัน มีค่าเฉลี่ย 4.58 การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.50 ข้อความในเว็บไซต์ถูกต้องตามหลักภาษา มีค่าเฉลี่ย 4.50 ปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ มีค่าเฉลี่ย 4.50

ตอนที่ 1 : ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านเนื้อหา

ด้านเนื้อหา	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลความหมาย
ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บไซต์	4.65	0.48	มากที่สุด
การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.50	0.71	มาก
ปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ	4.50	0.64	มาก
ข้อความในเว็บไซต์ถูกต้องตามหลักภาษา	4.50	0.78	มาก
เนื้อหากับภาพมีความสอดคล้องกัน	4.58	0.59	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.54	0.47	มากที่สุด

4. ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์

ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านเนื้อหาจำนวน 46 คน พบว่าได้เว็บไซต์ที่มีความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.52, ส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน = 0.56) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 5 เรื่อง โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่า ระดับความพึงพอใจดี คือ ภาพกับเนื้อหามีความสอดคล้องกันและสามารถสื่อความหมายได้ มีค่าเฉลี่ย 4.63 สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.58 ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าโฮมเพจ มีค่าเฉลี่ย 4.50 สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน มีค่าเฉลี่ย 4.50 การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.50

ตอนที่ 2 : ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์

ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์	ค่าเฉลี่ย	S.D	แปลความหมาย
ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าโฮมเพจ	4.50	0.64	มาก
การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	4.43	0.93	มาก
สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.58	0.63	มากที่สุด
สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.50	0.59	มาก
ภาพกับเนื้อหามีความสอดคล้องกันและสามารถสื่อความหมายได้	4.63	0.80	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.52	0.56	มากที่สุด

5. ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านประโยชน์และการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านประโยชน์และการนำไปใช้จำนวน 46 คน พบว่าได้เว็บไซต์ที่มีความพึงพอใจด้านประโยชน์และการนำไปใช้อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.57, ส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน = 0.51) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 5 เรื่อง โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่า ระดับความพึงพอใจดี คือ การสืบค้นข้อมูลและการดาวน์โหลดข้อมูลง่ายและสะดวกรวดเร็ว มีค่าเฉลี่ย 4.63 เป็นแหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.60 ความสวยงาม ความรวดเร็วในการเข้าถึงหน้าเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ย 4.58 สามารถเป็นแหล่งความรู้ได้ มีค่าเฉลี่ย 4.53 มีช่องทางการติดต่อสอบถามและให้ข้อเสนอแนะ มีค่าเฉลี่ย 4.53

ตอนที่ 3 : ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของเว็บไซต์ สำหรับด้านประโยชน์และการนำไปใช้

ด้านประโยชน์และการนำไปใช้	ค่าเฉลี่ย	S.D	แปลความหมาย
ความรวดเร็วในการเข้าถึงหน้าเว็บไซต์	4.58	0.54	มากที่สุด
การสืบค้นข้อมูลและการดาวน์โหลดข้อมูลง่ายและสะดวกรวดเร็ว	4.63	0.53	มากที่สุด
สามารถเป็นแหล่งความรู้ได้	4.53	0.78	มากที่สุด
เป็นแหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน	4.60	0.67	มากที่สุด
มีช่องทางการติดต่อสอบถามและให้ข้อเสนอแนะ	4.53	0.67	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.57	0.51	มากที่สุด

6.สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ 2) เพื่อเพิ่มช่องการจัดจำหน่ายสินค้าเครื่องปั่นดินเผา เช่น กระถานต้นไม้ ครก หม้อสุกกี้ 3) เพื่อศึกษาความพึ่งพอใจ ต่อการใช้งานเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์ 3) ความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ สามารถนำมาใช้ในการให้บริการระบบการพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ระบบเป็นอย่างดี เข้าถึงระบบได้ง่ายขึ้น ไม่ซับซ้อน มีความเรียบง่าย ดูสบายตา และมีการปรับปรุงระบบเป็นปัจจุบัน ทันสมันต่อเหตุการณ์ต่างๆ โดยจากผลการประเมินของผู้ใช้งานระบบพบว่า เว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ระดับดี ($\bar{x}$ เท่ากับ 4.54 และ S.D เท่ากับ 0.47) และมีคุณภาพด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์อยู่ระดับดี ($\bar{x}$ เท่ากับ 4.52 และ S.D เท่ากับ 0.56) และมีคุณภาพด้านประโยชน์และการนำไปใช้อยู่ระดับดี ($\bar{x}$ เท่ากับ 4.57 และ S.D เท่ากับ 0.51)

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานคอมพิวเตอร์เพื่อธุรกิจ เรื่อง “การพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้ากรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มอาชีพเครื่องปั้นดินเผาเตาหม้อ” ได้รับการสนับสนุนการให้คำปรึกษาการชี้แจงรายละเอียดกระบวนการทำงานที่เป็นทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อคณะผู้จัดเป็นอย่างสูง ซึ่งทำให้โครงงานดังกล่าวลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงใคร่ขอขอบคุณบุคคลต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ศิวพร นาคอุดม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการดำเนินงานให้โครงงานฯ มีความถูกต้องและช่วยแนะนำปรับปรุงในการจัดรูปเล่มโครงงานฯให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานเล่มนี้

ขอขอบคุณนายบุญดอน วิทยามาศ ตำแหน่งเจ้าของกิจการ ที่ให้ข้อมูลและให้ความรู้รวมไปถึงการอำนวยความสะดวกแก่คณะผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่จัดทำโครงงาน

8. เอกสารอ้างอิง

[1] โปรแกรมออกแบบกราฟิกที่คนไม่เป็นโปรแกรมอะไรเลยก็ใช้ได้ canva. คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร. (2563). สืบค้นจาก https://clib.psu.ac.th/

[2] นาโกมาห์ สตูดิโอ. (2560). เอกสารประกอบการสอน. สืบค้นจาก https://nakomah.com/

[3] รัชนีไพศาลและคณะ. (2556). การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ E-Commerce. สืบค้นจาก http://cms.dru.ac.th/

[4] นางสาวเกศศินี อ่ำกอง. (2560). ตัวอย่างแผนภาพบริบท. สืบค้นจาก http://pineapplenice.blogspot.com/

[5] โปรแกรม WordPress version 5.8.3. (2557) ออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์. สืบค้นจาก www.wpthaiuser.com

[6] นายนที ดีสุข. (2548). แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอนทิตี้ สืบค้นจาก https://sites.google.com/

[7] Perawat Jins. (2560). Draw.io เครื่องมือสร้างไดอะแกรม. สืบค้นจาก https://www.glurgeek.com/.

การเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการสกัดโปรตีนที่ใช้กับใบอ่อนลำไยด้วย sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis ร่วมกับ mass spectrometry

Optimization of protein extraction method applied to longan young leaves by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis combined with mass spectrometry

ฤกษ์สิญาภรณ์ กิ้มเส้ง[1] เอกวิทย์ ตรีเนตร[1] อัจฉรา แกล้วกล้า[1] สิริวัฒน์ บุญชัยศรี[2]
วินัย วิริยะอลงกรณ์[3] และ วัชรินทร์ จันทวรรณ[3]

*[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้เชียงใหม่
[2]สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
[3]สาขาวิชาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
*Email: ekawit73@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาทางด้านโปรติโอมิกส์ในใบอ่อนลำไยเพื่อใช้ในการติดตามระยะการติดดอก งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบวิธีสกัดโปรตีน 4 วิธี ได้แก่ M1 (2 % PVPP ใน 0.25 M Tris-HCl buffer pH 6.8), วิธี M2 (20 mM citrate, 160 mM di-sodium phosphate), วิธี M3 (0.5 Tris-HCl pH 7.2, 2% PVPP, 1.5% SDS, 2% β-mercaptoethanol, 0.02% PMSF, 0.06% Na-EDTA และ 2% Tween 20) และวิธี M4 (Phenol/trichloroacetic acid) หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แบบแผนโปรตีนตามเทคนิค sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAEG) ที่ย้อมด้วย Coomassie brilliant blue R-250 พบว่าวิธี M1 มี 1 แถบโปรตีน (20.98 KDa), วิธี M2 มี 2 แถบโปรตีน (66.17 , 78.35 KDa), วิธี M3 มี 3 แถบโปรตีน (28.44, 68.44 และ 78.34 KDa) และวิธี M4 มี 6 แถบโปรตีน (17.07 , 18.97 , 24.02 , 25.70 , 74.47 และ 81.04 KDa) ดังนั้นวิธี M4 มีการแสดงออกของโปรตีนและความคมชัดมากกว่าวิธีอื่น เมื่อเรานำแถบโปรตีนของวิธี M4 ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี LC-MS/MS สามารถระบุโปรตีนได้ 2 ชนิด ได้แก่ BRCT domain-containing protein จำนวน 2 ชิ้นส่วน (17.07 และ 18.97 KDa), Vegetative storage protein จำนวน 2 ชิ้นส่วน (24.02 และ 25.70 KDa) และโปรตีนที่ไม่สามารถระบุได้จำนวน 2 ชิ้นส่วน (74.47 และ 81.04 KDa) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ ดังนั้นการสกัดด้วยวิธี M4 จึงมีความเหมาะสมในการใช้ศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: โปรตีโอมิกส์ ใบลำไยอ่อน การสกัดโปรตีน

Abstract

Proteomics study in longan young leaves for tracking flowering stage, four methods of protein extraction in this research were M1 method (2 % PVPP in 0.25 M Tris-HCl buffer pH 6.8), the M2 method

(20 mM citrate, 160 mM di-sodium phosphate), the M3 method (0.5 Tris-HCl pH 7.2, 2% PVPP, 1.5% SDS, 2% β-mercaptoethanol, 0.02% PMSF, 0.06% Na-EDTA and 2% Tween 20) and the M4 method (Phenol/trichloroacetic acid). After that the samples were analyzed for protein patterns according to sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAEG) technique stained with Coomassie brilliant blue R-250. It was found that the M1 method contained 1 protein band (20.98 KDa), the M2 method contained 2 protein bands (66.17 , 78.35 KDa), the M3 method contained 3 protein bands (28.44, 68.44 and 78.34 KDa), and the M4 method contained 6 protein bands (17.07 , 18.97 , 24.02 , 25.70 , 74.47 and 81.04 KDa). Therefore, the M4 method had more protein expression and clarity than other methods. When M4 protein band was diagnosed by LC-MS/MS method, two protein types could be identified that were BRCT domain-containing protein amount of 2 fragments (17.07 and 18.97 KDa), vegetative storage protein amount of 2 fragments (24.02 and 25.70 KDa) and unidentified protein of 2 fragments (74.47 and 81.04 KDa) accorded with previous research. Consequently, the M4 extraction method was suitable for further study.

Keywords: Proteomics, young longan leaves, protein extraction

1. บทนำ

ลำไยถือว่าเป็นพืชผลทางเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับต้นๆ ของประเทศไทย โดยเฉพาะทางภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน มีผลผลิตของลำไยที่สามารถส่งออกจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ มีทั้งผลสด ผลอบแห้ง แช่แข็ง และผลิตภัณฑ์ลำไยกระป๋อง ซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศ ถิ่นกำเนิดจากประเทศจีนทางตอนใต้ได้แพร่เข้าสู่อินเดีย ลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ ประเทศไทยนั้นสันนิษฐานว่ามาจากจีนทางตอนใต้ ในผลของลำไยนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการจึงถือได้ว่าลำไยเป็นไม้ผลที่ให้พลังงานที่สูง มีน้ำตาล 3 ชนิด และใบของลำไยประกอบไปด้วยสารชีวโมเลกุลถือเป็นสารที่สำคัญในกระบวนการต่างๆของพืช ดังนั้นการศึกษาการแสดงออกของโปรตีนในระหว่างการพัฒนาของใบลำไยจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ทำให้เข้าใจกระบวนการภายในใบลำไยในระหว่างการเจริญเติบโตและความสอดคล้องต่อกระบวนการออกดอกติดผลของลำไย การศึกษาการสกัดในใบลำไยมีกระบวนการศึกษาหลากหลายลักษณะทั้งศึกษาโปรตีนเชิงปริมาณและศึกษาโปรตีนเชิงคุณภาพ การสกัดโปรตีนจากใบลำไยเพื่อนำมาใช้ในเทคนิคโปรตีโอมิกส์มีความสำคัญในการดูโปรตีนที่แสดงออกจากใบลำไย [1] งานวิจัยที่ผ่านมายังมีการศึกษาการสกัดโปรตีนออกจากส่วนต่างๆของลำไยไม่ว่าจะเป็น ใบ เปลือก เมล็ด และเนื้อ สำหรับการศึกษาหาสารสกัดที่เหมาะสมกับใบลำไยพันธุ์ดอในระยะใบแก่ตามด้วยการแยกชนิดโปรตีนโดยใช้เทคนิค sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) ได้เริ่มโดยเชาวลิต ในปี 2557 [1] และในปีเดียวกันมีการศึกษาใบลำไยพันธุ์ดอในระยะใบแก่โดยใช้เทคนิค 2D-gel ที่กระทำโดยไกรกิจ [2] หลังจากนั้นก็มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาโปรตีโอมิกส์ในใบลำไยระยะใบแก่โดยใช้ข้อมูลดังกล่าว [3][4] สำหรับการศึกษาด้านโปรติมิกส์ของใบอ่อนลำไยพันธุ์ดอยังไม่มีผลการศึกษาที่ชัดเจน ซึ่งในใบอ่อนมีการตอบสนองของพืชต่อสภาวะความเครียดที่เกิดขึ้นกับใบได้ [5] และการศึกษาในระดับโปรตีโอมิกส์กับใบอ่อนของลำไยจะช่วยให้ได้รับข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับหน้าที่ของโปรตีน ที่แสดงออก ปฏิสัมพันธ์กับกระบวนการอื่นของพืชได้ [6] ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงต้องการศึกษาความแตกต่างของแถบโปรตีนในใบอ่อนลำไยด้านโปรตีโอมิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการนำวิธีการไปใช้กับการศึกษาด้านโปรตีโอมิกส์ในขั้นสูงต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนในใบอ่อนลำไยในระยะการติดดอกด้วยวิธีต่างๆ

2.เพื่อศึกษาการแสดงออกของแถบโปรตีนในใบอ่อนลำไย

ประโยชน์การวิจัย

1.ได้วิธีการสกัดที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนในใบอ่อนลำไย

2.ได้ผลการศึกษาทางด้านโปรติโอมิกส์ในการระบุชนิดของโปรตีนในใบอ่อนลำไย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การเตรียมเนื้อเยื่อหรือโปรตีนตัวอย่างที่ต้องการ (tissue/protein preparation)

ทำการสกัดโปรตีนจากตัวอย่างใบอ่อนลำไยในช่วงระยะการติดดอกเก็บเวลา 9.00 น.- 10.00 น.จากสวนลำไยของเกษตรกรที่ ต.แม่แฝก อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ มาทำการสกัดโปรตีน เพื่อหาสารสกัดโปรตีน (lysis buffer) ในเงื่อนไขเจลอิเล็กโทรโฟรีซีสที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบเทคนิคการสกัดโปรตีนในใบลำไยพันธุ์ดอ ซึ่งขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อเข้าสู่การสกัดในแต่ละเทคนิคมีขั้นตอนดังนี้ นำใบลำไยมาล้างใบให้สะอาดแล้วทำการนำใบลำไยดึงก้านใบออก แล้วนำไปตัดให้มีขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 cm ชั่งน้ำหนักทั้งหมดโดยรวม หลังจากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งบดโดยใช้ไนโตรเจนเหลว เพื่อรักษาสภาพของตัวอย่างใบลำไย เก็บรักษาไว้ที่ -20 °C ต่อมาจึงนำตัวอย่างเข้าสู่วิธีการสกัด 4 วิธี ดังนี้

1) วิธีการสกัดด้วย extraction solution ชนิดที่ PVPP ใน Tris-HCl buffer pH 6.8 (M1) ตามวิธีการรายงานวิจัยของ เชาวลิต ปี พ.ศ. 2558 [1]

- นำใบลำไย ชั่ง 1.000 g จากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งบดเติมสารละลาย 2 % PVPP ใน 0.25 M Tris-HCl buffer pH 6.8 ปริมาตร 6 ml ด้วยอัตราส่วน 1:6 (ใบลำไย:สารละลาย) แล้วนำไปบดต่อจนเป็นเนื้อเดียวกัน

- นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 4 °C ความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 30 นาที เก็บสารละลายส่วนใสด้านบนที่ได้มาเก็บรักษาไว้ที่ตู้แช่ -20 °C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

2) วิธีการสกัดด้วย extraction solution ชนิดที่ citrate ใน Na-phosphate buffer pH 6.8 (M2) ตามวิธีการรายงานวิจัยของ Desclos ปี ค.ศ. 2008 [5]

- นำใบลำไย ชั่ง 1.000 g จากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งบด เติม citrate Na-phosphate buffer pH 6.8 ประกอบด้วย 20 mM citrate and 160 mM di-sodium phosphate ปริมาตร 6 ml ด้วยอัตราส่วน 1:6 (ใบลำไย : สารละลาย) บดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- นำสารละลายมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 4°C ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 60 นาที จากนั้นนำส่วนที่ใสเหนือตะกอนมาเก็บรักษาไว้ที่ตู้แช่ -20 °C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3) วิธีการสกัดด้วย extraction solution ชนิดที่ 2% PVPP, 1.5% SDS, 2% β-mercaptoethanol, 0.02% PMSF, 0.06% Na-EDTA และ 2% Tween 20 ใน Tris-HCl pH 7.2 (M3) ตามวิธีการรายงานวิจัยของ วิทยาและธนะชัย ปี พ.ศ 2549 [7]

- นำใบลำไย ชั่ง 1.000 g จากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งบดโดยใส่ extraction buffer 2% PVPP, 1.5% SDS, 2% β-mercaptoethanol, 0.02% PMSF, 0.06% Na-EDTA และ 2% Tween 20 ใน Tris-HCl pH 7.2 ด้วยอัตราส่วน 1:6 (ใบลำไย:สารละลาย) แล้วทำการบดให้ละเอียด ต้องทำการบดในสภาวะที่เย็นเพื่อป้องกันโปรตีนถูกทำลาย

- นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ใส่หลอดไมโครเซ็นตริฟิวก์ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง 14,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 30 นาที ที่ 4 °C เก็บส่วนสารละลายใสด้านบนเหนือตะกอนมาเก็บสารละลายโปรตีนที่สกัดจากใบลำไยเก็บรักษาไว้ที่ -20 °C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

4) วิธีการสกัดด้วย extraction solution ที่มี Phenol/Trichloroacetic acid (M4) ตามงานวิจัยของ Akasha และคณะ ในปี ค.ศ. 2007 [8]

-นำใบลำไย ชั่ง 1.000 g จากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งบด เติมอะซิโตนเย็น 15 ml บดให้ละเอียด นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 8,000 รอบต่อนาที ที่อุณภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นล้างตะกอนด้วยอะซิโตนเย็นจัด แล้วปล่อยให้ตะกอนแห้งที่อุณภูมิห้อง

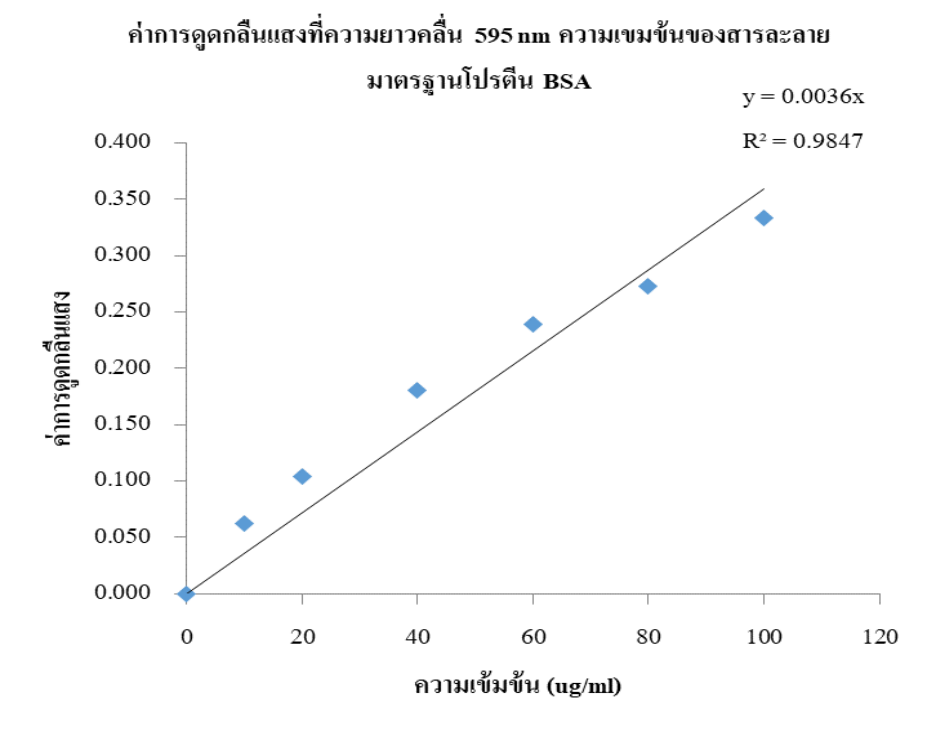
-นำตะกอนที่แห้งแล้วมาละลายกลับคืนด้วยสารละลาย resolution (9 M urea, 4% w/v CHAPS, 1% w/v DTT,1% v/v carrier ampholytes pH 3–10, 35 mM Tris base) ปริมาตร 6 ml. แล้วนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที ที่ 4 °C เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำสารละลายเก็บไว้ใน -20 °C แล้วนำสารละลายไปทดลองขั้นต่อไป

การทดสอบผลการสกัดด้วยเทคนิคโปรติโอมิกส์แบบ SDS-PAGE โดยการวัดปริมาณโปรตีนของสารสกัดจากใบอ่อนลำไยด้วยวิธี Bradford assay ตามวิธีของ Caprette และคณะ [9] หลังจากนั้นทำการเตรียม SDS-PAGE โดยใช้สารละลายเจลที่มีส่วนประกอบของ stacking gel (4%) และ separating gel (12.5%) จากนั้นใส่สารสกัดแต่ละวิธีตามปริมาตรที่คำนวณได้ลงใน stacking gel โดยทำการใส่ standard protein marker ที่ช่องแรกทางซ้ายมือ หลุมต่อมาทำการใส่ egg albumin ทำการเว้น 1 หลุม หลุมถัดไปจะใส่สารสกัดตามวิธีต่างๆ โดยเตรียมที่สภาวะ reducing โดยมีการเติม β-mercaptoethanol ใน loading buffer ที่อัตราส่วน 1:1 โดยใช้ปริมาตรที่ 20 µl ต่อหลุม หลังจากนั้นทำการแยกโปรตีนด้วย polyacrylamide gel โดยใช้กระแสไฟฟ้า 20 mA/gel เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยโมเลกุลโปรตีนจะถูกคัดกรอง โดยโมเลกุลขนาดเล็กจะออกมาก่อน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการนำเจลมาย้อมสี Coomassie brilliant blue R-250 15 นาที จากนั้น destaining 6 ชั่วโมง จะได้เจลที่เหมาะสม เจลที่ได้จากการศึกษาโปรตีนในใบอ่อนลำไย ด้วยเทคนิค SDS-PAGE จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ gel documentation system และหาคุณสมบัติของโปรตีนในเจล (ค่า molecular weight) ด้วยโปรแกรม GeneSnap version 7.04.05 แล้วทำการตัดแถบโปรตีนจากเจลนำไปวิเคราะห์หาชนิดของโปรตีนโดยใช้เทคนิค liquid chromatography-mass spectrometry ทำการหาชนิดของโปรตีน โดยนำข้อมูลเบื้องต้นของ MS นำมาประมวลผลด้วย MaxQuant software (version 1.6.2.10) ควบคู่กับ built-in search engine, Andromeda แล้ววิเคราะห์ด้วยฐานข้อมูลลำไยที่ได้จาก www.uniprot.org

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาการหาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Bradford assay ในการหาความเหมาะสมต่อการแสดงออกของโปรตีนที่ศึกษาด้วยเทคนิค SDS-PAEG ได้มีการทำกราฟมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA) ปรากฏดังรูปที่ 1

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นสำหรับการหาปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของแต่ละวิธี เพื่อเปรียบเทียบวิธีการหาปริมาณโปรตีนทั้ง 4 วิธี ซึ่งปรากฏว่าวิธีการหาปริมาณโปรตีนทั้ง 4 วิธี ได้ค่าปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกัน โดยได้ค่าปริมาณโปรตีน 0.24±0.025, 0.23±0.045, 0.19±0.043 และ 0.47±0.091 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ซึ่งค่าปริมาณโปรตีนดังกล่าวนำมาคำนวณการหยอดเจล SDS-PAGE ที่ 20 ไมโครกรัมต่อหลุม ดังตารางที่ 1 ให้ผลการแสดงออกของโปรตีนใน SDS-PAGE ดังในรูปที่ 2 ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SDS-PAEG ที่ย้อมด้วย Coomassie brilliant blue R-250 พบว่าการสกัดโปรตีนของวิธี M1 มี 1 แถบโปรตีน (20.98 KDa) วิธี M2 มี 2 แถบโปรตีน (66.17 และ 78.35 KDa) วิธี M3 มี 3 แถบโปรตีน (28.44, 68.44 และ 78.34 KDa) และวิธี M4 มี 6 แถบโปรตีน (17.07, 18.97, 24.02, 25.70, 74.47 และ 81.04 KDa) ซึ่งวิธี M4 ให้จำนวนแถบและความคมชัดมากกว่าวิธีการอื่น ดังนั้นการสกัดด้วยวิธี M4 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด

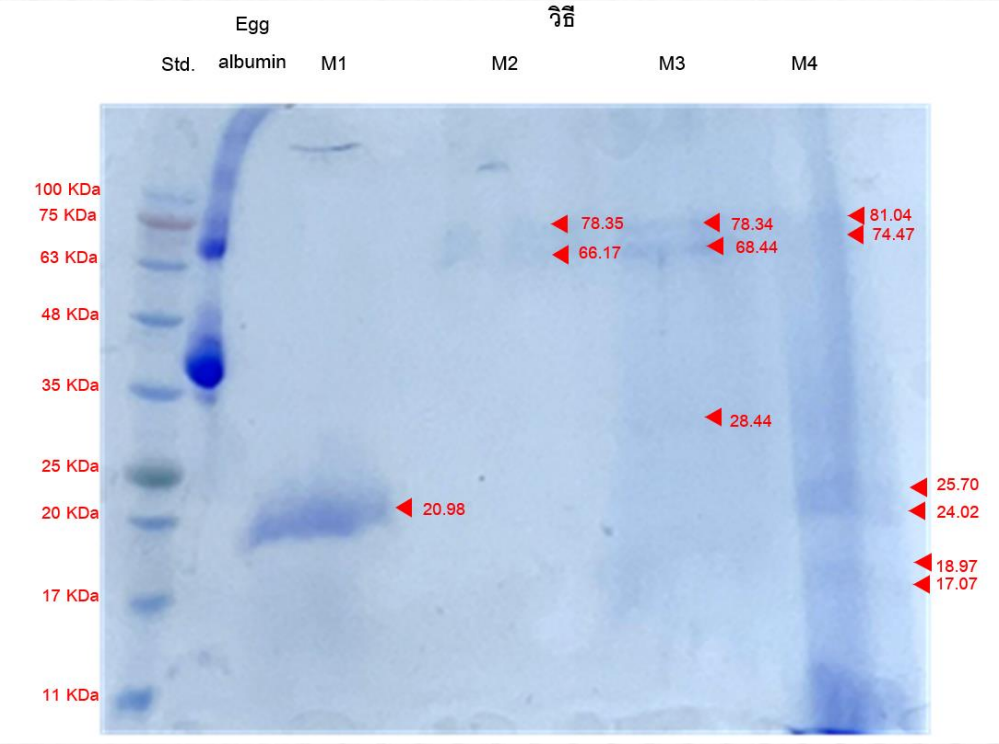


รูปที่ 1 กราฟมาตรฐาน Bradford

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแต่ละวิธี

วิธี	ปริมาณโปรตีน Mean±SD (µg/µl)	ปริมาณตัวอย่างที่ 20 µg ที่หยอด (µl)	ปริมาตรรวมในการหยอดผสม loading buffer (1:1)
M1	0.24±0.025	83.3	166.5
M2	0.23±0.045	88.5	177.0
M3	0.19±0.043	111.6	223.1
M4	0.47±0.091	43.5	86.9

เมื่อนำแถบโปรตีนของวีธี M4 ในเจล SDS-PAGE วิเคราะห์หาชนิดของโปรตีนด้วยวิธี LC-MS/MS ดังตารางที่ 2 สามารถระบุโปรตีนได้ 2 ชนิด ได้แก่ vegetative storage protein จำนวน 2 ชิ้นส่วน (24.02 และ 25.70 KDa) และ BRCT domain-containing protein จำนวน 2 ชิ้นส่วน (17.07 และ 18.97 KDa) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้พบโปรตีนที่ไม่สามารถระบุได้จากวิธี M4 จำนวน 2 ชิ้นส่วน (74.47 และ 81.04 KDa) แสดงให้เห็นว่าในการศึกษาครั้งนี้วิธีการสกัด M4 ให้จำนวนแถบโปรตีนมากที่สุดแต่มีโปรตีนหลักเพียง 2 ชนิด คือ vegetative storage protein และ BRCT domain-containing protein



รูปที่ 2 วิธีสกัดโปรตีนจากใบอ่อนลำไยหลังทำการหาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี M1-M4 ตามลำดับ ในเจล SDS-PAGE ที่สภาวะรีดิวซิง โดยใช้การย้อมสีด้วยวิธี Coomassie brilliant blue R-250 ซึ่งเป็นเจลที่มีความเข้มข้น 12.5%

ตารางที่ 2 วิเคราะห์หาชนิดโปรตีนใน 6 แถบโปรตีน (1-6) ในเจลแบบ SDS-PAGE ของใบอ่อนลำไยที่สกัดด้วยวิธี M4 ด้วยเทคนิค LC-MS/MS

Protein bands	Accession	Calculated MW (in gel)	Protein types MW (in MS)	Score	Sequences	Matches
1	A0A2H5Q0V4|A0A2H5Q0V4_CITUN	81.04 KDa	Uncharacterized protein (Fragment) (43.60 KDa)	28	1 (1)	1 (1)
2	A0A5C7HHL2|A0A5C7HHL2_9ROSI	74.47 KDa	Uncharacterized protein (76.95KDa)	38	1 (1)	1 (1)
3	Q0Z928|Q0Z928_LITCN	25.70 KDa	Vegetative storage protein (25.16 KDa)	168	1 (1)	6 (5)

4	Q0Z928|Q0Z928_LITCN	24.02 KDa	Vegetative storage protein (25.16 KDa)	168	1 (1)	6 (5)
5	A0A067HH66|A0A067HH66_CITSI	18.97 KDa	BRCT domain-containing protein (10.97KDa)	35	1(1)	1(1)
6	A0A067HH66|A0A067HH66_CITSI	17.07 KDa	BRCT domain-containing protein (11.06 KDa)	35	1(1)	1(1)

สำหรับโปรตีนที่ได้จากวิธี M4 พบว่า vegetative storage protein มีรายงานการศึกษาได้ใน Langheinrich และ Tischner พบว่าโปรตีนชนิดนี้สามารถมีขนาดของ subunit ได้ 32 และ 36 KDa โดยโปรตีนชนิดนี้มีความสำคัญทางเมตาบอลิซึม ซึ่งจะมีการสะสมอาหารของพืชเมื่อเปลี่ยนฤดูกาล [10] นอกจากนี้ Liu และคณะได้รายงานมีการพบโปรตีนชนิดนี้ในพืช *Sapindus mukorassi* อยู่ในวงศ์ Sapindaceae เช่นเดียวกันกับลำไย โดยมีความเกี่ยวข้องกับการยับยั้งเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งพบโปรตีนชนิดนี้มีการลดลงอย่างชัดเจนในช่วงการพัฒนาของราก และอาจมีความสำคัญในการเก็บสะสมไนโตรเจนช่วงเปลี่ยนฤดูกาล [11] สำหรับการศึกษาของ Franceschi และคณะ พบว่าการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่วมีความเกี่ยวข้องกับโปรตีนชนิดนี้ [12] และงานวิจัยของ Staswick ได้พบการแสดงออกของโปรตีนชนิดนี้ที่ใบของถั่ว [13] สำหรับรายงานในปัจจุบันของ Dhont และคณะ มีผลการวิจัยที่ยืนยันโปรตีนชนิดนี้ช่วยในการเจริญเติบโตของพืชในฤดูใบไม้ผลิ [14] ดังนั้นการพบโปรตีนชนิดนี้ในใบอ่อนลำไยจึงมีความสอดคล้องกับการศึกษาในใบแก่ลำไยที่ผ่านมา [3,4] สำหรับ BRCT domain-containing protein ที่พบในวิธีการสกัด M4 มีหน้าที่ควบคุมตรวจสอบความเสียหายของ DNA หรือทำการซ่อมแซม DNA หรือทั้งสองอย่าง ดังนั้น โปรตีนที่มีโดเมน BRCT น่าจะมีส่วนร่วมในการตอบสนองของเซลล์ต่อความเสียหายในระดับของ DNA เพื่อป้องกันการกลายพันธุ์ของสายพันธุกรรม นอกจากนี้โดเมน BRCT มีคุณสมบัติในกระบวนการฟื้นตัว เช่น เป็นโปรตีนที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการประสานงานการจัดหาเอนไซม์ซ่อมแซมไปยังส่วนที่เสียหาย [15] อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นใบลำไยในระยะใบอ่อน ซึ่งมีกระบวนการเมทาบอลิซึมที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่เป็นระยะใบแก่ ดังนั้นสภาวะใบของลำไยอาจมีกระบวนการแสดงออกของโปรตีนที่แตกต่างกันได้

4. บทสรุป

จากงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบของโปรตีนในใบอ่อนลำไย เพื่อการเปรียบเทียบโปรตีนที่ได้จากการสกัดทั้ง 4 วิธี พบว่าการหาปริมาณโปรตีนจากการสกัดด้วยวิธี Bradford assay ได้ค่า R^2 จากกราฟโปรตีนมาตรฐานที่ 0.9847 ซึ่งมีปริมาณของโปรตีนที่สกัดได้จากใบอ่อนลำไยเหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านโปรติโอมิกส์ด้วยเทคนิค SDS-PAGE ซึ่งผลปรากฏว่าในการสกัดหาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี M4 มีความเหมาะสมในการหาแถบโปรตีนในใบอ่อนลำไย เนื่องจากว่าวิธี M4 มีการแสดงออกของแถบโปรตีนที่ชัดเจนและมีแถบโปรตีนเยอะที่สุด จากนั้นนำแถบโปรตีนของวิธี M4 ไปวิเคราะห์ผลโดย electrophoresis ซึ่งนำผลของแถบโปรตีนมาทำการวิเคราะห์ชนิดของโปรตีนด้วยเทคนิค LC-MS/MS พบว่าในใบอ่อนลำไยมี

โปรตีนที่เหมือนกัน ชื่อ vegetative storage protein มีขนาดโมเลกุล 24.02 และ 25.70 KDa และสำหรับแถบโปรตีน BRCT domain-containing protein มีขนาดโมเลกุล 17.07 และ 18.97 KDa ดังนั้นในงานวิจัยนี้การสกัดโปรตีนแบบวิธี M4 ได้ปรากฏให้เห็นแถบโปรตีนที่ชัดเจน และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนโครงการวิจัย ประจำปี 2565ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ชวลิต กองแก้ว. การศึกษากระบวนการสกัดโปรตีนจากใบลำไยพันธุ์ดอเพื่อการวิเคราะห์ด้านโปรตีโอมิกส์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้; เชียงใหม่. 2558.

[2] ไกรกริช อุตมะ. การวิเคราะห์แบบแผนโปรตีนในใบลำไยพันธุ์ดอโดยใช้เทคนิคการแยกอิเล็กโทรโฟรีซีสในหนึ่งมิติและสองมิติ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้; เชียงใหม่. 2558.

[3] อัญชนา จรรยา. การวิเคราะห์แบบแผนโปรตีนในใบลำไยพันธุ์ดอโดยใช้ เทคนิคการแยกอิเล็กโทรโฟรีซีสในหนึ่งมิติและสองมิติ.มหาวิทยาลัยแม่โจ้; เชียงใหม่. 2560.

[4] ยศพร แก้วกาหลง. การศึกษาโปรติโอมิกส์จากใบ เปลือก และเมล็ดของลำไยสายพันธุ์ดอ (*Dimocarpus longan* Lour. var. Daw) ในระยะการเจริญเติบโต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้; เชียงใหม่.2560

[5] M. Desclos. A proteomic profiling approach to reveal a novel role of *Brassica napus* drought 22 kD/water-soluble chlorophyll-binding protein in young leaves during nitrogen remobilization induced by stressful conditions. *Plant Physiology*. 147 (2008) 1830–1844.

[6] C. Susawaengsup. Investigation of plant hormone level changes in shoot tips of longan *(Dimocarpus longan* Lour.) treated with potassium chlorate by liquid chromatography–electrospray ionization mass spectrometry. *Talanta*. 85 (2011) 897–905.

[7] วิทยา ศิลปะสมบูรณ์ และ ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในใบลำไยก่อนการออกดอก ที่ชักนำด้วยโพแทสเซียมคลอเรต. วารสารเกษตร 22 (2549) 49-54.

[8] I. Akasha, L. Campbell, J. Lonchamp, S. R. Euston. The major proteins of the seed of the fruit of the date palm (*Phoenix dactylifera L.*): Characterisation and emulsifying properties. *Food Chemistry.* 197 (2016) 799–806.

[9] D.R. Caprette. (2022). (21 May 2565) Hartree-Lowry and modified Lowry protein assays. Available: https://www.ruf.rice.edu/ ~bioslabs/methods/protein/lowry.html

[10] U. Langheinrich and R. Tischner. vegetative storage roteins in poplar: induction and characterization of a 32- and a 36-kilodalton polypeptide. *Plant Physiology.* 97 (1991) 1017-1025.

[11] S.B. Liu, X.C. Wang, M.J. Shi, Y. Chen, Z.H. Hu and W.M. Tian. Vegetative storage protein with trypsin inhibitor activity occurs in *Sapindus mukorassi*, sapindaceae deciduous tree. *J INTEGR PLANT BIOL*. 51 (2009) 352–359

[12] V.R. Franceschi, V.A. Vittenbach and R.T. Giaquinta. Paraveinal mesophyll of soybean leaves in relation to assimilate transfer and compartmentation. III. Immunohistochemical localization of specific glycopeptides in the vacuole after depodding. *Plant Physio*. 72 (1983) 568-589.

[13] P.E. Staswick. Developmental regulation and the influence of plant sinks on vegetative storage protein gene expression in soybean leaves. *Plant Physio*. 89 (1989) 309-315.

[14] C. Dhont, Y. Castonguay, J.C. Avice and F.P. Chalifour. VSP accumulation and cold-inducible gene expression during autumn hardening and overwintering of alfalfa. *J. Exp. Bo*. 57 (2006) 2325-2337.

[15] D. Stuart. The Mechanisms of DNA Replication. 20th Ed, Canada, 2013

การผลิตเพคตินจากเปลือกส้มโอเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

Production of pectin from grapefruit peels for use in food products

กรวรรณ นาวิก[1] ญาณิศา แก้วพริ้งเดชากุล[1] บุศยา ภูมี[1] และ ณัฐณิชา ทวีแสง[2*]

[1]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
[*]Email: natnicha@kru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอ และศึกษาคุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ โดยการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่มีค่า pH 1 ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการสกัด 60 และ 90 นาที พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีปริมาณผลผลิตเพคตินสูงที่สุด เพคตินที่สกัดในสภาวะต่างๆ มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 6.61±0.09 -7.01±0.06 และค่า a_w ของเพคตินที่สภาวะการสกัดต่างๆ อยู่ในช่วง 0.2101±0.00-0.2434±0.01 ค่าความสว่าง (L*) ของเพคติน มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณเมทอกซิลของเพคตินสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีปริมาณสูงที่สุด เพคตินจากเปลือกส้มโอมีปริมาณเมทอกซิล ความชื้น และค่า a_w ต่ำกว่าเพคตินทางการค้า

คำสำคัญ: เปลือกส้มโอ เพคติน เมทอกซิล

Abstract

This purpose of this study was to study the optimum conditions for extracting pectin from grapefruit peels and study the properties of pectin extracted from grapefruit peels It was extracted with hydrochloric acid at pH 1. At 80 and 90 ℃, the extraction time was 60 and 90 minutes. The result showed that extraction at 80 and 90 ℃ time 90 minutes has the highest pectin production. The pectin extracted all conditions with moisture content in the range of 6.61±0.09 -7.01±0.06. And the pectin a_w values at various extraction conditions ranged from 0.2101±0.00-0.2434±0.01. The brightness (L*) of the pectin tended to decrease as the extraction temperature and time were increased. The methoxy content of pectin extracted at 90 ℃ at 90 min was the highest. The pectin from grapefruit peels had lower methoxy, moisture and aw values than commercial pectin.

Keywords: Grapefruit peels, Pectin, Methoxy

1. บทนำ

จังหวัดกาญจนบุรีเป็นแหล่งผลิตผลไม้หลายชนิด จึงทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ผลผลิตทางการเกษตรนี้นอกจากจะสามารถนำไปขายหรือใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ แต่ยังมีส่วนของเปลือกที่ให้เกิดเศษเหลือทิ้ง เป็นสาเหตุให้เกิดขยะจนเกิดขยะในชุมชน ซึ่งในเปลือกผลไม้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเพคติน ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างภายในเซลล์พืช ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร นอกจากนั้นเพคตินยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นเส้นใยอาหารชนิดละลายน้ำ ที่ไม่สามารถย่อยและถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ได้ ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดี ลดความเสี่ยงของอาการท้องผูกลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งลาไส้ใหญ่ ร่วมทั้งช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและระดับคอเลอสเตอรอลในเลือด [1]

เพคติน พบได้ทั่วไปในผนังเซลล์ของพืช เป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ โครงสร้างประกอบด้วย กรดกาแล็กทูโรนิก (galacturonic Acid) และเมทิลกาแล็กทูโรเนต (methyl galacturonate) ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคสิดิก (α-1,4 glycosidic bond) ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว และสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดด่าง เพคตินประกอบไปด้วยน้ำตาล เช่น แรมโนส กาแลกโตส และ อาราบิโนส เป็นต้น [1] เพคตินจัดเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่นำมาใช้ในอาหารหลายประเภท ได้แก่ แยม เยลลี่ ขนมหวาน เครื่องปรุงรส น้ำเชื่อมเข้มข้น น้ำสลัด เครื่องดื่มต่างๆ เป็นต้น เนื่องจากเพคตินมีคุณสมบัติในการเกิดเจล เป็นสารทำให้ข้น และสารที่ทำให้เกิดความเสถียร (stabilizer) รวมทั้งเกิดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารตามที่ต้องการ เช่น สามารถเป็นสารทดแทนไขมัน ในไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ครีมทาขนมปังต่างๆ [1], [2]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอและวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มโอ เพื่อนำเปลือกส้มโอที่เป็นขยะในชุมชน มาเพิ่มมูลค่าและสามารถไปนำไปใช้ในผลิตอาหาร

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเปลือกส้มโอส่วนสีขาว หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปล้างประมาณ 2-3 ครั้ง นำไปปั่นให้ละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบาง และนำเปลือกส้มโอต้มด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่น กรองผ่านขาวบาง และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง และนำไปอย่างไปบดให้ละเอียด เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2 การสกัดเพคติน

2.2.1 นำเปลือกส้มโอจากข้อ 2.1 ชั่งน้ำหนัก 20 กรัม จากนั้นเติมกรดไฮโดรคลอริกค่า pH 1 โดยใช้ในอัตราส่วนของเปลือกส้มโอบดแห้งต่อ ตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 9 (w/v) จากนั้นนำแช่อ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 และ 90 นาที และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 และ 90 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำมาล้างออกด้วยน้ำกลั่นโดยกรองผ่านผ้าขาวบาง และชั่งน้ำหนัก

2.2.2 ทำการตกตะกอนเพคตินโดยเติมเอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วนสารละลายต่อเอทานอล 1:1 (v/v) ใช้แท่งแก้วผสมแรงๆ ให้เข้ากัน จากนั้นตั้งทิ้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองตะกอนเพคตินที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง แล้วล้างด้วยเอธานอล 95% นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนำไปบดให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช นำเพคตินที่ได้มาคำนวณหาร้อยละผลผลิต (% yield)

2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน

2.3.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้า ตามวิธี [3]

2.3.2 วิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIE Lab โดยแสดงค่าสีในรูป L* a* และ b* ด้วยเครื่องวัดค่าสีระบบ CIE Lab บริษัท คัลเลอ โกลโบล

2.3.3 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง water activity

2.3.4 เปอร์เซ็นเมทอกซิล ตามวิธี [4]

2.4 การวิเคราะห์สถิติ

สำหรับการทดลองนี้จะวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ของข้อมูล และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดต่อปริมาณเพคตินจากเปลือกส้มโอ

จากการนำเปลือกส้มโอบดสกัดกรดไฮโดรคลอริกค่า pH 1 ที่สภาวะการสกัดต่างๆ ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีปริมาณผลิตผลิตเพคตินสูงที่สุด เนื่องจากการสกัดที่อุณหภูมิสูงทำให้โมเลกุลของเพคตินละลายและแพร่ได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัย [5] รายงานว่าการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ให้ปริมาณเพคตินสูงที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัย [6] ศึกษาการสกัดเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียวด้วยกรด 3 ชนิด คือ กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริกและกรดซัลฟูริก พบว่าการสกัดด้วยกรดซัลฟูริกที่เวลาในการสกัด 60 และ 90 นาที ได้ร้อยละผลผลิตของเพคตินสูงที่สุด

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิต ของเพคตินที่จากสกัดจากเปลือกส้มโอในสภาวะต่างๆ

สภาวะการสกัด (อุณหภูมิ (^{o}C) : เวลา (นาที)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)
1 (80:60)	8.43 ± 0.24^{b}
2 (80:90)	9.46 ± 0.53^{a}
3 (90:60)	8.76 ± 0.09^{ab}
4 (90:90)	9.47 ± 0.11^{a}

a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพคติน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่า a_w และปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดที่สภาวะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า เพคตินที่สกัดด้วยสภาวะต่างๆ มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 6.61±0.09-7.01±0.06 ค่า a_w ของเพคินที่สภาวะการสกัดต่างๆ อยู่ในช่วง 0.2101±0.00-0.2434±0.01 และพบว่าปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำกว่าเพคตินทางการการค้า ปริมาณเมทอกซิลของเพคตินสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีปริมาณสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้าปริมาณเมทอกซิลของเพคตินทุกสภาวะการสกัดมีปริมาณต่ำกว่าเพคตินทางการค้า สอดคล้องกับงานวิจัย [6] รายงานว่าเพคตินที่สกัดมาจากเปลือกส้มโอมีปริมาณเมธอกซิลร้อยละ 8.99 ปริมาณเมทอกซิลสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณสมบัติการเกิดเจลของเพคติน โดยเพคตินที่มีปริมาณเมทอกซิลสูงจะเกิดเจลได้เมื่ออยู่ในอาหารที่มีของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมากกว่าร้อยละ 55 และใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มี pH ต่ำกว่า 3.5 [7]

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้น ค่า a_w และ ปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดที่สภาวะต่างๆ

สภาวะการสกัด (อุณหภูมิ (°C) : เวลา (นาที)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่า a_w	ปริมาณเมทอกซิล (ร้อยละ)
ทางการค้า	9.54±0.15[a]	0.6175±0.01[a]	11.90±0.62[a]
80:60	6.61±0.09[b]	0.2349±0.03[b]	5.34±0.32[c]
80:90	6.92±0.31[b]	0.2434±0.01[b]	7.50±0.57[b]
90:60	6.87±0.07[b]	0.2285±0.01[b]	8.15±0.36[b]
90:90	7.01±0.06[b]	0.2101±0.00[b]	8.76±0.82[b]

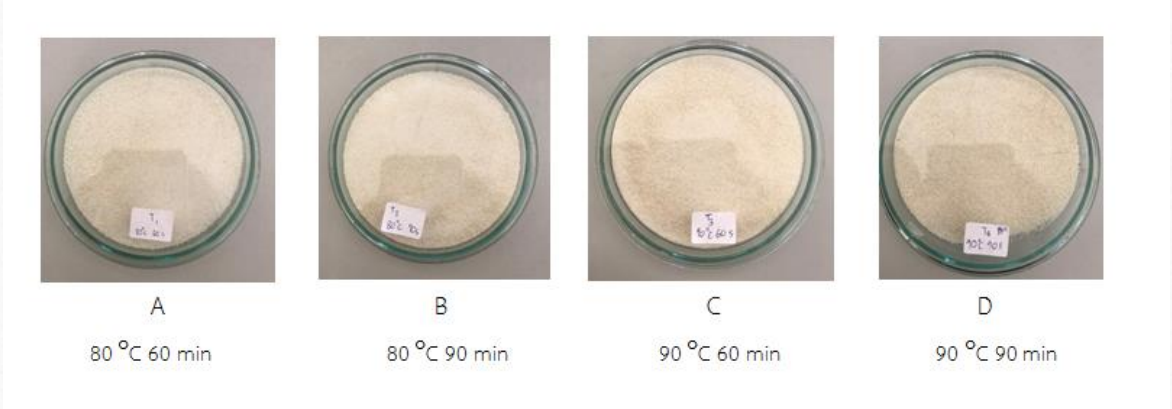
a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ตารางที่ 3 ค่าสีของเพคตินที่จากสกัดจากเปลือกส้มโอในสภาวะต่างๆ

สภาวะการสกัด (อุณหภูมิ (°C) : เวลา (นาที)	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าความเป็นสีแดง (a*)	ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)
ทางการค้า	70.41±0.08[e]	2.40±0.01[a]	14.61±0.02[a]
80:60	94.99±0.23[a]	0.21±0.01[e]	9.97±0.56[e]
80:90	94.34±0.20[b]	0.48±0.01[c]	10.72±0.32[d]
90:60	94.07±0.00[c]	0.42±0.00[d]	11.26±0.00[c]
90:90	92.37±0.00[d]	0.90±0.00[b]	12.38±0.00[b]

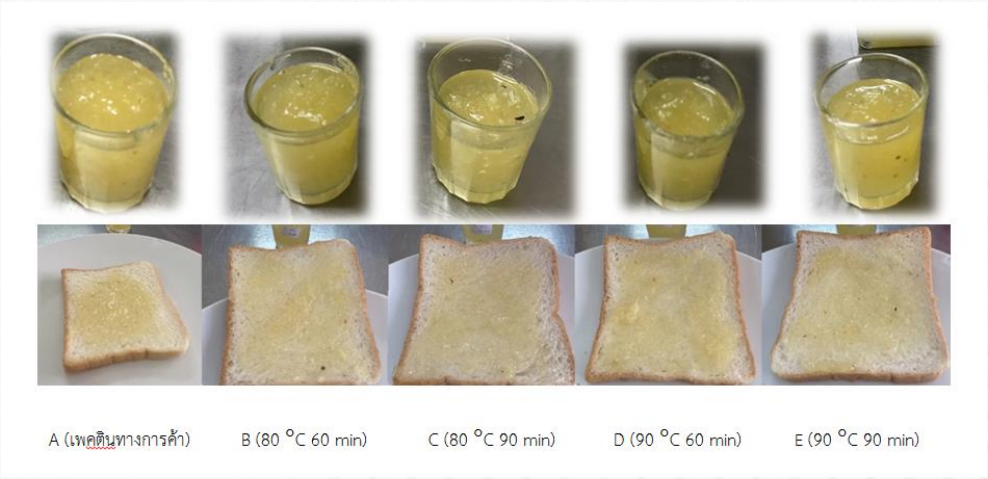
a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

จากตารางที่ 3 แสดงค่าสีของเพคตินที่จากสกัดจากเปลือกส้มโอในสภาวะต่างๆ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของเพคตินที่สภาวะการสกัด อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที มีค่าความสว่างสูงที่สุด และค่าความเป็นสีแดง **(a*)** และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ต่ำที่สุด และพบว่าค่าความสว่าง (L*) ของเพคตินมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับงานวิจัย [6] ศึกษาการสกัดเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียวด้วยกรด พบว่าการสกัดที่เวลา 90 นาที ทำให้สีของเพคตินเข้มเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 เพคตินจากเปลือกส้มโอที่สภาวะการสกัดต่างๆ

ผลจากนำเพคตินจากเปลือกส้มโอ ไปใช้ในการผลิตแยมสับปะรดและนำไปทาบนขนมปัง แสดงดังภาพที่ 2 พบว่า เพคตินจากเปลือกส้มโอทั้ง 4 สภาวะการสกัดสามารถนำมาผลิตแยมสับปะรดได้ ซึ่งแยมสับปะรดที่ผลิตจากเพคตินสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที มีลักษณะของเจลนิ่ม และไม่มีความคงตัว แยมสับปะรดที่ผลิตจากเพคตินสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ลักษณะของเจลมีความแข็งและคงตัว และแยมที่ผลิตจากเพคตินเปลือกส้มโอเจลมีความใสกว่าแยมที่ผลิตจากเพคตินทางการค้า



ภาพที่ 2 แยมสับปะรดที่ผลิตจากเพคตินจากเปลือกส้มโอที่สภาวะการสกัดต่างๆ

4. บทสรุป

จากสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ค่า pH 1 พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีปริมาณผลผลิตเพคตินสูงที่สุด เพคตินสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีปริมาณเมทอกซิลสูงที่สุดร้อยละ 8.76±0.82 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 7.01±0.06 และมีค่า a_w เท่ากับ 0.2101±0.00 ค่าความสว่าง (L*) ของเพคตินมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อนำเพคตินจากเปลือกส้มโอไปผลิตแยมสับปะรด พบว่า เจลของแยมที่ผลิตจากเพคตินสกัดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีความแข็งและคงตัว มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับแยมที่ผลิตจากเพคตินทางการค้า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่ให้ความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรวิทย์ สักแกแก้ว. คุณประโยชน์ของเพคตินจากอาหารเหลือทิ้ง. วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี ปีที่ 14 (2563) ฉบับที่ 1 487-499.

[2] ชินานาฏ วิทยาประภากร และสมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, (2558) 183-189.

[3] AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 18th ed. AOAC international, 2005.

[4] Rangana, S. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruits and Vegetables Products. Tata McGraw Hill Publishing Company Limited New Delhi, 1986.

[5] ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร ราตรี บุมี และภาณุมาส อุ่นสมัย. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มโอด้วยกรดไฮโดรคลอริก การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3, กำแพงเพชร, (2559) ฉบับที่ 2 339-346.

[6] ดุลย์จิรา สุขบุญญสถิต ณัฐกานต์ พรนิคม และณชล นัทยาย. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพคตินจากกระเจี๊ยบเขียว. แก่นเกษตร 46 (2561) ฉบับพิเศษ 1 1418-1423.

[7] นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (25 กรกฎาคม 2565). เพคติน. สืบค้นจาก https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0430/pectin.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Factors Influencing Online Learning Achievement Among Chiang Rai Rajabhat University Students During the COVID-19 Pandemic

ณกมณ คำมาลา[1] สุภารัตน์ เสนารัตน์[1] กัลยาณี สมราช[1] มณุเชษฐ์ มะโนธรรม[1]
พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ[1] และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1*]

[1]แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: phatcharin.win@crru.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์มีปัจจัยหลายๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นปัจจัยนำ ปัจจัยเสริมแรง และปัจจัยเอื้อที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง แบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์และเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรค COVID-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทุกคณะ/สำนัก จำนวน 8,638 คน คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ได้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทุกคณะ/สำนัก จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามออนไลน์ โดยผ่านการตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านได้เท่ากับ .7 และค่าความเที่ยงของแบบสอบถามโดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค) ได้เท่ากับ .831 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ คือ Chi-square Test และ Exact Test

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 58.18 มีช่วงอายุ 18-21 ปี ร้อยละ 81.36 มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.01-4.00 ร้อยละ 48.18 ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 36.59 ศึกษาคณะครุศาสตร์ ร้อยละ 20.45 มีค่าใช้จ่ายต่อเดือน 1,001-5,000 บาท ร้อยละ 45.00 ระดับความคิดเห็นด้านปัจจัยนำอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ ± S.D. = 2.45 ±0.56) ด้านปัจจัยเสริมแรงอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ ± S.D. = 2.26± 0.59) ด้านปัจจัยเอื้ออยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ ± S.D. = 2.33 ± 0.57) ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ พบว่า ปัจจัยนำด้านทัศนคติและปัจจัยเอื้อมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ การเรียนออนไลน์ นักศึกษา โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019

Abstract

There are numerous factors that contribute to the success of online learning, including driving factors, reinforcing factors, and contributing factors that influence online learning achievement. This study

is a cross-sectional descriptive study that can be conducted at any time. The objectives were to study the achievement level of online learning and to study the factors related to the online learning achievement in the situation of the COVID-19 epidemic of 8,638 Chiang Rai Rajabhat University students in all faculties/offices. The sample group using Taro Yamane's formula consisted of 400 students from Chiang Rai Rajabhat University in all faculties/offices. An online questionnaire was used in this study as a research tool. It passed the Index of Item Objective Congruence, which was reviewed by three experts. It is equal to.7. And the Cronbach's alpha Coefficient method is used to determine the questionnaire reliability. It is equal to 831. The data was analyzed using descriptive statistics such as frequency distribution, percentage, mean, and standard deviation to identify data using the analytical statistics: Chi-square Test and Exact Test.

The results of the study found that the majority of the samples (58.18%), aged 18-21 years, (81.36%) with a GPA in the range of 3.01-4.00. (48.18%) were in the third year, (36.59%) studied at the Faculty of Education, (20.45 %) with monthly expenses 1,001-5,000 baht (45.00 %). The level of opinion on the leading factor was at a high level ($\bar{X}$ ± S.D. = 2.45±0.56), on the reinforcing factor was at a high level. At a high level ($\bar{X}$ ± S.D. = 2.26±0.59), on facilitating factors was at a high level ($\bar{X}$ ± S.D. = 2.33 ± 0.57). The analysis of factors related to the online learning achievement of Chiang Rai Rajabhat University students in the COVID-19 pandemic found that leading factors in attitude and facilitating factors were significantly correlated. At the .05 level, it was statistically significant.

Keywords: Achievement, Online Learning, Student, COVID-19 pandemic

1. บทนำ

การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)ทั่วโลก ได้เริ่มต้นขึ้นในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยพบครั้งแรกในนครอู่ฮั่น เมืองหลวงของมณฑลหูเป่ย์ สาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งเป็นเมืองที่มีประชากรมากที่สุดในภาคกลางของประเทศจีนกว่า 19 ล้านคน วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 สำนักงานสาธารณสุขเมืองอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย์ได้ออกประกาศเป็นทางการ พบโรคปอดอักเสบไม่ทราบสาเหตุซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับตลาดอาหารทะเลที่เมืองอู่ฮั่น โดยสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุดในการติดต่อสู่คนคือการสัมผัสกับเนื้อสัตว์ประเภทต่างๆ ที่วางขายในตลาด และเนื่องจากเมืองอู่ฮั่นเป็นเมืองใหญ่ที่มีประชาชนอยู่หนาแน่น จึงทำให้การระบาดแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็วมีผู้ป่วยหนักและผู้เสียชีวิตจำนวนมาก หลังจากพบการระบาดของเชื้อไวรัสสายพันธุ์ใหม่ในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีนแล้ว องค์การอนามัยโลกได้ออกมาระบุว่า ไวรัสชนิดดังกล่าวคือ SARS-CoV-2 เรียกว่า COVID-19 (ย่อมาจาก CO แทน corona, VI แทน virus, D แทน disease และ 19 แทน 2019)ตามการประกาศ ชื่ออย่างเป็นทางการที่ใช้เรียกโรคทางเดินหายใจที่เกิดจากไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ขององค์การอนามัยโลก และพบการแพร่เชื้อจากคนสู่คนผ่านละอองฝอยขนาดเล็ก (aerosol) องค์การอนามัยโลก(WHO) ได้ประกาศให้การระบาดนี้เป็นภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุขระหว่างประเทศ (Public Health Emergency of International Concern – PHEIC) ในวันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2563 ต่อมาได้พบผู้ป่วยยืนยันในหลายประเทศทั่วโลก [1]

สำหรับประเทศไทยจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ระบาดไปทั่วโลก กรมควบคุมโรคได้เปิดศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉิน (Emergency Operation Center: EOC) ตั้งแต่ 4 มกราคม พ.ศ. 2563 เพื่อตอบโต้การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 และเริ่มคัดกรองหาผู้ติดเชื้อที่ช่องทางเข้าออกประเทศในระยะต่อมาจำนวน

ผู้ป่วยได้เพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างช้าๆ ทั้งผู้ป่วยที่เดินทางมาจากต่างประเทศและผู้ป่วยที่ติดเชื้อภายในประเทศ กระทรวงสาธารณสุขจึงได้ออกประกาศในราชกิจจานุเบกษา โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2563 กำหนดให้โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 หรือ COVID–19 เป็นโรคติดต่ออันตรายลำดับที่ 14 ตามพระราชบัญญัติโรคติดต่อ พ.ศ. 2558 เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังป้องกันและควบคุมโรคติดต่ออันตราย ในระยะต่อมาได้พบการแพร่ระบาดใหญ่โดยเป็นการติดเชื้อเป็นกลุ่มก้อน (Cluster) คือ การแพร่ระบาดในสนามมวยและสถานบันเทิงในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการรวมกลุ่มคนจำนวนมากและมีความแออัดประกอบกับในระยะดังกล่าวมีการประกาศปิดเมืองในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เกิดการเคลื่อนย้ายของประชากรออกไปยังจังหวัดต่างๆ ทำให้ผู้สัมผัสเชื้อกระจายออกไปยังต่างจังหวัด จนทำให้ยอดผู้ติดเชื้อของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่กลางเดือนมีนาคมเป็นต้นมา [2]

จากสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ดังกล่าว ทำให้เกิดการปรับตัวเป็นวิถีชีวิตแบบใหม่ (New Normal) โดยเฉพาะสถาบันทางการศึกษาที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบปกติได้จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์เพื่อให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่องทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายจึงมีมาตรการป้องกันและเฝ้าระวังสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ตามประกาศทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 27 เมษายน พ.ศ.2564 จากมาตรการข้างต้นของทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์และมีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์แก่ทางมหาวิทยาลัยเพื่อให้มหาวิทยาลัยนำผลจากการวิจัยไปใช้ในวางแผนการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ให้กับนักศึกษาในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 อีกทั้งยังเป็นประโยชน์กับนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษาของมหาวิทยาลัยนำผลจากการวิจัยไปใช้ในการปรับใช้ในการเรียนแบบออนไลน์และประยุกต์ใช้กับบทเรียนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเป็นรูปแบบการศึกษาเชิงพรรณนา ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่งแบบภาคตัดขวาง (Cross - sectional Descriptive study)

พื้นที่เป้าหมาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ประชากร

นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทุกคณะ/สำนัก จำนวน 8,638 คน

กลุ่มตัวอย่าง

จากการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ได้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทุกคณะ/สำนัก จำนวน 382 คน ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน เพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลและเพื่อให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยทำการสร้างแบบสอบถามออนไลน์และการแจกแบบสอบถามผ่านทางอินเทอร์เน็ต เช่น Facebook Line Instragram ให้แก่นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทุกคณะ/สำนัก ซึ่งแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

1. แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ เกรดเฉลี่ย ชั้นปี คณะ/สำนักและค่าใช้จ่าย
2. แบบสอบถามปัจจัยนำ ได้แก่ ทัศนคติต่อการเรียนออนไลน์และพฤติกรรมต่อการเรียนออนไลน์

3. แบบสอบถามปัจจัยเสริมแรง ได้แก่ อาจารย์ผู้สอนครอบครัว เพื่อน และผู้ปกครอง
4. แบบสอบถามปัจจัยเอื้อได้แก่ สัญญาณอินเทอร์เน็ต สิ่งแวดล้อมในการเรียนออนไลน์ วิธีการและรูปแบบการเรียนการสอน เนื้อหาในการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน เทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียน การบ้านหรือแบบฝึกหัด อุปสรรคของการสื่อสารแบบออนไลน์ ความล่าช้าในการรับส่งข้อมูล นโยบายการเรียนออนไลน์ของทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

การพัฒนาเครื่องมือ

ผู้วิจัยทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแล้วร่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบสอบถาม) และได้นำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและหาค่าความตรง (IOC) ได้เท่ากับ 0.547 นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.831

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

1. ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล

ข้อมูลด้านปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 256 คน (ร้อยละ 58.18) มีช่วงอายุ 18-21 ปี จำนวน 358 คน (ร้อยละ 81.36) มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.01-4.00 จำนวน 212 คน (ร้อยละ 48.18) กำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 3 จำนวน 161 คน (ร้อยละ 36.59) กำลังศึกษาคณะครุศาสตร์จำนวน 90 คน (ร้อยละ 20.45) และมีค่าใช้จ่ายต่อเดือน 1,001-5,000 บาท จำนวน 198 คน (ร้อยละ 45)

2. ข้อมูลด้านปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความคิดเห็นด้านปัจจัยนำของผู้ตอบแบบสอบถามด้านทัศนคติต่อการเรียนออนไลน์

ข้อ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนออนไลน์	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
		มาก	ปานกลาง	น้อย			
ปัจจัยนำ (ด้านทัศนคติ)							
1.	ท่านคิดว่าอุปกรณ์มีผลต่อการเรียนออนไลน์ (สัญญาณอินเทอร์เน็ต แท็บเล็ต โน้ตบุ๊ค คอมพิวเตอร์)	17 (3.9)	188 (42.7)	235 (53.4)	2.50	0.57	มาก
2.	ท่านคิดว่าอาจารย์ผู้สอนมีผลต่อการเรียนออนไลน์ (สื่อการสอน วิธีการสอน บุคลิกภาพ การมีปฏิสัมพันธ์)	10 (2.3)	214 (48.6)	216(49.1)	2.47	0.54	มาก

ข้อ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนออนไลน์	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
		มาก	ปานกลาง	น้อย			
3.	ท่านคิดว่าตัวผู้เรียนมีผลต่อการเรียนออนไลน์ (ทักษะการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ความกระตือรือร้นปฏิสัมพันธ์กับอาจารย์)	24 (5.5)	210 (47.7)	206(46.8)	2.41	0.59	มาก
ปัจจัยนำ (ด้านพฤติกรรม)							
1.	นักศึกษามีการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับยุคการเรียนออนไลน์	20 (4.5)	245(55.7)	175(39.8)	2.35	0.56	มาก
2.	นักศึกษามีความวิตกกังวลในการเรียนออนไลน์	33 (7.5)	225(51.1)	182(41.4)	2.34	0.61	มาก
3.	นักศึกษามีความตั้งใจเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่เข้าไปศึกษาในบทเรียนออนไลน์	73 (16.6)	233(53.0)	134(30.5)	2.14	0.67	ปานกลาง
ปัจจัยเสริมแรง							
1.	เพื่อนคือบุคคลที่ช่วยเหลือนักศึกษาในการเรียนออนไลน์	21(4.8)	228(51.8)	191(43.4)	2.39	0.58	มาก
2.	เนื้อหาในการเรียนที่เป็นภาษาอังกฤษทำให้นักศึกษาเกิดความไม่เข้าใจ	23(5.2)	243 (55.2)	174(39.5)	2.34	0.58	มาก
3.	ครอบครัวไม่เข้าใจเวลาที่เรียนออนไลน์มักคิดว่านักศึกษาอยู่เฉยๆ	85(19.3)	212(48.2)	143(32.5)	2.13	0.70	ปานกลาง
ปัจจัยเอื้อ							
1.	โปรแกรมที่นักศึกษาใช้เรียนออนไลน์ เช่น Google Meet Google Classroom Microsoft Team Line ทำให้นักศึกษาเข้าสู่ระบบเรียนออนไลน์ได้อย่างรวดเร็ว	7(1.6)	229(52.0)	204(46.4)	2.45	0.53	มาก
2.	สัญญาณอินเทอร์เน็ตที่บกพร่องทำให้นักศึกษาเกิดความไม่เช่น เรียนไม่ทัน เช็คชื่อในระบบไม่ทัน ส่งข้อสอบหรืองานล่าช้า	22(5.0)	203(46.1)	215(48.9)	2.44	0.60	มาก
3.	สื่อการสอนในแต่ละรายวิชามีความน่าสนใจทำให้นักศึกษาไม่ง่วงซึมขณะที่เรียน	46(10.5)	277(63.0)	117(26.6)	2.16	0.59	ปานกลาง

3. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระหว่างปัจจัยนำ (ด้านทัศนคติต่อการเรียนออนไลน์ออนไลน์) กับเกรดเฉลี่ยภาคการศึกษาที่ 1/2564 โดยการใช้ Exact test (n=440)

ทัศนคติต่อการเรียนออนไลน์	เกรดเฉลี่ยภาคการศึกษาที่ 1/2564			Exact p-value
	1.00-2.00	2.01-3.00	3.01-4.00	
น้อย	2	0	4	
ปานกลาง	9	107	81	0.001**
มาก	6	104	127	

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางส่วนที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำด้านทัศนคติต่อการเรียน กับเกรดเฉลี่ยภาคการศึกษาที่ 1/2564 พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ระหว่างปัจจัยเสริมแรง กับเกรดเฉลี่ยภาคการศึกษาที่ 1/2564 โดยการใช้ Chi-square test (n=440)

ปัจจัยเสริมแรง	เกรดเฉลี่ยภาคการศึกษาที่ 1/2564			x^2	P-Value
	1.00-2.00	2.01-3.00	3.01-4.00		
น้อย	4	7	8		
ปานกลาง	9	124	127	16.199	0.003**
มาก	4	80	77		

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางส่วนที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสริมแรงกับเกรดเฉลี่ยภาคการศึกษาที่ 1/2564 พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

จากสรุปผลการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลสัมฤทธิ์จากการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในการศึกษาปัจจัยนำด้านทัศนคติและปัจจัยเสริมแรงผู้วิจัยขอนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยสถิติ Chi - Square Test พบว่า ปัจจัยนำด้านทัศนคติต่อการเรียนกับเกรดเฉลี่ยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ เปรมภาว์ ด้วงทอง และคณะ (2564) ศึกษาความเครียดจากการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ของอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19 การระบาดของโรคโควิด-19 ผลการวิจัยพบว่า ทัศนคติที่มีต่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ ส่งผลต่อความเหนื่อยล้าทางอารมณ์ของผู้สอนผ่านความเครียดจากการใช้เทคโนโลยีในการสอนออนไลน์ในขณะที่อีกสามตัวแปรต้นไม่ส่งผลใดๆ ผลการวิจัยนี้สะท้อนว่ามหาวิทยาลัยสามารถช่วยลดความเครียดที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีและความเหนื่อยล้าทางอารมณ์จากการทำงานของบุคลากรได้ และทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ตอบแบบสอบถามมีปฏิสัมพันธ์ต่อผู้สอน

ในระหว่างการเรียนออนไลน์น้อย สื่อการสอนในบทเรียนออนไลน์ไม่สามารถสร้างความพอใจให้กับนักศึกษา ทำให้นักศึกษามีทัศนคติอยู่ในระดับกลางเนื่องจากความเหนื่อยล้าและความคิดว่าการเรียนออนไลน์ไม่ส่งผลดี [3]

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยสถิติ Exact Tests พบว่าปัจจัยเสริมแรงกับเกรดเฉลี่ยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของกับงานวิจัยของ วัลลภา วงศ์ศักดิรินทร (2560) ศึกษาพฤติกรรมของผู้ปกครองในการส่งเสริมการมีวินัยในตนเองแก่นักเรียนโรงเรียนสาธิตในจังหวัดนครปฐม ผลการวิจัยพบว่า 1) พฤติกรรมในการส่งเสริมการมีวินัยในตนเองแก่นักเรียนของผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนสาธิตในจังหวัดนครปฐม สัมพันธภาพในครอบครัว ความตระหนักในบทบาทหน้าที่ และการควบคุมอารมณ์ อยู่ในระดับมาก 2) พฤติกรรมในการส่งเสริมการมีวินัยในตนเองแก่นักเรียนของผู้ปกครองนักเรียนโรงเรียนสาธิตในจังหวัดนครปฐม เมื่อจำแนกตาม เพศของบุตร ระดับการศึกษา อาชีพ จำนวนบุตร และภาวะทางการเงินของครอบครัว ไม่พบความแตกต่าง 3) ความตระหนักในบทบาทหน้าที่ การควบคุมอารมณ์ และสัมพันธภาพในครอบครัวสามารถร่วมกันทำนายพฤติกรรมของผู้ปกครองในการส่งเสริมการมีวินัยในตนเองแก่นักเรียนโรงเรียนสาธิตในจังหวัดนครปฐมได้ร้อยละ 63.3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 [4] และสอดคล้องกับงานวิจัยของ รินทร์ณฐา บวรวัชรเศรษฐ์ (2564) ผลการวิจัยพบว่า 1) ครูมีวิธีจัดการเรียนการสอนช่วงสถานการณ์ COVID-19 สำหรับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ คือ ก่อนสอนมีการเตรียมตัวเรื่องการใช้เทคโนโลยีและสื่อการสอนอยู่ในระดับมากระหว่างสอนครูใช้เทคนิคการควบคุมชั้นเรียนด้วยการสร้างข้อตกลงร่วมกันและใช้แอพพลิเคชั่นในการช่วยจัดการชั้นเรียนอยู่ในระดับมาก และหลังการสอนครูให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนและวัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยการใช้ใบงานและการทดสอบแบบออนไลน์อยู่ในระดับปานกลาง 2) พฤติกรรมการเรียนออนไลน์ของนักเรียนพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนเตรียมหนังสือและอุปกรณ์การเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ระหว่างเรียนเข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียนและร่วมตอบคำถามอยู่ในระดับปานกลาง หลังเรียนทำการบ้านทันทีหากทำไม่ได้ก็จะรอผู้ปกครองอยู่ในระดับปานกลาง และ 3) ความคิดเห็นของผู้ปกครองต่อการจัดการเรียนการสอนออนไลน์พบว่าก่อนเรียนผู้ปกครองช่วยเตรียมเทคโนโลยีและเตือนการเตรียมอุปกรณ์การเรียน กำกับการเข้าเรียนของลูกอยู่ในระดับมาก ระหว่างเรียนผู้ปกครองนั่งอยู่เป็นเพื่อนลูก และช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะเรียนอยู่ในระดับมาก หลังเรียนช่วยลูกทำการบ้านและทบทวนบทเรียนอยู่ในระดับมาก [5]

4. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลือ แก้ไข ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ด้วยความเอาใจใส่มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์และนักศึกษาในแต่ละคณะของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลในพื้นที่เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมโรค. (20 ธันวาคม 2564). สถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. (องค์การอนามัยโลก, งานโรคติดต่ออุบัติใหม่ กลุ่มพัฒนาวิชาการโรคติดต่อ). สืบค้นจากhttp://www.ddc.moph.go.th/uploads/files/2017420210820025238.pdf

[2] กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (21 ธันวาคม 2564). สรุปสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในประเทศไทย. สืบค้นจาก https://udch.go.th/uploads/doc/covid-19/.pdf

[3] เปรมภาว์ ด้วงทอง และคณะ. (28 ธันวาคม 2564). ความเครียดจากการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ของอาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19. สืบค้นจาก http://tujournals.tu.ac.th/thammasatjournal/detailart.aspx?ArticleID=7918

[4] วัลลภา วงศ์ศักดิรินทร. (30 ธันวาคม 2564). พฤติกรรมของผู้ปกครองในการส่งเสริมการมีวินัยในตนเองแก่นักเรียนโรงเรียนสาธิตในจังหวัดนครปฐม. สืบค้นจาก http://ithesisir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1021/1/.pdf

[5] รินทร์ณฐา บวรวัชรเศรษฐ์. (28 ธันวาคม 2564). การศึกษาการจัดการเรียนการสอนช่วงสถานการณ์ COVID-19 สำหรับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ. (กองบรรณาธิการ วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษาพิเศษ ศูนย์พัฒนาการศึกษาพิเศษ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ). สืบค้นจาก http://ejournals.swu.ac.th/index.php/rise/article/view/13975

ผลของการสังเคราะห์ซิลิกาจากแหล่งขี้เถ้าเหลือใช้ที่แตกต่างกันเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว

Effect of Synthesis Silica from Various Ash Source for Glass Industrial Application

ณัฐกานต์ สุขสมร[1] ปัญญาพร แสงจันทร์[1] ธนาพร บุญชู[1] อานนท์ ไกรป๊อก[2]
และ วิไลวรรณ ลีนะกุล[1*]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[*]Email: wilaiwan.l@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะทำการเพิ่มมูลค่าของเหลือใช้ทางการเกษตรจากขี้เถ้าแกลบข้าวและขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าโดยทำการเปรียบเทียบของสมบัติทางด้านกายภาย เคมีและ โครงสร้างของเฟสองค์ประกอบ เพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก้ว โดยเริ่มการนำขี้เถ้าแลบจากการเกษตร และขี้เถ้าจากการเผาวัสดุชีวมวลจากโรงไฟฟ้ามาทำการเตรียมด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกันได้แก่ การเตรียมโดยการเผาเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง การเตรียมโดยการใช้กรดแก่เข้มข้นไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 0.5 และ 6 โมลาร์ก่อนที่จะนำมาเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า ซิลิกาที่สังเคราะห์จากทั้งขี้เถ้าแกลบจากการเกษตรและขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลมีปริมาณซิลิกาที่สังเคราะห์ได้ใกล้เคียงกัน โดยปริมาณซิลิกาได้มากที่สุดจากเงื่อนไขการกัดกรดที่ความเข้มข้น 6 โมลาร์ก่อนที่จะนำไปเผาอีกครั้งที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณเท่ากับ 96.9 และ 97.6 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์ด้วยวิธีการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียวนั้นได้ปริมาณซิลิกาลดลงเพียงเล็กน้อยนั่นคือ 94.5 และ 95.1 ร้อยละโดยโมลตามลำดับ จากผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยเลือกใช้สารตั้งต้นจากขี้เถ้าต่างๆที่เงื่อนไขการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นการลดขั้นตอนและเป็นกระบวนการเตรียมที่ปลอดภัยไม่มีสารเคมีอันตรายเข้ามาเกี่ยวข้องระหว่างการสังเคราะห์นั่นเอง

คำสำคัญ: แกลบ ชีวมวล ซิลิกา

Abstract

The aim of this work was improving value added utilization of ash from agriculture and ash from biomass powerplant by comparison the physical properties, chemical properties and phase formation. All of ash was preparing by heating as various condition following: heated at 1200C for 4 hr, etching acid ash with 0.5 and 6 molars before heating the samples at 1000°C. The results show that the highest value of

silica was obtained by etching acid ash with 6 molars before heating the samples at 1000°C (94.5 and 95.1 wt% for RF and RE respectively). However, all of ash with heating at 1200C was chosen in this research because to save the process and low energy.

Keywords: Rice husk, Biomass, Silica

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมด้านแก้วนั้นวัตถุดิบหลักในการหลอมแก้วเกือบทุกชนิดมีองค์ประกอบหลักคือซิลิกา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วซิลิกาที่ถูกนำมาใช้มักจะได้มาจากทราย หรือแร่ควอตซ์ ถึงแม้ว่าทรายหรือแร่ควอตซ์จะมีปริมาณมากในโลก แต่การนำวัตถุดิบเหล่านี้มาใช้อย่างต่อเนื่องเป็นผลทำให้เกิดการนำทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดลดลงเรื่อยๆ นักวิทยาศาสตร์ด้านแก้วหลายกลุ่มจึงมีแนวความคิดที่จะหาแหล่งวัฏดิบแหล่งอื่นเพื่อเป็นแหล่งสำรองในการใช้ซิลิกาจากทรายและควอตซ์ ขี้เถ้าแกลบซึ่งเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นแหล่วงัตถุดิบหนึ่งที่ได้รับความสนใจมาอย่างยาวนาน เนื่องมาจากองค์ประกอบภายในของแกลบข้าวประกอบด้วยเซลลูโลส ลิกนิน และสารประกอบอนินทรีย์ โดยในส่วนประกอบหลักของสารอนินทรีย์นี้ มีซิลิกาสูง จากงานของ Lee และ Cutler [1] ได้ค้นพบว่าแกลบที่ได้จากการสีข้าวนั้นประกอบด้วยซิลิกาประมาณร้อยละ 10 ถึง 20 โดยน้ำหนักของแกลบ ซึ่งถ้านำไปเผาจะได้ซิลิกาที่ความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 95 ของน้ำหนักเถ้า นอกนั้นประกอบด้วยธาตุโลหะจำนวนเล็กน้อย อาทิ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) และโซเดียม (Na) เป็นต้น ในงานวิจัยของ Leenakul [2] และคณะได้ทำการสังเคราะห์ซิลิกาจากแกลบในประเทศไทยโดยผ่านกระบวนการทางความร้อน ผลการทดลองพบว่าแกลบที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 98 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ Yucel [3] ที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการใช้ขี้เถ้าแกลบมาเป็นสารตั้งต้นทดแทนซิลิกา ค่าการทดสอบความแข็งแบบวิคเกอร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ซิลิกาทางการค้าโดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 450.4 เป็น 478.1 GPa นอกจากขี้เถ้าจากการเกษตรแล้ว แหล่งขี้เถ้าที่ได้จากการเผาเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อให้เกิดพลังงานไฟฟ้าก็เช่นเดียวกัน เป็นแหล่งของเสียทางการเกษตรที่มักไม่ถูกนำมาใช้ต่อเป็นของเสียที่ไม่มีค่า

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะทำการสังเคราะและเปรียบเทียบซิลิกาจากแหล่งวัตถุดิบที่แตกต่างกัน โดยใช้กระบวนวิธีที่ไม่ยุ่งยาก สามารถผลิตได้ในประเทศ และมีจุดเด่นคือการนำซิลิกาที่สังเคราะห์จากของเหลือใช้ทางการเกษตรซึ่งได้แก่ขี้เถ้าจากของเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมได้แก่ ขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้า มาเป็นสารตั้งต้นทดแทนซิลิกาทางการค้าที่เป็นสารเคมีหลัก เพื่อเป็นการลดต้นทุนการนำเข้า เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยจะทำการศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และโครงสร้าง เพื่อให้ได้แหล่งซิลิกาจากวัตถุดิบจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับซิลิกาจากสารเคมีในท้องตลาดมากที่สุด เพื่อเป็นการลดต้นทุนการนำเข้า เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การสังเคราะห์ซิลิกาจากแกลบ

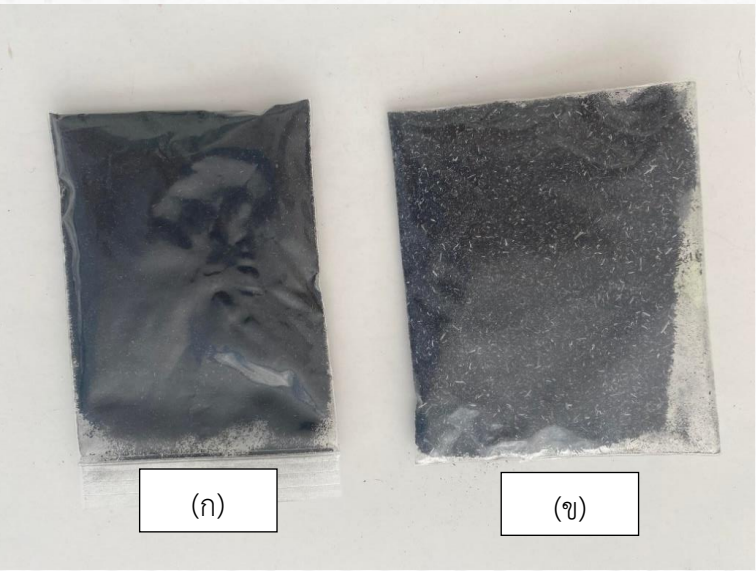
- เตรียมแกลบ โดยนำแกลบมาประมาณ 100 กรัม มาล้างทำความ สะอาดใน บีกเกอร์ขนาดใหญ่ นำไปอบให้แห้ง
- ใส่แกลบในถ้วย crucible ขนาดใหญ่ แล้วไปเผาด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน นั่นคือเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น-ลงของอุณหภูมิ คือ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที กำหนดเงื่อนไขเป็น RE1200กรณีขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้า และกำหนดเงื่อนไขเป็น RF1200กรณีขี้เถ้าจากการเกษตร

- การเตรียมขี้เถ้าจากการกัดกรด โดยให้ความเข้มข้นกรดที่ 0.5 โมลาร์และ 6 โมลาร์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้แห้งโดยการอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กำหนดเงื่อนไขเป็นRE0.5M และ RE6M กรณีขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้า และกำหนดเงื่อนไขเป็นRF0.5M และ RF6M กรณีขี้เถ้าจากการเกษตร
- นำแกลบที่เผาที่อุณหภูมิต่างๆ มาวิเคราะห์เฟสด้วยวิธีการ XRD, XRF

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของขี้เถ้า

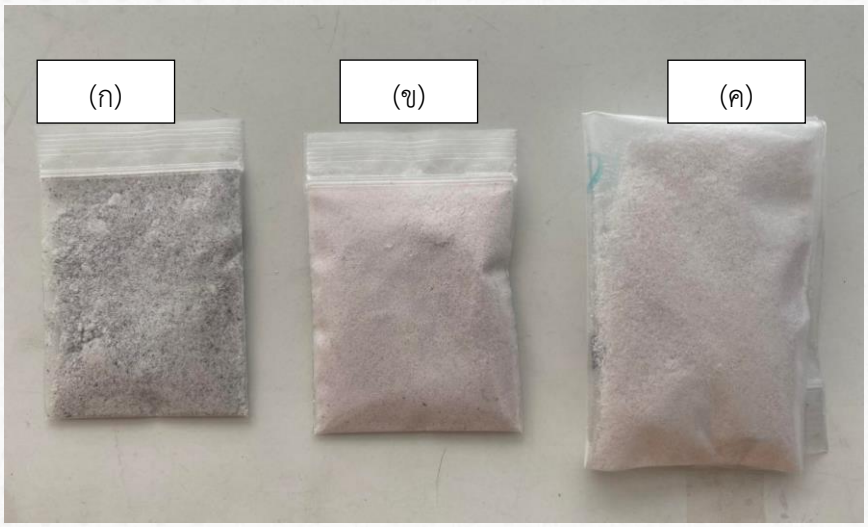
ในส่วนแรกของการสังเคราะห์ซิลิกานั้นจะเกิดจากการนำเอาวัตุดิบหลักที่แตกต่างกัน 2 กลุ่มใหญ่ได้แก่ขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวล และขี้เถ้าชนิดที่สองจะเป็นขี้เถ้าจากการปลูกข้าว ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยเมื่อทำการสังเกตลักษณะทางกายภาพจะพบว่าขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวล (Ash of biomass electric power plant: RE) จะมีสีค่อนข้างดำ เนื้อขี้เถ้าค่อนข้างละเอียดมีขนาดเล็ก ในขณะที่ขี้เถ้าจากการเกษตร (Ash of Agricultures: RA) จะมีเนื้อค่อนข้างหยาบ ไม่ละเอียด ถ้าเปรียบเทียบกันกับขนาดของขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้า ที่ขี้เถ้าจากการเกษตร จะมีขนาดที่ใหญ่กว่า



รูปที่ 3.1 แสดงขี้เถ้าจากแหล่งวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ก) ขี้เถ้าแกลบจากการเกษตร
ข) ขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวล

หลังจากทำการสังเคราะห์ขี้เถ้าจากแหล่งที่แตกต่างกันด้วยกระบวนวิธีที่แตกต่างกันได้แก่ 1) การสังเคราะห์โดยการเผาอย่างเดียว 2) การสังเคราะห์ขี้เถ้าโดยการกัดกรดร่วมกับการเผาที่ปริมาณความความเข้มข้นกรดที่ต่างกัน พบว่า ขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลหลังจากสังเคราะห์ด้วยการเผาให้ผลคล้ายคลึงกันกับขี้เถ้าจากการเกษตรนั่นคือ สีของชิ้นงานจะมีความขาวบริเวณด้านบนของชิ้นงานที่ได้รับความร้อนจากการเผา และเมื่อทำการบดด้วยครกบดสีโดยรวมของชิ้นงานจะมีสีเทาเข้ม อย่างไรก็ตามเมื่อทำการกัดกรดที่ความเข้มข้นต่างกัน พบว่าสีของชิ้นงานมีความขาวมากขึ้นและขาวที่สุดที่ชิ้นงานที่ผ่านการก

รัดกรดที่ความเข้มข้น 6 โมลาร์และเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส โดยผลการทดลองนี้ได้ผลที่สอดคล้องกันของชิ้นงานขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าและจากการเกษตร



รูปที่ 3.2 แสดงขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลหลังจากสังเคราะห์รูปแบบต่างๆ ก) เผาที่อุณหภูมิ 1200°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ข) กัดกรดที่ความเข้มข้น 0.5M ค) กัดกรดที่ 6M



รูปที่ 3.3 แสดงขี้เถ้าจากการเกษตรหลังจากสังเคราะห์รูปแบบต่างๆ ก) เผาที่อุณหภูมิ 1200°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ข) กัดกรดที่ความเข้มข้น 0.5M ค กัดกรดที่ 6M

3.2 ผลการวิเคราะห์ธาตุของแกลบจากการปลูกข้าวด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์

ผลการวิเคราะห์ธาตุของขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต จากตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์ขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าที่แตกต่างกันให้ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยที่การสังเคราะห์ด้วยการกัดกรดขี้เถ้าที่ปริมาณความเข้มข้น ที่ 6M จะพบปริมาณของซิลิกาไดออกไซด์สูงที่สุด โดยที่การกัดกรดที่ความเข้ม 0.5 โมลาร์จะมีปริมาณลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์ซิลิกาจากขี้เถ้าโดยการเผาเพียงอย่างเดียวพบว่า ผลที่ได้มีปริมาณซิลิกาไดออกไซด์ที่ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ขี้เถ้าเริ่มต้นจากโรงงานมีปริมาณซิลิกาน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาปริมาณของสารเคมี

ที่จะมีผลของการเกิดสีในแก้วได้แก่ Fe_2O_3 ซึ่งมักจะให้สีเหลืองในแก้ว และ MnO ซึ่งมักจะให้สีชมพูในแก้ว พบว่า เงื่อนไขที่ไม่ได้ทำการเผาใดๆกับขี้เถ้าจะพบปริมาณ Fe_2O_3 และ MnO มากที่สุด

ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุของขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์

Compound	Rice husk ash (RE-As-recieved)	เผาที่อุณหภูมิ 1200°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (RE1200)	กัดกรด 0.5M (RE0.5M)	กัดกรดที่ 6M (RE6M)
Al_2O_3	-	0.464	0.319	0.305
Fe_2O_3	0.500	0.236	0.201	0.143
K_2O	8.94	1.77	1.08	0.559
MgO	-	0.483	0.278	0.218
MnO	0.62	0.154	0.107	-
P_2O_5	0.74	0.811	0.306	-
SiO_2	85.45	95.1	97.3	97.6
CaO	3.64	0.784	0.319	0.291
Other	0.03	-	-	-

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ธาตุของขี้เถ้าจากการเกษตรด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์

Compound	Rice husk ash (RF-As-recieved)	เผาที่อุณหภูมิ 1200°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (RF-1200)	กัดกรด 0.5M (RF0.5M-1200)	กัดกรดที่ 6M (RF6M-1200)
Al_2O_3	-	0.229	0.669	0.155
Fe_2O_3	0.5	0.406	0.319	0.425
K_2O	8.88	2.46	2.12	1.13
MgO	-	0.481	0.318	0.318
MnO	0.67	0.130	0.115	0.116
P_2O_5	-	0.553	0.287	0.322
SiO_2	86.30	93.9	95.7	96.9
CaO	3.60	0.942	0.631	0.610
Other	0.05	-	-	0.246

จากตารางที่ 3.2 พบว่า หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ขี้เถ้าพบว่าผลการทดลองของขี้เถ้าที่มาจากการเกษตรให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกันกับขีเถ้าจากโรงไฟฟ้า โดยปริมาณซิลิกาไดออกไซด์พบมากที่สุดที่เงื่อนไขการกัดกรดที่ 6 โมลาร์ได้ปริมาณซิลิกาถึงร้อยละ96.9 ลดลงมาคือเงื่อนไขการกัดกรดที่ 0.5 โมลาร์ การเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส และขี้เถ้าแกลบที่ไม่ได้ผ่านการเผาตามลำดับ นอกจากนั้นปริมาณของเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์ยังพบมากที่สุดที่ชิ้นงานที่ไม่ผ่านการเผาใดๆ

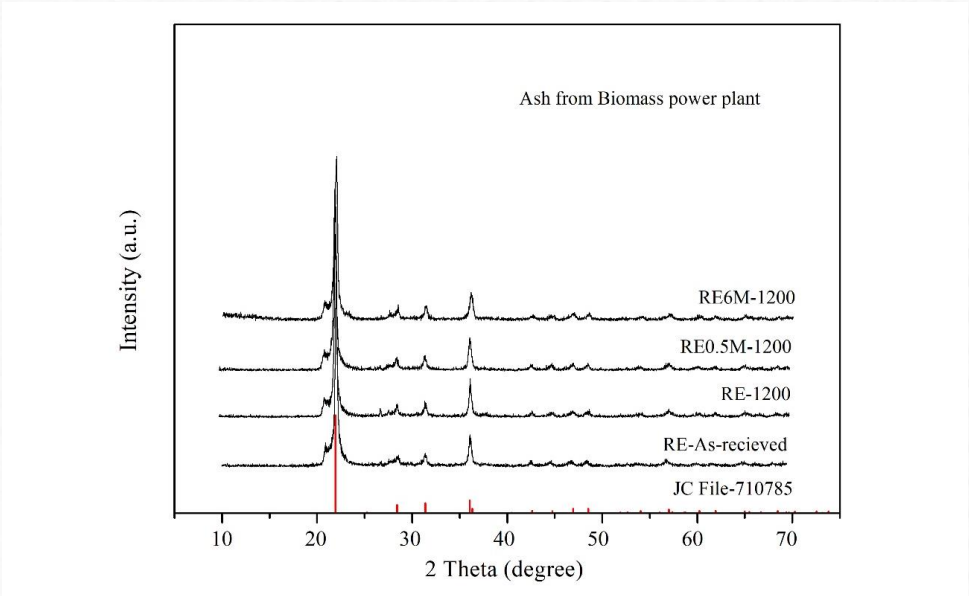
อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองสามารถเปรียบเทียบได้ว่า ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าจะมีปริมาณซิลิกาโดยรวมมากกว่าขี้เถ้าจากการเกษตรเล็กน้อย

3.3 ผลการวิเคราะห์เฟสองค์ประกอบ

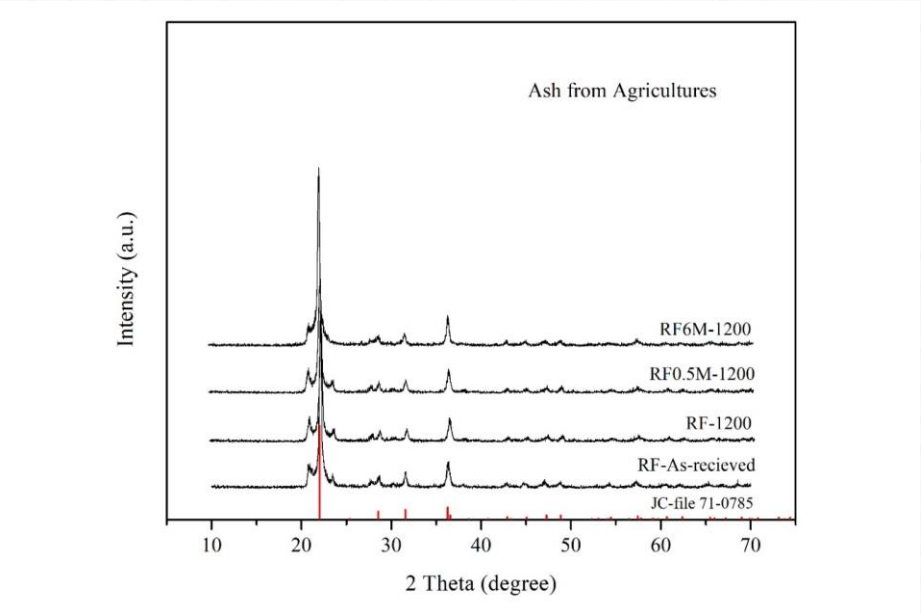
จากการตรวจสอบผลของโครงสร้างเฟสของขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าที่เงื่อนไขต่างกันพบว่า ขี้เถ้าแกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียสเพียงอย่างเดียว แสดงเฟสองค์ประกอบของ SiO_2 ที่ตรงกับ JCPDS File หมายเลข 71-0785 โดยที่เมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ผ่านการกัดกรดด้วยความเข้มข้นที่แตกต่างกันระหว่าง 0.5 และ 6 โมลาร์ของกรดไฮโดรคลอกริก ผลการทดลองที่ได้ไม่มีความแตกต่าง แต่ปริมาณความเข้มของเฟสจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ขี้เถ้าแกลบที่ผ่านการกัดกรดที่ 6 โมลาร์ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นผลมาจากปริมาณความบริสุทธิ์ของซิลิกาที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงใน รูปที่ 3.4 (ก)

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของเฟสองค์ประกอบของขี้เถ้าจากการเกษตรเปรียบเทียบกันพบว่า เฟสองค์ประกอบที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่าได้โครงสร้างของซิลิกาเช่นเดียวกันและตรงกับ JCPDS File หมายเลข 71-0785 โดยปริมาณของเฟสมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อขี้เถ้าถูกนำไปกัดกรดที่ปริมาณ 6 โมลาร์ก่อนนำมาเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซียส ดังแสดงใน รูปที่ 3.4 (ข)

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ว่าขี้เถ้าของแกลบทั้งจากโรงไฟฟ้าและจากการเกษตร มีผลของเฟสองค์ประกอบที่ไม่แตกต่างกันทั้งผ่านเงื่อนไขของการเผาอย่างเดียวหรือการกัดกรดด้วยไฮโดรคลอริกก่อนการเผา



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์เฟสองค์ประกอบของขี้เถ้าที่ผ่านการเตรียมด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน
(ก) ขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้า (ข) ขี้เถ้าจากการเกษตร

4. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้สามารถสังเคราะห์ซิลิกาได้จากขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวล และขี้เถ้าแกลบจากการเกษตรได้ โดยเงื่อนไขที่ให้ปริมาณของซิลิกาสูงที่สุดคือการกัดกรดที่ 6 โมลาร์แล้วจึงเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยให้ผลเช่นเดียวกันในกรณีของการใช้ขี้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวล และขี้เถ้าแกลบจากการเกษตร แต่อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์โดยการเผาด้วยความร้อนเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียสให้ค่าปริมาณของซิลิกาลดลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับทดแทนซิลิกาในการหลอมแก้วคริสตัลสีได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยจากงบประมาณภายใต้ทุนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ 2564 และทุนภายใต้โครงการวิจัย การพัฒนาความเป็นเลิศของสถาบันอุดมศึกษาและการผลิตกำลังคนขั้นสูงด้าน ววน. เพื่อขับเคลื่อนการพลิกโฉมสถาบันอุดมศึกษาตามกลุ่มยุทธศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2565 รวมไปถึงคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 “เทคโนโลยี นวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ” ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Leenakul W., Pisitpipathsin N, Kantha P, Tawichai N, Tigunta S, Rujijanagul G, Eitssayeam S, Pengpat K, J Adv. Mater. Res, 506 (2012) 174.

[2] Yucel S., Özçimen D, Terzioglu P, Acar S, Yaman Can, Adv Sci Letter, 19 (2013) 3477.

[3] J. G. LEE and I. B. CUTLER, Amer. Ceram. Soc. Bull. 54 (1975) 195.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์จากการปวดของกล้ามเนื้อในอาชีพเกษตรกรชาวนา ตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย

Factors Related to Muscle Pain in Farmer's Occupation at Nong Pa Ko Subdistrict, Doi Luang District, Chiang Rai Province

ธันยพร เกตุเกษี[1] ชยาภรณ์ โยธา[1] วิเชษฐ์ ก้างยาง[1] อังคณาภรณ์ พรมยานะ[1] จุฑามาศ เมืองมูล[1*]
มณุเชษฐ์ มะโนธรรม[1] และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1]

[1] สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: Som.jui@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ พฤติกรรม ตำแหน่งที่มีการปวดกล้ามเนื้อและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปวดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานในผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรชาวนา ตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรอาชีพชาวนา จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงในกลุ่มอาชีพชาวนา เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามชนิดตอบเองตรวจสอบประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อ แบบสอบถามพฤติกรรมของเกษตรกรชาวนา และแบบสอบถามเกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปวดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงาน โดยใช้สถิติทดสอบ Chi-square Test และ Exact Test

ผลการวิจัย ตามตำแหน่งที่มีอาการปวดของกล้ามเนื้อมากที่สุดคือหลังส่วนล่างจำนวน 337 คน (ร้อยละ 84.25) ส่วนใหญ่มีระดับการปวดปานกลางจำนวน 195 คน (ร้อยละ 48.80) ระดับความรู้ความรู้เกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อของเกษตรกรชาวนา พบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับสูงจำนวน 360 คน (ร้อยละ 90.00) พฤติกรรมของของเกษตรกรชาวนาในการทำงาน พบว่าส่วนใหญ่มีพฤติกรรมอยู่ในระดับพอใช้จำนวน 292 คน (ร้อยละ 73.00) และผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับการปวดของกล้ามเนื้อ พบว่า ช่วงอายุ รายได้ และระดับพฤติกรรม มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การปวดของกล้ามเนื้อ เกษตรกรชาวนา

Abstract

This research is cross-sectional study aim to study knowledge, behavior, muscle pain and factors related to work-related muscle pain in farmers Nong Pa Ko Subdistrict, Doi Luang District, Chiang Rai Province. The sample group was 400 peasant farmers by using a specific sampling method among peasant

occupation groups. The questionnaire has 4 parts: general information, knowledge of muscle pain, behavior and local of muscle pain. The data were analyzed using descriptive statistics such as number, percentage, and analysis of the relationship between factors related to work-related muscle pain. using Chi-square Test and Exact Test statistics.

The results of the study, according to the location of the most painful muscle pain, were in the lower back of 337 people (84.25%), most of them having moderate pain levels of 195 (48.80%). Farmer's muscles It was found that most of them had a high level of knowledge of 360 people (90.00 %). It was found that most of the behaviors were at a fair level of 292 people (73.00 %). And the analysis of factors related to the level of muscle pain found that the age range, income and behavior level. There was a statistically significant relationship at the 0.05 level.

Keywords: Muscle pain Farmer's occupation

1.บทนำ

เกษตรกรชาวนา ถือเป็นกระดูกสันหลังของชาติและประเทศไทยถือเป็นแหล่งผลิตข้าวส่งออกรายใหญ่ของโลก ประชากรส่วนใหญ่ทำ อาชีพเกษตรกรชาวนาเป็นอาชีพหลัก จังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากเป็นอันดับสองของภาคเหนือโดยมีจำนวน 131,736 ครัวเรือน ของเกษตรกรที่ปลูกข้าว[1] จากการศึกษาวิจัยของนภมณ ยารวง และ

พัชรพร สุคนธสรรพ์ (2559) พบเกษตรกรชาวนาในจังหวัดเชียงรายมีพฤติกรรมความปลอดภัย ในการทำงานอยู่ในระดับปานกลางและมีความเสี่ยงจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 40.65 มีการปวดจากการทำงาน ร้อยละ 47.13 เป็นที่ยอมรับกันว่ากลุ่มอาชีพเกษตรกรชาวนา มีความเสี่ยงต่อสิ่งคุกคามสุขภาพด้านต่าง ๆ มากในกระบวนการทำงานของเกษตรกรชาวนา [2] และจากผลการสำรวจ ภาวะการทำงานของประชากรไทยเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561 พบว่าจากผู้มีงานทำ 37.97 ล้านคน ทำงานในภาคเกษตรกรรมถึง 11.40 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 30 ของผู้มีงานทำทั้งหมด ซึ่งมีสัดส่วนสูง เป็นอันดับ 1 นอกจากนั้นยังพบว่าในจำนวนเกษตรกรรมทั้งหมดเป็นเกษตรกรชาวนามากถึง 3.7 ล้าน ครัวเรือน [3] และจากการที่ประชากรในประเทศไทยทำอาชีพเกษตรกรชาวนาเป็นหลัก เมื่อเกษตรกรชาวนาประสบกับปัญหาย่อมส่งผลต่อความกินดีอยู่ดีของประชากร จำนวนมากรัฐบาลจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของเกษตรกรชาวนา โดยรัฐบาลได้ให้ความช่วยเหลือทุกขั้นตอนการผลิตในด้านต่าง ๆเริ่มตั้งแต่ก่อนการเพาะปลูก เช่น โครงการการลดต้นทุนการผลิต โครงการการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ดี เป็นต้น

ปัญหาทางสุขภาพของเกษตรกรชาวนามีด้วยกันหลายปัญหา ซึ่งอาการปวดหลังจากกล้ามเนื้อของ เกษตรกรชาวนาเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่ง โดยลักษณะงานที่ทำให้เกิดอาการปวดหลัง ได้แก่ คนที่ต้องทำงานประเภทแบกหาม ยกของหนัก อาชีพและงานที่เสี่ยงต่อการปวดเฉียบพลัน เช่น การยกของที่อยู่ในท่าทางที่ไม่เหมาะสม อาชีพที่บิดเอวเป็นประจำเนิ่นนาน [4] ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นลักษณะงานของเกษตรกรชาวนา และ จากการศึกษาสถานการณ์ การบันทึก/อัดเก็บ ข้อมูลโรคปวดหลังพบว่า อาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิด อาการปวดหลัง โดยเกษตรกรชาวนามักมีปัญหาเกี่ยวกับ อาการปวดหลังบริเวณส่วนล่าง ซึ่งผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังนี้จะได้รับความทุกข์ทรมานจากอาการ ปวดทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ลดลง จากการศึกษาความชุกของการปวด หลังส่วนล่างในชาวนาปลูกข้าวในชุมชนชนบทประเทศไทยเป็นที่ทราบกันดีว่าการยกของด้วยแรงจากร่างกายเป็นงานที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่ว่าจะเป็น มือ ข้อมือ แขน ไหล่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หลังส่วนล่าง จากการศึกษาจำนวนมากพบว่าการยกด้วยแรงกายส่งผลต่อการปวดของหลังส่วนล่างได้ง่ายและมีความเกี่ยวข้องกันอย่างชัดเจน แม้ว่าน้ำหนักจะ

ไม่ได้มากนักแต่หากทำการยกในท่าที่ไม่ถูกต้องซ้ำ ๆ ต่อเนื่องก็สามารถส่งผลต่อการปวดของหลังได้มากเช่นกัน [5] จากข้อมูลและปัญหาดังกล่าวเกษตรกรชาวนาไทยจำนวนมากมีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์จากการปวดของกล้ามเนื้อในระดับความเสี่ยงมากที่สุดโดยเฉพาะขั้นตอนการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในเกษตรกรปลูกข้าว อาจเนื่องมาจากวิธีการทำนาที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ อาจมีขั้นตอนเก็บเกี่ยวข้าวส่วนใหญ่ใช้รถเกี่ยวข้าวเนื่องจากสะดวกแต่ต้องมีการยกกระสอบข้าวที่เก็บเกี่ยวได้จากรถเกี่ยวข้าวอยู่ตลอดเวลา ด้วยท่าทางที่ก้มเงยและยกของหนักโดยไม่ได้พัก ซึ่งต้องให้ทันกับเวลากับรถที่เก็บเกี่ยวข้าว ทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นพวกการยศาสตร์เป็นส่วนใหญ่ และยังเป็นปัญหาที่สำคัญในพื้นที่ตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย จึงควรตระหนักและเร่งป้องกันและแก้ไขเร่งด่วนที่สุด

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาตำแหน่งที่มีการปวดกล้ามเนื้อและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปวดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานในผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรชาวนา ตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย เพื่อใช้เป็นแนวทางให้เกษตรกรได้ตระหนักและทราบถึงสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อจากการปวดของกล้ามเนื้อที่จะสามารถนำมาป้องกันและปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมต่อไป

2.วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ประชากรที่ศึกษา

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบอาชีพเกษตรกรชาวนา ในเขตตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ซึ่งจะประกอบไปด้วย 10 หมู่บ้าน รวมทั้งสิ้น 4,659 คน (ข้อมูลจาก : https://hdcservice.moph.go.th)

กลุ่มตัวอย่าง

จากการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ได้จำนวน 400 คน ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม Cluster Random sampling) ได้ 3 หมู่บ้าน และซึ่งเก็บข้อมูลแบบเจาะจงจากประชากรทั้งหมดที่ประกอบอาชีพเกษตรกรชาวนาที่ยินยอม เข้าร่วมโครงการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามโดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่ออธิบายคุณลักษณะประชากร และแบบสอบถามข้อมูลตำแหน่งที่มีอาการปวดของกล้ามเนื้อ โดยแบบสอบถามนี้มีลักษณะเป็นแบบสอบถามที่มีโครงสร้างชัดเจน แบ่งเป็นส่วนต่างๆ 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคล ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษาสูงสุด รายได้ การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ ประวัติการรับประทานยาเป็นประจำ สวัสดิการในการรักษาพยาบาล พื้นที่ทำการเกษตร สมาชิกในครอบครัว ประวัติการบาดเจ็บ/อุบัติเหตุในอดีต จำนวน 13 ข้อ ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ Checklist

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อ ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ ระยะเวลาในการทำงาน การยกลาก เข็นของหนัก การเคลื่อนไหวท่าเดิมๆ การผ่อนคลายกล้ามเนื้อจากการทำงาน จำนวน 12 ข้อ ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ Checklist

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามพฤติกรรมของเกษตรกรชาวนา ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ ระยะเวลาในการทำงาน การยก ลาก เข็นของหนัก การเคลื่อนไหวในท่าทางเดิมๆ จำนวน 12 ข้อ ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ Checklist

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อปรับปรุงจากแบบสอบถามมาตรฐานเกี่ยวกับอาการผิดปกติทางกล้ามเนื้อ วัดจากอาการปวดในระยะเวลา 3 เดือน ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ Checklist

การพัฒนาเครื่องมือ

ผู้วิจัยทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแล้วร่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบสอบถาม) และได้นำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและหาค่าความตรง (IOC) ได้เท่ากับ 0.949 นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้เท่ากับ 0.739

3.ผลการทดลองและอภิปรายผล

ข้อมูลด้านปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายจำนวน 266 คน (ร้อยละ 66.5) มีช่วงอายุ 56-65 ปี จำนวน 159 คน (ร้อยละ 39.75) สถานภาพสมรส จำนวน 293 คน (ร้อยละ 73.25) ระดับการศึกษาประถมศึกษา จำนวน 286 คน (ร้อยละ 71.50) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะได้ดังตารางต่อไปนี้

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	266	66.5
	หญิง	134	33.5
ช่วงอายุ	15-25 ปี	5	1.25
	26-35 ปี	18	4.5
	36-45 ปี	94	23.5
	46-55 ปี	92	23
	56-65 ปี	159	39.75
	65 ปีขึ้นไป	32	8
สถานภาพ	โสด	32	8
	สมรส	293	73.25
	หย่า / แยกกันอยู่ / หม้าย	75	18.75
ระดับการศึกษาสูงสุด	ประถมศึกษา	286	71.5
	มัธยมศึกษาตอนต้น	50	12.5
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/อนุปริญญา	57	14.25
	ปริญญาตรี	3	0.75
	ปริญญาโท	0	0
	อื่นๆ	4	1
รายได้	ไม่พอเพียง	226	56.5
	พอเพียง	71	17.75
	เหลือเก็บ	103	25.75
การสูบบุหรี่	ไม่สูบบุหรี่	295	73.75
	สูบบุหรี่	105	26.25
การดื่มสุรา	ไม่ดื่มสุรา	145	36.25
	ดื่มสุรา	255	63.75

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง		จำนวน (คน)	ร้อยละ
ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่	ไม่มีโรคประจำตัว	232	58
	โรคความดันโลหิต	77	19.25
	โรคไขมันในเส้นเลือดสูง	14	3.5
	โรคเบาหวาน	53	13.25
	โรคหัวใจ	15	3.75
	โรคเก๊าท์	15	3.75
	โรคไต	5	1.25
ประวัติการรับประทานยาเป็นประจำ	ไม่มี	232	58
	ยาแผนปัจจุบัน	143	35.75
	ยาสมุนไพร/ยาแผนโบราณ	25	6.25
	ยาชุด	0	0
	ยาอื่นๆ (โปรดระบุ)	0	0
สวัสดิการในการรักษาพยาบาล	บัตรทอง 30 บาท	338	84.5
	บัตรทองฟรี	13	3.25
	ประกันสังคม	41	10.25
	ข้าราชการ	7	1.75
	อื่นๆ (โปรดระบุ)	1	0.25
พื้นที่ทำทางการเกษตร	1-10 ไร่	302	75.5
	11-20 ไร่	96	24
	21-30 ไร่	2	0.5
	31-40 ไร่	0	0
	41 ไร่ขึ้นไป	0	0
สมาชิกในครอบครัว	1-3 คน	198	49.5
	4-6 คน	193	48.25
	มากกว่า 6 คน	9	2.25
ประวัติการบาดเจ็บ/อุบัติเหตุในอดีต	มี	0	0
	ไม่มี	400	100

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง ตามตำแหน่งที่มีอาการปวดของกล้ามเนื้อ (n = 400)

ตารางจำนวนร้อยละตำแหน่งที่มีอาการปวดของกล้ามเนื้อ			
ตำแหน่งที่มีอาการปวดของกล้ามเนื้อ		**จำนวน**	**ร้อยละ (%)**
1. คอ	ไม่มี	242	60.5
	มี	**158**	**39.5**
2. ไหล่	ไม่มี	229	57.25

	มี	**171**	**42.75**
3. หลังส่วนบน	ไม่มี	277	69.25
	มี	**123**	**30.75**
4. ข้อศอก	ไม่มี	312	78
	มี	**88**	**22**
5. มือและข้อมือ	ไม่มี	360	90
	มี	**40**	**10**
6. หลังส่วนล่าง	ไม่มี	63	15.75
	มี	**337**	**84.25**
7. สะโพกและต้นขา	ไม่มี	174	43.5
	มี	**226**	**56.56**
8. เข่า	ไม่มี	197	49.25
	มี	**203**	**50.75**
9. เท้าและข้อเท้า	ไม่มี	308	77
	มี	**92**	**23**

จากตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง ตามตำแหน่งที่มีอาการปวดของกล้ามเนื้อมากที่สุดคือหลังส่วนล่างจำนวน 337 คน (ร้อยละ 84.25) รองลงมาคือสะโพกและต้นขาจำนวน 226 คน (ร้อยละ 56.56) และน้อยที่สุดคือมือและข้อมือจำนวน 40 คน (ร้อยละ 10.00)ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงระดับการปวดอาการปวดของกล้ามเนื้อจากการทำงานในอาชีพเกษตรกรชาวนาในช่วงเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา

ระดับการอาการปวดของกล้ามเนื้อ	**จำนวน**	**ร้อยละ**
ปวดน้อย	137	34.30
ปวดปานกลาง	195	48.80
ปวดมาก	68	17.00
รวม	**400**	**100**

ตารางที่ 3 แสดงระดับการปวดอาการปวดของกล้ามเนื้อจากการทำงานในอาชีพเกษตรกรชาวนาในช่วงเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา พบว่าส่วนใหญ่มีระดับการปวดปานกลางจำนวน 195 คน (ร้อยละ 48.80) รองลงมามีระดับการปวดน้อยจำนวน 137 คน (ร้อยละ 34.30) และน้อยที่สุดคือระดับการปวดมากจำนวน 68 คน (ร้อยละ 17.00) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 แสดงความระดับความรู้ความรู้เกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อของเกษตรกรชาวนา

ระดับความรู้ความรู้เกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อ	**จำนวน**	**ร้อยละ**
ระดับต่ำ	4	1.00
ระดับปานกลาง	36	9.00
ระดับสูง	360	90.00
รวม	**400**	**100**

ตารางที่ 4 แสดงความระดับความรู้ความรู้เกี่ยวกับอาการปวดของกล้ามเนื้อของเกษตรกรชาวนา พบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับสูงจำนวน 360 คน (ร้อยละ 90.00) รองลงมาระดับปานกลางจำนวน 36 คน (ร้อยละ 9.00) และน้อยที่สุดคือระดับต่ำจำนวน 4 คน (ร้อยละ 1.00) ตามลำดับ

ตารางที่ 5 แสดงระดับพฤติกรรมของของเกษตรกรชาวนาในการทำงานช่วงเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา

ระดับพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
ควรปรับปรุง	64	16.00
พอใช้	292	73.00
ดีมาก	44	11.00
รวม	**400**	**100**

ตารางที่ 5 แสดงความพฤติกรรมของของเกษตรกรชาวนาในการทำงาน พบว่าส่วนใหญ่มีพฤติกรรมอยู่ในระดับพอใช้จำนวน 292 คน (ร้อยละ 73.00) รองลงมาพฤติกรรมระดับควรปรับปรุงจำนวน 64 คน (ร้อยละ 16.00) และน้อยที่สุดคือพฤติกรรมระดับดีมากจำนวน 44 คน (ร้อยละ 11.00) ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับอาการปวดของกล้ามเนื้อจากการทำงานในอาชีพเกษตรกรชาวนาในช่วงเวลา 3 เดือนที่ผ่านมาได้แก่ ช่วงอายุ รายได้ และระดับพฤติกรรม พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับอาการปวดของกล้ามเนื้อจากการทำงานในอาชีพเกษตรกรชาวนาในช่วงเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา

ตัวแปร		ระดับความปวด			X^2	P-value
		ปวดน้อย	ปวดปานกลาง	ปวดมาก		
เพศ	ชาย	89	131	45	0.18	0.92
	หญิง	48	64	23		
ช่วงอายุ	อายุ 15 – 25 ปี	3	4	2	20.12	0.03
	อายุ 26 – 35 ปี	3	12	2		
	อายุ 36 – 45 ปี	38	45	10		
	อายุ 46 – 55 ปี	39	84	23		
	อายุ 56 – 65 ปี	42	37	25		
	อายุมากกว่า 65 ปี	12	13	6		
รายได้	ไม่เพียงพอ	9	43	19	36.22	0.00
	เพียงพอ	103	89	30		
	เหลือเก็บ	25	63	19		

ตัวแปร		ระดับความปวด			X^2	P-value
		ปวดน้อย	ปวดปานกลาง	ปวดมาก		
ระดับพฤติกรรม	ควรปรับปรุง	24	29	11	16.63	0.002
	พอใช้	110	136	46		
	ดีมาก	3	30	11		
ระดับความรู้	น้อย	3	1	0	4.99	0.29
	ปานกลาง	10	17	9		
	มาก	124	177	59		

อภิปรายผล

การปวดของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานในอาชีพเกษตรกรชาวนา ตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ตามตำแหน่งที่มีอาการปวดของกล้ามเนื้อมากที่สุด คือ หลังส่วนล่างจำนวน 337 คน (ร้อยละ 84.25) รองลงมาคือสะโพกและต้นขาจำนวน 226 คน (ร้อยละ 56.56) และน้อยที่สุดคือ มือและข้อมือจำนวน 40 คน (ร้อยละ 10.00) ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัสสา เพ็งสีแสง (2561) เรื่อง ปัจจัยคุกคามต่อสุขภาพของเกษตรกรชาวนา กรณีศึกษาชาวนาตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่า มีอาการเจ็บปวดร่างกายจากการทำนา ร้อยละ 99.73 มีอาการเจ็บปวดทุกวัน ร้อยละ 93.94 ซึ่งในขั้นตอนการทำนาดำนา มีผลทำให้มีอาการเจ็บปวดหลัง ร้อยละ 99.72 ในระดับความเจ็บปวดที่มาก ร้อยละ 89.53 ซึ่งจะเป็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนในการทำนานั้น มีปัจจัยคุกคามต่อสุขภาพหลากหลายด้านที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยก่อให้เกิดอาการเจ็บปวดร่างกาย ซึ่งต้องอาศัยการจัดการปรับปรุงลักษณะการทำงานอย่างมีระบบเพื่อลดปัญหา ต้องอาศัยหน่วยงานและบุคลากรหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้อง มาให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และจัดกิจกรรมส่งเสริม เช่น การออกกำลังกาย ยืดกล้ามเนื้อ เพื่อป้องกันและลดปัญหาทางด้านการยศาสตร์ที่เกิดขึ้น [6] (สุวัสสา เพ็งสีแสง, 2561) และสอดคล้องกับงานวิจัย เรื่อง ความปวด ความสามารถในการทำกิจกรรม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิริโชค ปะทิ (2560) ที่ศึกษาคุณภาพชีวิตของผู้ที่มีอาการปวดที่รับการรักษาด้วยการฉีดยาเข้าไขสันหลัง ผลการศึกษาพบว่า ความปวดของผู้ป่วยก่อนฉีดยามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.81 และลดลงเหลือ 3.96 และ 3.04 ตามลำดับหลังฉีดยา 1 และ 4 สัปดาห์ และผู้ป่วยมีความสามารถในการทำกิจกรรมมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาในต่างประเทศถึงผลของการฉีดสเตียรอยด์ต่อความปวดและความสามารถในการทำกิจกรรมหลังการฉีดยาเข้าไขสันหลัง (Eidural steroid injection: ESI) 1 และ 4 สัปดาห์กลุ่มตัวอย่างมีความปวดลดลง ความสามารถในการทำกิจกรรมสูงขึ้นกว่าก่อนฉีดยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คุณภาพชีวิตหลังฉีดยา 1 สัปดาห์สูงขึ้นกว่าก่อนฉีดยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงผลของการฉีดยาในการรักษาอาการปวด [7] (สิริโชค ปะทิ, 2560)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับอาการปวดของกล้ามเนื้อจากการทำงานในอาชีพเกษตรกรชาวนาในช่วงเวลา 3 เดือนที่ผ่านมาได้แก่ ช่วงอายุ รายได้ และระดับพฤติกรรม พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปวดหลังของบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (2560) ของวิภาดา ศรีเจริญ และนิธิพงศ์ ศรีเบญจมาศ ผลการศึกษาพบว่า ภายใน 6 เดือนที่ผ่านมาเพศหญิง ร้อยละ 75.90 มีความรู้สึกปวดมากบริเวณบ่า/ไหล่ ซ้ายขวาร้อยละ 33.30 ไม่มีโรคประจำตัวร้อยละ 66.20 มีค่าดัชนีมวลกายปกติร้อยละ 45.60 พฤติกรรมสุขภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับที่ดีร้อยละ 60.50 มีการยศาสตร์การทำงานอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 88.20 และโดยส่วนใหญ่บุคลากรมีความเครียดทั่วไปอยู่ในระดับต่ำร้อยละ 75.00 และไม่มีความเครียดจากการทำงาน 97.40 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโรคประจำตัว ดัชนีมวลกาย การยศาสตร์ของการทำงาน ความเครียดทั่วไปและความเครียดจากการทำงาน มี

ความสัมพันธ์กับการปวดหลังของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษาความชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอาการปวดหลังส่วนล่างของบุคลากรทางการพยาบาลในโรงพยาบาลนครปฐม (2562) [8]

4.บทสรุป

จากการศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะสุขภาพของอาชีพเกษตรกรชาวนา ตำบลหนอง ป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย ทำให้ทราบปัญหาและสาเหตุของปัญหาสุขภาพในขั้นตอนต่าง ๆ ของ อาชีพเกษตรชาวนาในการทำนา ทำให้ทราบความต้องการในการแก้ไขปัญหา สามารถนำผลการวิจัยไปสร้าง กิจกรรมส่งเสริมสุขภาพที่ดีลดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อเพื่อลดปัญหาต่อไป รวมถึงควรให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินหรือวินิจฉัยอาการปวดกล้ามเนื้อให้กับเกษตรกรชาวนา เพื่อให้เกิดความถูกต้องในการวิเคราะห์และประมวลผลต่าง ๆ เป็นประจำอย่างน้อยปีละครั้ง

5.กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกร ตำบลหนองป่าก่อ อำเภอดอยหลวง จังหวัดเชียงราย เป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้ข้อมูลและความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลือ แก้ไข ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์

6.เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองเชียงราย. (2562). รายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าว 2559/60 สำหรับตรวจสอบพื้นที่จริง. สำนักพิมพ์สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองเชียงราย

[2] สำนักงานสถิติจังหวัดเชียงราย. (2560).จำนวนเกษตรกรที่ปลูกข้าวทุกชนิด.สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2564.จาก http://chiangrai.nso.go.th/index.php?option=com

[3] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2561). อาการปวดหลังส่วนล่างในเกษตรกรชาวนากับบทบาทของพยาบาลชุมชน.สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2564 จาก https:///C:/Users/ASUS/Downloads/drsaisamornc,+Journal+manager,+1-

[4] กระทรวง สาธารณสุข. (2559). โรคข้อและกระดูก” ปัญหาส่วนใหญ่ที่มักพบเจอ. สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2564 จาก https://www.naturebiotec.com/bone-

[5] อรพันธ์ อันดิมานนท์ และคณะ. (2559). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปวดหลังของบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2564 จาก https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/psru/article/view/56898

[6] สุวัสสา เพ็งสีแสง. ปัญหาด้านการยศาสตร์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในชาวนาตำบลศรีวิชัย อำเภอวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร. [ภาคนิพนธ์], เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561 นภมณ ยารวง. (2561). อาการปวดหลังส่วนล่างในเกษตรกรชาวนากับบทบาทของพยาบาลชุมชน.สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2564 จาก https:///C:/Users/ASUS/Downloads/drsaisamornc,+Journal+manager,+1-9_%E0%B8%AD%E0%B8%B2.pdf

[7] สิริโชค ปะทิ. (2560). ความปวด ความสามารถในการทำกิจกรรม และคุณภาพวิกฤตของผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างที่รับการรักษาด้วยการฉีดยาเข้าไขสันหลัง.สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2564 จาก https://he02.tcithaijo.org/index.php/RNJ/article/view/9047/0

[8] A. Osborne และคณะ. (2562). ความชุกของความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานในอาชีพต่าง ๆ.สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2564 จาก https:///C:/Users/ASUS/Downloads/yingrata,+Journal+editor,+5. Pdf

การศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

Exercise behavior of the elderly in the situation of the epidemic of coronavirus disease 2019 in PaSak sub-district, Chiang Saen District, Chiang Rai

ศิริรัตน์ แสนศักหาญ[1] นิตยา จักร์มณี[1] ธนกฤต แสงอุ่ง[1] อนัญญา เหล่ารินทอง[1]
วัชรพงษ์ เรือนคำ[1*] และ สายฝน สุภาศรี[1]

[1]สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
*Email: watcharapong_r@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ และ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ และทัศนคติต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 342 คน กำหนดขนาดกลุ่ม ตัวอย่างด้วยการคำนวณจากสูตร Taro Yamane เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามโดยผ่านการตรวจสอบค่าความเที่ยงของเครื่องมือ คือ 0.73 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ สถิติหาจำนวนและร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการหาความสัมพันธ์โดยใช้ Chi – Square, Exact test และ Pearson Correlation ผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ พบว่า มีพฤติกรรมการออกกำลังกายอยู่ในระดับดี และพบว่า อายุ ระดับการศึกษา รายได้/เดือน แรงสนับสนุนจากครอบครัว อาชีพ และชนิดการออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และจากการศึกษาพบว่าระดับความรู้ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

คำสำคัญ : พฤติกรรมการออกกำลังกาย โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ผู้สูงอายุ

Abstract

The purpose of this research was to study the exercise behavior of the elderly and to study the relationship between personal factors, knowledge and attitudes towards exercise behavior of the elderly in the situation of viral infectious disease epidemic. Corona 2019 in Pa Sak Subdistrict Chiang Saen District Chiang Rai Province. The sample was 342 elderly people 60 years and over. The group size was determined by method. Example by calculating from Taro Yamane's formula. The tools used are: The questionnaire was tested for the reliability of the instrument was 0.73. The data were analyzed by using

Statistics for numbers and percentages, mean, standard deviation, and finding the relationship by using Chi-Square, Exact test and Pearson Correlation. According to the study of exercise behavior of the elderly, it was found that exercise behavior was at a good level. And analyzing factors related to exercise behavior, it was found that age, education level, income/month, family support, occupation and type of exercise. It was statistically related to the exercise behavior of the elderly with 0.05 significance. The exercise behavior has a statistically significant relationship with exercise behavior 0.01.

Keywords : Exercise behavior, Coronavirus disease 2019, Eiderly

1. บทนำ

ปัจจุบันการออกกำลังกายในผู้สูงอายุถือเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เนื่องจากผู้สูงอายุเกิดการถดถอยของ สมรรถภาพทางร่างกายง่ายกว่าวัยอื่นๆ เป็นวัยที่ระบบต่างๆในร่างกายมีการเสื่อมสภาพจากร่างกายที่มีความ เปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนทางด้านอารมณ์และจิตใจร่วมด้วย ซึ่งเป็นผลให้เกิดโรคต่างๆตามมา โดยเฉพาะโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด โรคกระดูกและข้อ และโรคทางระบบประสาท การออกกำลังกาย สำหรับผู้สูงอายุมีวัตถุประสงค์ในการเสริมสร้างความแข็งแรงของระบบต่างๆในร่างกาย โดยเฉพาะระบบหัวใจ ช่วยชะลอความเสื่อมของระบบต่าง ๆ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับกล้ามเนื้อ เพิ่มความ ยืดหยุ่นของร่างกาย ปรับระบบการทำงานของระบบต่าง ๆ ให้มีความสมดุล (พญาไท, 2562) นอกจากนี้ การออกกำลังกายในผู้สูงอายุยังช่วยให้ผู้สูงอายุได้พบปะกับผู้คน ช่วยให้ผู้สูงอายุได้เข้าสังคมมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อ สุขภาพจิตและอารมณ์ของผู้สูงอายุอายุ ช่วยลดการเกิดภาวะซึมเศร้าได้

ในผู้สูงอายุที่ขาดการออกกำลังกาย จะส่งผลให้ไม่กระฉับกระเฉงอีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรค นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดอาการปวดตามข้อต่างๆ กระดูกเปราะบาง เหนื่อยล้า อ่อนเพลีย หงุดหงิดง่าย นอนไม่หลับ รวมถึงมีความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้าได้ง่ายขึ้น ซึ่งในปัจจุบันนี้พบว่าผู้สูงอายุขาดการออกกำลังกาย ส่งผลให้ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มักป่วยเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังจำนวนมากจากข้อมูลประชากรของประเทศไทย ปี 2560 มีประชากรคนไทย 65.5 ล้านคน ซึ่งเป็นผู้สูงอายุ 11 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 17 ของประชากรทั้งหมด (วิไลพิน แก้วเพ็ง และ อรพิน ทิพย์เดช, 2563) จากการสำรวจประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2557 พบว่า มีผู้สูงอายุที่ออกกำลังกายเป็นประจำมีเพียง ร้อยละ 32.4 และอีกร้อยละ 67.6 เป็นผู้สูงอายุที่ออกกำลัง กายเพียงเล็กน้อยหรือผู้สูงอายุที่ไม่มีการออกกำลังกายเลย นอกจากนี้ยังพบว่าผู้สูงอายุมีการออกกำลังกายลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้น (ชลธิดา จันทคีรี, 2559) โดยผู้สูงอายุมักเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังอย่างน้อย 1 โรค คิดเป็นร้อยละ 69.3 (ชลธิดา จันทคีรี, 2559) เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วนลงพุง โรคเส้นเลือดในสมองตีบ และโรคสมองเสื่อม เป็นต้น โรคเหล่านี้อันนำไปสู่การเสียชีวิตในที่สุดซึ่งสาเหตุของการเกิดโรคล้วนมีสาเหตุมาจากการขาดออกกำลังกายร่วยด้วย

การติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในจังหวัดเชียงราย ส่งผลกระทบทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม การศึกษา สุขภาพ เช่น สถานศึกษาไม่ว่าจะเป็นโรงเรียน หรือการศึกษา ระดับอุดมศึกษาต้องปิดลง มีการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ ตลาดบางพื้นที่ในจังหวัดมีการปิดชั่วคราว ซึ่งสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 นี้ทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนพบ ผู้ป่วยติดเชื้อที่เพิ่มมากขึ้นทุกวันทำให้สถานที่ออกกำลังกายแบบกลางแจ้ง เช่น สวนสาธารณะบางพื้นที่ต้องปิดให้บริการและทำให้การออกกำลังกายของผู้สูงอายุที่ออกกำลังกายในสถานที่นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไป

จากสถานการณ์ดังกล่าวยังส่งผลให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมการ ออกกำลังกายที่ลดลง เนื่องจากผู้สูงอายุมี ความหวาดกลัว จึงทำให้ผู้สูงอายุไม่กล้าออกไปไหน จากเดิมที่ผู้สูงอายุมีการออกกำลังกายน้อยแล้วหรือ ผู้สูงอายุที่ออกกำลังกายเป็น

ประจำ เมื่อมีสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เข้ามา ทำให้ผู้สูงอายุไม่มีการออกกำลังกายเลยหรือมีการออกกำลังกายน้อยลง

การออกกำลังกายของผู้สูงอายุในช่วงการแพร่ระบาด ของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดยหมู่บ้านที่ผู้วิจัยต้องการศึกษาคือ ตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัด เชียงรายซึ่งในตำบลป่าสัก มีประชากร ทั้งหมด 7,860 คน และมีจำนวนประชากรที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป มีทั้งหมด 1,956 คน (HDC-Dashboard ,2564) จัดเป็นสังคมชนบท และเป็นหมู่บ้านที่ค่อนข้างมีผู้สูงอายุ จำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ในสถานการณ์การ แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย และศึกษา ปัจจัยที่ทำให้ผู้สูงอายุมีการออกกำลังกาย อันนำไปสู่ข้อมูลที่เป็นประโยชน์นำไปต่อยอดการส่งเสริมการออก กำลังกายในผู้สูงอายุ เพื่อให้ผู้สูงอายุมีสมรรถภาพที่ร่างกายที่ดี และมีคุณภาพชีวิตที่ดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ และทัศนคติกับพฤติกรรมการออกกำลัง กายของผู้สูงอายุในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียง แสน จังหวัดเชียงราย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาเชิงพรรณนา ณ จุดเวลาหนึ่งแบบตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Study)

พื้นที่การศึกษา

บ้านแม่คำเกษตรหมู่ 1 บ้านแม่ตคำหนองบัวหมู่ 2 และบ้านแม่คำใต้หมู่ 3 ตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย

ประชากร

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้สูงอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่อาศัยอยู่ใน ตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย โดยประชากรผู้สูงอายุทั้งหมดมีจำนวน 1,956 คน (ข้อมูล ทะเบียนราษฎร์กระทรวงสาธารณสุข)

กลุ่มตัวอย่าง

คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Taro Yamane ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 342 คน

N = จำนวนประชากรตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 1,956 คน n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 342 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบสอบถามการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในสถานการณ์การ แพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงรายประกอบด้วย 4 ส่าน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทวั่ ไปส่วนบุคคล จำนวน 12ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย สถานภาพสมรส อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ โรคประจำตัว แรงสนับสนุนการออกกำลังกายจากสมาชิกในครอบครัว สมาชิกใน ครอบครัว ประวัติการหกล้มหรือเกิดอุบัติเหตุในอดีตที่เป็นอุปสรรค์ต่อการออกกำลังกาย และการออกกำลัง กาย

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้ ความเข้าใจทางสุขภาพเกี่ยวกับการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ จำนวน 12 ข้อ

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามทัศนคติที่เกี่ยวกับการออกกำลังกายจำนวน 12 ข้อ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมเกี่ยวกับการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ จำนวน 13 ข้อ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ ไวรัสโคโรนา 2019 ในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำ ประเด็นที่ค้นพบมาอภิปรายได้ ดังนี้

1.พฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

ตารางที่ 1 แสดงจำนวน และร้อยละโดยจำแนกตามระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้ที่ตอบแบบสอบถาม (n = 342)

ระดับ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับพฤติกรรมไม่ดี	16	4.7
ระดับพฤติกรรมปานกลาง	38	11.2
ระดับพฤติกรรมดี	288	84.1
รวม	**342**	**100.0**

จากตารางจำนวนและร้อยละโดยจำแนกตามระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย จำนวน 342 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับพฤติกรรมดี จำนวน 288 คน (ร้อยละ 84.1)

ผลการวิเคราะห์ระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ จากผลผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ บรรจง พลไชย (2558) ที่ศึกษาเรื่องพฤติกรรมการออกกำลังกายและปัจจัยเอื้อต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลเมืองนครพนม พบว่า ผู้สูงอายุที่พฤติกรรมการออกกำลังกาย โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยพฤติกรรมการออกกำลังกายอยู่ในระดับ ปานกลาง 3 อันดับแรก ได้แก่ ผ่อนคลายกล้ามเนื้ออย่างน้อย 5 นาทีหลังออกกำลังกาย ออกกำลังกายอย่างน้อย 3 วัน/สัปดาห์ และออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในเวลา 30 นาที โดยไม่หยุดพัก

2.ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ และทัศนคติต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ (n = 342)

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ			X^2	P-Value	Exact P - value
	ไม่ดี	ปานกลาง	ดี			
เพศ						
ชาย	6	22	118	4.114	0.128	
หญิง	10	16	170			
อายุ						
60 – 69	1	15	216	0.000*		0.000*
70 – 79	4	4	69			

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ			X^2	P-Value	Exact P - value
	ไม่ดี	ปานกลาง	ดี			
80 – 89	5	2	0			
90 – 99	6	2	0			
สถานภาพสมรส						
โสด	0	0	13			0.125
สมรส	7	29	188			
หม้าย/หย่า/แยก	9	9	87			
อาชีพ						
ไม่ประกอบอาชีพ	15	25	103			0.000*
เกษตรกรรม	1	2	94			
รับจ้างทั่วไป	0	9	70			
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	0	2	18			
อื่นๆ	0	0	3			
ระดับการศึกษา						
ต่ำกว่าประถมศึกษา	14	13	149			0.006
ประถมศึกษา	2	25	135			
มัธยมศึกษาตอนต้น	0	0	4			
มัธยมศึกษาปลาย	0	0	0			
อนุปริญา/ปวส.	0	0	0			
ปริญาตรีหรือสูงกว่า	0	0	0			
รายได้/เดือน						
น้อยกว่า 1000 บาท	16	28	132			0.000*
1001 - 5000 บาท	0	9	106			
5001 – 10000 บาท	0	1	40			
มากกว่า 10000 บาท	0	0	10			
แรงสนับสนุนในครอบครัว						
มีแรงสนับสนุนจากครอบครัว	1	4	86	9.989	0.007	
ไม่มีแรงสนับสนุนจากครอบครัว	15	34	202			
การออกกำลังกาย						
มีการออกกำลังกาย	2	20	258	85.308	0.000*	
ไม่มีการออกกำลังกาย	14	18	30			
ชนิดการออกกำลังกาย						
ไม่ออกกำลังกาย	14	18	30			0.000*
ไม่ใช้อุปกรณ์	2	16	184			
ใช้อุปกรณ์	0	4	74			

ปัจจัยส่วนบุคคล	ระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ			X^2	P-Value	Exact P - value
	ไม่ดี	ปานกลาง	ดี			
ความถี่ในการออกกำลังกาย/สัปดาห์						
ไม่ออกกำลังกาย	14	18	30			0.000*
น้อยกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์	2	14	134			
มากกว่า3 ครั้ง/สัปดาห์	0	6	124			
ระยะเวลาในการออกกำลังกาย						
ไม่ออกกำลังกาย	14	18	30			0.000*
น้อยกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์	2	14	134			
มากกว่า3 ครั้ง/สัปดาห์	0	6	124			
ช่วงเวลาในการออกกำลังกาย						
ไม่ออกกำลังกาย	14	18	30			0.000*
เช้า	2	12	100			
กลางวัน	0	0	1			
เย็น	0	8	156			
อื่นๆ	0	0	1			

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล กับระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย พบว่า อายุ ระดับการศึกษา รายได้/เดือน แรงสนับสนุนจากครอบครัว อาชีพ และชนิดการออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

เพศ สถานภาพสมรส ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ 0.05 จากผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชลลดา บุตรวิชา (2561) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัย ที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในชมรมเสริมสร้างสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเขต สายไหม กรุงเทพมหานคร พบว่าเพศ สถานภาพสมรส มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของ ผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่มีความสัมพันธ์ ทั้งนี้มาจากผู้สูงอายุตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย มีลักษณะเป็นชุมชนชนบท บางรายอาจไม่มีการออกกำลังกายแต่มีการ เคลื่อนไหวจากการทำงานบ้าน บางรายชอบพบปะกับเพื่อนบ้านมักมีการเดินหรือปั่นจักรยานไปเที่ยวบ่อยๆ จึงทำให้เพศ และสถานภาพสมรสไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

อายุ ระดับการศึกษา รายได้ต่อเดือน มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จากผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ สมบัติ กาวิลเครือ (2560) ที่ ศึกษาเรื่องปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุอำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง พบว่า ยิ่งมีอายุเพิ่มขึ้นพฤติกรรมการออกกำลังกายจะลดลง การศึกษาที่ระดับแตกต่างกัน จะมีพฤติกรรมการออก กำลังกายแตกต่างกัน และรายได้เพิ่มมากขึ้นจะมีพฤติกรรมการออกกำลังกายมากขึ้นด้วย

แรงสนับสนุนจากคนในครอบครัว มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จากผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ตวงพร กตัญญุตานนท์ และคณะ (2562) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มี

ความสัมพันธ์กับกิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุหมู่บ้านแห่งหนึ่งในตำบลบางปลา อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ พบว่า แรงสนับสนุนจากครอบครัวมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมออกกำลัง กายของผู้สูงอายุ การที่สมาชิกในครอบครัวมีส่วนร่วมด้วย การให้กำลังใจและสนับสนุนด้านต่างๆแก่ผู้สูงอายุ จะทำให้เกิดการออกกำลังอย่างสม่ำเสมอ

อาชีพ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จากผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อัฑฒ์ ภาคศิรี และ ปริญญาภรณ์ พจน์อริยะ (2563) ที่ศึกษา เรื่องพฤติกรรมการออกกำลังกายของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงสถานการณ์โควิด-19 พบว่า อาชีพที่ต่างกันจะทำให้มีพฤติกรรมการออกกำลังกายแตกต่างกันออกไป เมื่อมีการประกอบอาชีพน้อยลงจะทำ ให้มีพฤติกรรมการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้น

ชนิดการออกกำลังกาย ความถี่ในการออกกำลังกาย ระยะเวลาในการออกกำลังกาย และช่วงเวลาใน การออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จากผลการศึกษานี้สอดคล้องกับหลักการออกกำลังกาย FITT ของ ACSM โดย นพ. อรรถพล แก้วสัมฤทธิ์ (IHL Cares, 2562) สรุปได้ว่า ความถี่ในการออกกำลังกาย 3 -5 ครั้ง/สัปดาห์ ความหนักในการออกกำลังกายจะเน้นไปที่การออกกำลังกายแบบต่อเนื่องเช่น เดิน วิ่ง ปั่นจักรยาน ระยะเวลาในการออกกำลังกายในแต่ละครั้ง ควรรใช้เวลา 10-30 นาที หรือมากกว่านี้ก็ได้ถ้าร่างกายชินแล้ว ชนิดการออกกำลังกายแบ่งเป็น 3 ชนิด โดย ชนิดแรกคือ การเดิน การวิ่ง การปั่นจักรยาน ชนิดที่สองคือการยกน้ำหนักหรือบอดี้เวท ชนิดที่สามคือการยืดเหยียดเพื่อบรรเทาออกการปวดเมื่อยตามร่างกาย

2.2 ผลการวิเคราะห์ความรู้ต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ (n = 342)

ความสัมพันธ์	R	P-Value
ความรู้ – พฤติกรรม	-0.176	0.001

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 00.1

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย พบว่า ทัศนคติกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 00.1

จากผลการวิจัย พบว่า ความรู้กับพฤติกรรมมีความสัมพันธ์ทางลบกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 จากผลการศึกษานี้ไม่ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พุฒิพงศ์ มากมาย (2565) ที่ศึกษาเรื่อง พฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ตำบลแม่ท้อ อำเภอเมือง จังหวัดตาก พบว่า ปัจจัยนำด้านความรู้เกี่ยวกับการออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ (r = 0.143, p-value = 0.013) แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่มีความสัมพันธ์ เนื่องจากมีความสัมพันธ์ทางลบ หากผู้สูงอายุมีความรู้มากพฤติกรรมการออกกำลังกายจะลดลง ทั่งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้สูงอายุมีความรู้ว่าการเดินหรือการทำงานบ้าน ถือว่าเป็นการออกกำลังกายจึงทำให้เมื่อ มีความรู้มากพฤติกรรมจึงลดลง และเนื่องด้วยสถาณการณ์โควิด-19 จึงทำให้ผู้สูงอายุถึงแม้จะมีการรับรู้ประโยชน์ของการออกกำลังกายมากแค่ไหนก็กลัวที่จะติดโควิด-19

2.3 ผลการวิเคราะห์ทัศนคติต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ (n = 342)

ความสัมพันธ์	R	P-Value
ทัศนคติ – พฤติกรรม	0.021	0.700

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 00.1

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย พบว่า ทัศนคติกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 00.1

จากผลการวิจัย พบว่า ทัศนคติกับพฤติกรรมไม่มีความสัมพันธ์ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 จากผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้อง กับผลงานวิจัยของ ธาริน สุขอนันต์ และคณะ (2557) ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการออกกำลัง กายของผู้สูงอายุ ในเขตเทศบาลเมืองบ้านสวน จังหวัดชลบุรี พบว่า ทัศนคติการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพมี ความสัมพันธ์กัยพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในเชิงบวกระดับต่ำ แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่มีความสัมพันธ์ เนื่องจาก ผู้สูงอายุมีความรู้สึก หรือความเชื่อด้านลบเกี่ยวกับสถานการณ์โควิด-19 ว่าในช่วงโค วิด-19 จะทำให้เสี่ยงต่อการติดเชื้อ หรือในช่วงโควิด-19 ทำให้มีการออกกำลังกายน้อยลง จึงส่งผลให้ทัศนคติ ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกาย

4. บทสรุป

1. ระดับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 342 คน โดยรวมอยู่ในระดับดี

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกาย พบว่า อายุ ระดับการศึกษา รายได้/เดือน แรงสนับสนุนจากครอบครัว อาชีพ และชนิดการออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ยกเว้น เพศ และสถานภาพสมรสที่ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และจากการศึกษาพบว่าระดับความรู้ กับพฤติกรรมการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ใหญ่บ้านแม่คำเกษตรหมู่1ผู้ใหญ่บ้านแม่คำหนองบัวหมู่2และผู้ใหญ่บุญ แม่คำใต้ หมู่ 11 ตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงรายที่อำนวยความสะดวกและประชาสัมพันธ์ในการ เก็บข้อมูลวิจัย และขอขอบพระคุณผู้สูงอายุ บ้านแม่คำเกษตร หมู่ 1 บ้านแม่คำหนองบัว หมู่ 2 และบ้านแม่คำใต้ หมู่ 11 ตำบลป่าสัก อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ที่ได้อนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ชลลดา บุตรวิชา. (2561). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในชมรม เสริมสร้างสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร . (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกริก

[2] ชลธิดา จันทคีรี. (2559). การส่งเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายในผู้สูงอายุที่เปาะบาง . วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา , 24(2), 1-13.

[3] ตวงพร กตัญญุตานนท์ และคณะ. (2562). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุหมู่บ้านแห่งหนึ่งในตำบลบางปลา อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ.วารสารมฉก.วิชาการ , 23(1), 1-14.

[4] ธาริน สุขอนันต์ และคณะ. (2555). ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลเมืองบ้านสวน จังหวัดชลบุรี. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา , 9(2), 66-75.

[5] นพ.อรรถพล แก้วสัมฤทธ์. (2562). การออกกำลังกายในผู้สูงอายุ ใครๆก็ทำได้ ด้วยกลักการ FITT. สืบค้น เมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://www.ihlcares.com/blogs/news/fitt

[6] บรรจง พลไชย. (2558). พฤติกรรมการออกกำลังกายและปัจจัยเอื้อต่อการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ในเขตเทศบาลเมืองนครพนม. วารสารมหาวิทยาลัยพายัพ , 25(1), 188-131.

[7] โรงพยาบาลพญาไทย3. (2562). ประโยชน์ของการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ .สืบค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2564, จาก https://phyathai3hospital.com/home/ประโยชน์ของการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ

[8] พุฒิพงศ์ มากมาย. (2565). พฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ตำบลแม่ท้อ อำเภอเมือง จังหวัดตาก. วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน, 8(1), 60-72.

[9] วิไลพิน แก้วเพ็ง และ อรพิน ทิพย์เดช. (2563). การพัฒนาระบบการดูแลสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุในพื้นที่เกาะ ที่สมาชิกครัวเรือนย้ายถิ่นไปทำงานที่ประเทศมาเลเซีย. วารสารAL-NUR บัณฑิตวิทยาลัย , 15(28), 55-66.

[10] สมบัติ กาวิลเครือ. (2560). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ อำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง .วารสารดุษฎีบัณฑิตทางสังคมศาสตร์ , 7(3), 161-173

[11] อัฑฒ์ ภาคคีรี และ ปริญญาภรณ์ พจน์อริยะ. (2563). พฤติกรรมการออกกำลังกายของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงสถานการณ์โควิด-19 . (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัย รามคำแหง.

[12] HDC-Dashboard. (2564). ทะเบียนราษฎร์กระทรวงสาธารณสุข .สืบค้นเมื่อ 18 มกราคม 2565, จาก https://hdcservice.moph.go.th/hdc/main/index.php.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชน ในจังหวัดเชียงราย

Factors Associated with Youth Sexual Harassment Behavior in Chiang Rai

ณิชชา สันสุวรรณ[1] สุวนันท์ ดอกคำ[1] ชนัชชา งามตะคุ[1] มณุเชษฐ์ มะโนธรรม[1] จุฑามาศ เมืองมูล[1]
วัชรพงษ์ เรือนคำ[1] และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1*]

[1]สาขาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
*Email: Phatcharin.win@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงรายและศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่างคือ ประชากรเยาวชนในจังหวัดเชียงราย จำนวน 403 คน จากการคำนวณด้วยสูตร Taro Yamane เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถามออนไลน์ที่ผ่านการตรวจสอบดัชนีค่าความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้เท่ากับ .746 และทดสอบความเชื่อมั่นได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ .727 วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล โดยใช้การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนความรู้ ทัศนคติ การป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย โดยใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ เช่น Chi-square test และ Exact test ผลการศึกษา ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกกรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย พบว่า การดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ เคยเที่ยวสถานบันเทิง ความรู้ความเข้าใจต่อพฤติกรรมค่อการถูกคุกคามทางเพศ ทัศนคติเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ และการป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นเยาวชนในจังหวัดเชียงรายควรตระหนักถึงผลกระทบเกี่ยวกับการถูกคุกคามทางเพศและควรจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะในการป้องกันตัวของเยาวชนอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: พฤติกรรมเสี่ยง การถูกคุกคามทางเพศ การถูกคุกคามทางเพศถึงที่ เยาวชน

Abstract

The objective of this survey research was to study the risk behaviors of sexual harassment among youth in Chiang Rai Province and to study factors related to sexual harassment risk behaviors among youth Chiang Rai. The sample was a youth population in Chiang Rai province of 403 people, calculated by the Taro yamane formula. The tools used are: Ask online if Passed a conformity index by 3 experts: .746

and a confidence test. Cronbach's alpha coefficient is.727. The data were analyzed by distribution, frequency, percentage, mean, standard deviation. Personal factors, knowledge, attitudes, prevention of sexual harassment risk behaviors and analysis. Factors associated with risk behaviors of sexual harassment of youth in Chiang Rai using analytical statistics such as chi-square and accurate testing. Sexual risk department behavior Child molestation in Chiang Rai was found to drink alcohol, smoke, entertainment venues, perceptions of behavior towards sexual harassment attitudes related to risk behaviors of sexual harassment and prevention is good behavior for sexual harassment relationships. It is statistically significant at the 0.05 level, so Chiang Rai youths should be informed. The impact of sexual harassment and youth self-defense skills promotion youth.

Keywords: Risk behaviors Sexual Harassment Sexual Harassment Arrive at Youth

บทนำ

การคุกคามทางเพศ (Sexual Harassment) เป็นปัญหาความรุนแรงที่เกิดขึ้นในสังคมไทยนั้นปัจจุบันมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กและเยาวชนได้แก่ การถูกทำร้ายร่างกาย การถูกล่วงละเมิดทางเพศและเรามักจะได้เห็นและได้ยินข่าวความรุนแรงและภัยคุกคามทางเพศที่เกิดขึ้นกับเยาวชนมากมาย สะท้อนให้เห็นว่าเหตุการณ์ต่างๆ ไม่ใช่เรื่องไกลตัวเลย ทั้งการล่วงละเมิดทางเพศ การกระทำรุนแรงที่เกิดขึ้นกับเยาวชน และพบว่าผู้กระทำมักเป็นคนที่มีความใกล้ชิดกับเยาวชนและเป็นคนที่ไว้วางใจ ผลกระทบที่เกิดขึ้นนอกจากร่างกายแล้วผลต่อภาวะจิตใจของเยาวชนที่ถูกกระทำ ส่งผลให้เกิดภาวะความเครียดที่เกิดขึ้นภายหลังเหตุการณ์กระทบกระเทือนจิตใจอย่างรุนแรงจะส่งผลต่อ มุมมองเรื่องเพศของตัวเองและโลกภายนอกอีกด้วย [1] การถูกคุกคามทางเพศ เป็นการกระทำใด ๆ หรือพฤติกรรมที่ส่อไปในทางเพศที่เป็นการบังคับใช้อำนาจที่ไม่พึงปรารถนา ด้วยวาจา ข้อความ ท่าทาง แสดงด้วยเสียง รูปภาพ เอกสารข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งของลามกอนาจารเกี่ยวกับเพศ หรือกระทำอย่างอื่นในทำนองเดียวกันโดยประการที่น่าจะทำให้ผู้อื่นได้รับความเดือดร้อนรำคาญ ได้รับความอับอาย หรือรู้สึกว่าถูกเหยียดหยามและให้หมายรวมถึงการแสดงออกถึงพฤติกรรมที่สื่อความหมายในเรื่องเพศโดยที่ฝ่ายถูกคุกคามรู้สึกไม่พอใจและไม่ต้องการให้เกิดขึ้น หรือการแสดงสัญลักษณ์ที่แสดงความหมายในทางเพศแม้บางรายอาจจะมีความรุนแรงน้อย แต่บางรายก็มีความรุนแรงมาก [2]

จากปัญหาการล่วงละเมิดทางเพศในกลุ่มเยาวชน เป็นสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกบริบทของสังคม โดยมูลนิธิหญิงชายก้าวไกลร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ได้เปิดเผยสถิติความรุนแรงทางเพศจากข่าวหนังสือพิมพ์ พ.ศ. 2554 จำนวน 5 ฉบับ คือ ไทยรัฐ เดลินิวส์ มติชน ข่าวสด และคมชัดลึก พบข่าวการถูกคุกคามทางเพศ จำนวน 158 ข่าว แบ่งเป็น การข่มขืน 112 ข่าว รองลงมา คือ การรุมโทรม 17 ข่าว พยายามข่มขืน จำนวน 14 ข่าว อนาจาร 12 ข่าว และพรากผู้เยาว์ 3 ข่าว [3] นอกจากนี้การคุกคามทางเพศในพื้นที่กายภาพ (sexual harassment in the physical space) เป็นปัญหาสังคมต่อผู้คนจำนวนมากทั่วโลก [4] เนื่องจากคุกคามทางเพศส่งผลกระทบทั้งทางด้านจิตใจและร่างกายของผู้ตกเป็นเหยื่อ เช่น เกิดความวิตกกังวล เกิดสภาวะกดดัน เกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัย รบกวนการนอนหลับ เกิดความเหนื่อยล้า เบื่ออาหารและอาจถึงขั้นต้องพึ่งพาแอลกอฮอล์เพื่อบรรเทาความทุกข์นี้ [5] การมาถึงของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตได้เปิดพื้นที่ใหม่ให้การคุกคามทางเพศที่ แต่เดิมอยู่เฉพาะในพื้นที่กายภาพให้สามารถเกิดขึ้นได้บนพื้นที่ไซเบอร์ (cyberspace) การคุกคามลักษณะนี้เรียกว่า“ การคุกคามทางเพศบนอินเทอร์เน็ต ” (sexual harassment on the Internet, cyber sexual harassment หรือ online sexual harassment) จากปัญหา Sexual Harassment เกิดขึ้นได้กับทุกคน ไม่ใช่แค่เพียงผู้หญิงวัยรุ่นเท่านั้น แต่เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ชาย เพศทางเลือกก็สามารถตกเป็นเหยื่อได้ เพราะความไม่รู้และ

ความเคยชินที่หล่อหลอมความคิดคนในสังคมมาหลายรุ่น การจะผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีได้คงต้องเริ่มที่ตัวเองก่อน เริ่มจากการให้เกียรติกันมากขึ้น การระมัดระวังคำพูดและการกระทำให้มากขึ้น รวมไปถึงการ กล้าที่จะปฏิเสธปกป้องตนเอง และขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นเมื่อตกอยู่ในสถานการณ์น่าอึดอัดเหล่านี้ ถ้าสังคมเริ่มตระหนัก การคุกคามแม้เพียงเล็กน้อยก็คงจะไม่ใช่เรื่องปกติอีกต่อไปที่กล่าวมาข้างต้น

ดังนั้นถ้าสามารถป้องกันการคุกคามทางเพศของประชาชนและเยาวชนให้รอดพ้นจากการตกเป็นเหยื่อของความรุนแรงและใช้ชีวิตอยู่ในสังคมได้ปกติสุข การป้องกันปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายโดยเสริมสร้างวัฒนธรรมไม่ยอมรับความรุนแรงทางเพศทุกรูปแบบร่วมสร้างมุมมองใหม่ต่อผู้ถูกกระทำความรุนแรงทางเพศ และเริ่มสร้างพลังอำนาจให้ผู้ถูกกระทำให้สามารถก้าวผ่านปัญหาไปได้ ขณะเดียวกันก็ต้องสร้างความเข้าใจทุกระดับและวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมมีการสร้างกลยุทธ์ในการป้องกันการถูกคุกคามทางเพศโดยนำเสนอเป็นสื่อสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ง่ายสามารถนำความรู้ไปปฏิบัติ และเป็นแนวทางที่จะช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป [6]

จากข้อมูลที่ศึกษามาพบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่อการคุกคามทางเพศยังคงได้รับความสนใจน้อยมาก และยังไม่มีการสำรวจในกลุ่มเยาวชนและประชาชนทั่วไปผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย และศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงรายเพื่อจะได้ทราบความคิดเห็นของกลุ่มเยาวชนและประชาชนทั่วไปที่มีความรู้ในเรื่องการคุกคามทางเพศกับการล่วงละเมิดทางเพศ แล้วยังได้องค์ความรู้เรื่องการคุกคามทางเพศในสังคมไทย เพื่อเป็นแนวทางที่จะช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป

วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย โดยใช้รูปแบบการศึกษาเชิงพรรณนา ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่งแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Study)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ เยาวชนในจังหวัดเชียงราย จำนวน 10,563 คน และขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Taro Yamane ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 385 คน จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 385 คน และเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็น 400 คน และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งแบ่งเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 10 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า มี 2 ระดับ คือ ใช่ ไม่ใช่ โดยมีเกณฑ์ ดังนี้แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้เรื่องการถูกคุกคามทางเพศ ประกอบด้วยจำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ใช่ คือ 1 คะแนน
ไม่ใช่ คือ 0 คะแนน การแบ่งระดับความรู้แบ่งเป็น 3 ระดับคือระดับความรู้ต่ำ ปานกลาง สูง แบ่งระดับโดยอิงเกณฑ์ของ (Best,1977)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามทัศคติที่มีต่อการถูกคุกคามทางเพศ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า มี 5 ระดับ คือ เห็นด้วยด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย และเห็นด้วยน้อยที่สุด ใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับคะแนนของเบสท์ (Best, 1977) จำนวน 9 ข้อ แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติและการรับรู้พฤติกรรมเสี่ยงต่อการ

ถูกคุกคามทางเพศ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับคะแนนของเบสท์ (Best, 1977) โดยมีเกณฑ์คะแนนการแปลผลคะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับ

ส่วนที่ 4 แบบสอบเกี่ยวกับการป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า มี 3 ระดับ คือ มาก ปานกลางและน้อย แบ่งระดับโดย อิงเกณฑ์ของ Best, (1977) จำนวน 9 ข้อ

ส่วนที่ 5 ข้อแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า มี 5 ระดับเป็นประจำ บ่อยครั้ง นาน ๆ ครั้ง และไม่เคย จำนวน 10 ข้อ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ทุกวัน	หมายถึง	มีการปฏิบัติเป็นประจำทุกวัน
เป็นประจำ	หมายถึง	มีการปฏิบัติ 5-7 ครั้ง/สัปดาห์
บ่อยครั้ง	หมายถึง	มีการปฏิบัติ 3-4 ครั้ง/สัปดาห์
นานๆครั้ง	หมายถึง	มีการปฏิบัติ 1-2 ครั้ง/สัปดาห์
ไม่เคย	หมายถึง	ไม่เคยปฏิบัติเลย

ซึ่งเป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ท Likert, (1967) ลักษณะคำถามมีทั้งข้อคำถามทางลบจำนวน 9 ข้อ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับคะแนนของเบสท์ [7] Best,(1977) โดยมีเกณฑ์คะแนนการแปลผลคะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับ

การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลความตรง (Validity) โดยนำเครื่องมือไปหาคุณภาพเครื่องมือโอยใช้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (Expert) ผลการวิเคราะห์มีดัชนีค่าความพ้องไม่ต่ำกว่า 0.5 โดยวิธีการดังต่อไปนี้

2. การวิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) ที่ยอมรับได้คือ มากกว่า 0.7 นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบสอบถามออนไลน์) ไปทดลองใช้ (Try Out) เพื่อหาค่าความเที่ยง (Reliability) กับเยาวชนในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 40 คน วิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.796 และปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือการวิจัยจนสมบูรณ์และพร้อมที่จะนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลจริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ ทัศนคติเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ

2. สถิติเชิงวิเคราะห์ (Analysis Statistics) เช่น Chi-square test หรือ Exact test เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 60.2) ระดับอายุ18-20ปี (ร้อยละ 51.1) นับถือศาสนาพุทธ (ร้อยละ 90.1) การศึกษาระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 55.0) อาศัยอยู่บ้านตนเอง (ร้อยละ 48.4) มีพฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ 74.2) การสูบบุหรี่ (ร้อยละ 31.5) และการเที่ยวสถานบันเทิง (ร้อยละ 70.7)

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านปัจจัยนำของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 403 ตอบแบบสอบถามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ พบว่า ข้อที่ส่วนใหญ่ตอบถูกมากที่สุดคือการคุกคามทางเพศไม่ว่าจะกระทำการทางออนไลน์หรือออฟไลน์ถือว่าเข้าข่ายการกระทำความผิดทางกฎหมาย จำนวน 396 คน (ร้อยละ 98.3) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ (n=403)

ความรู้ความเข้าใจ	ถูกต้อง		ไม่ถูกต้อง	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. การคุกคามทางเพศคือการถูกกระทำทางเพศ	345	85.6	58	14.4
2. การคุกคามทางเพศคือการล่วงละเมิดในทุกรูปแบบ เช่น พูดจาล่วงเกิน พูดเกี่ยวกับเรื่องเพศ การจ้องมองส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นต้น	391	97.0	12	3.0
3. การถูกข่มขืนเป็นการถูกคุกคามทางเพศ	385	95.5	18	4.5
4. การดื่มแอลกอฮอล์ทำให้เสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ	365	88.3	47	11.7
5. การที่เด็กนั่งดริ้ง สาวเชียร์เบียร์ถูกลวนลามขณะทำงานในสถานบันเทิงถือว่าเป็นการถูกคุกคามทางเพศ	380	94.3	23	5.7
6. การเปิดเผยอวัยวะเพศที่ไม่ควรดูอย่างเจตนาถือว่าเป็นการคุกคามทางเพศ	364	90.3	39	9.7
7. การใช้วาจาที่ส่อไปในเชิงชู้สาวต่อผู้อื่น ถือเป็นการคุกคามทางเพศ	382	94.8	21	5.2
8. การสัมผัสร่างกายผู้อื่นโดยที่ไม่ยินยอมถือว่าเป็นการคุกคามทางเพศ	390	96.8	13	3.2
9. บุคคลซึ่งไม่สามารถควบคุมตนเองหรือยับยั้งอารมณ์ความต้องการทางเพศเป็นผู้มีความผิดปกติทางจิต	386	95.8	17	4.2
10. การคุกคามทางเพศไม่ว่าจะกระทำการทางออนไลน์หรือออฟไลน์ ถือว่าเข้าข่ายการกระทำความผิดทางกฎหมาย	396	98.3	7	1.7

ระดับทัศนคติของผู้กรอกแบบสอบถามทั้งหมด ข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือทุกคนมีโอกาสที่จะตกเป็นเหยื่อของการ ถูกคุกคามทางเพศอยู่ในระดับมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามคำถาม (n=403)

ข้อ	ทัศนคติ	ระดับทัศนคติ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
		เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยมาก จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยปานกลาง จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยน้อย จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยน้อยที่สุด จำนวน (คน) ร้อยละ			
1	เมื่อเห็นข่าวการถูกคุกคามทางเพศคุณหรือสึกเหตุอกเห็นใจ	95 (23.6)	87 (21.6)	121 (30.0)	60 (14.9)	40 (99)	3.34	1.262	ปานกลาง
2	สื่อออนไลน์ สื่อต่างๆ เช่น เว็ปโป๊ คลิปโป๊ ทำให้เกิดการคุกคามทางเพศเพิ่มขึ้น	130 (32.3)	123 (30.3)	94 (23.3)	22 (5.5)	34 (8.4)	3.73	1.209	มากที่สุด
3	เทศกาลลอยกระทง เป็นเทศกาลแห่งการเสียตัวมากที่สุด	89 (22.1)	98 (24.3)	127 (31.5)	57 (14.1)	32 (7.9)	3.38	1.201	ปานกลาง
4	การถูกคุกคามทางเพศส่งผลกระทบต่อผู้ถูกกระทำทั้งร่างกายและจิตใจ	254 (63.0)	100 (24.8)	34 (8.4)	2 (5)	13 (3.2)	4.44	.913	มากที่สุด

ข้อ	ทัศนคติ	ระดับทัศนคติ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
		เห็นด้วยมากที่สุด จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยมาก จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยปานกลาง จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยน้อย จำนวน (คน) ร้อยละ	เห็นด้วยน้อยที่สุด จำนวน (คน) ร้อยละ			
5	ที่ผู้หญิงแต่งกายมิดชิด สวมใส่เสื้อผ้าเรียบร้อย ก็ยังมีโอกาสทำให้เสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ	184 (45.7)	115 (28.5)	77 (19.1)	12 (3.0)	15 (3.7)	4.09	1.047	มากที่สุด
6	คนโสดมักถูกคุกคามทางเพศมากกว่าคนมีคู่	102 (25.3)	67 (16.6)	132 (32.8)	47 (11.7)	55 (13.6)	3.28	1.329	ปานกลาง

7	ผู้หญิงเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศมากกว่าผู้ชาย	171 (42.4)	128 (31.8)	82 (20.3)	9 (2.2)	13 (3.2)	4.08	1.002	มากที่สุด
8	ทุกคนมีโอกาสที่จะตกเป็นเหยื่อของการถูกคุกคามทางเพศ	256 (63.5)	96 (23.8)	35 (8.7)	11 (2.7)	5 (1.2)	4.46	.858	มากที่สุด
9	การดื่มสุราเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้ผู้หญิงถูกคุกคามทางเพศ	163 (40.4)	110 (27.3)	98 (24.3)	18 (4.5)	14 (3.5)	3.97	1.068	มากที่สุด

การป้องกันความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ข้อที่ส่วนใหญ่ตอบมีมากที่สุดคือควรปลูกฝังค่านิยมและจิตสำนึกเรื่องเพศศึกษาให้กับเยาวชน จำนวน 397 คน (ร้อยละ 98.5) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนและร้อยละการป้องกันความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ (n=403)

การป้องกันความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ	มี		ไม่มี	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. ควรมีการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับกฎหมายการถูกคุกคามทางเพศ	392	97.3	11	2.7
2. ควรมีการส่งเสริมความปลอดภัยเรื่องเพศให้กับทุกคน	388	96.3	15	3.7
3. ควรมีหน่วยงานที่สามารถร้องเรียนได้ตลอดเวลาเมื่อถูกคุกคามเรื่องเพศ	390	96.8	13	3.2
4. ควรมีการเพิ่มความสว่างในพื้นที่เปลี่ยวเพื่อลดการถูกคุกคามทางเพศ	386	95.8	17	4.2
5. ควรมีการรณรงค์เกี่ยวกับการการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชน	382	94.8	21	5.2
6. ควรมีการจัดกิจกรรมเสริมทักษะการป้องกันตัวเช่น มวยไทย เทควันโด เพื่อป้องกันการถูกคุกคามทางเพศ	369	91.6	34	8.4
7.สถานศึกษาควรมีนโยบายและแนวทางปฏิบัติที่เข้มงวดเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาการคุกคามทางเพศ	392	97.3	11	2.7
8. ควรมีการส่งเสริมการใช้กฎหมายสิทธิมนุษยชนเพื่อช่วยป้องกันการถูกคุกคามทางเพศ	394	97.8	9	2.2

การป้องกันความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ	มี		ไม่มี	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
9. ควรปลูกฝังค่านิยมและจิตสำนึกเรื่องเพศศึกษาให้กับเยาวชน	397	98.5	6	1.5

ระดับการปฏิบัติพฤติกรรมเสี่ยงต่อการคุกคามทางเพศผู้กรอกแบบสอบถามทั้งหมด อยู่ในระดับน้อยที่สุด ข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือคุณอยู่ที่พักคนเดียว อยู่ในระดับมากดังตารางที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับการปฏิบัติพฤติกรรมเสี่ยงต่อการคุกคามทางเพศของผู้กรอกแบบสอบถามจำแนกตามคำถาม (n=403)

ข้อ	การปฏิบัติ	ระดับการปฏิบัติ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
		เป็นประจำ จำนวน (คน) ร้อยละ	บ่อยครั้ง จำนวน (คน)ร้อยละ	บางครั้ง จำนวน (คน)ร้อยละ	นานๆ ครั้ง จำนวน (คน) ร้อยละ	ไม่ได้ปฏิบัติ จำนวน (คน) ร้อยละ			
1	คุณเคยถูกคุกคามทางเพศทางโทรศัพท์จากคนที่ไม่รู้จัก	19 (4.7)	34 (8.4)	115 (28.5)	119 (29.5)	116 (28.8)	.77	1.049	ปานกลาง
2	คุณเคยพบเจอคำถามเกี่ยวกับเรื่องเพศจนทำให้รู้สึกอึดอัด	20 (5.0)	6 (1.5)	47 (11.7)	117 (29.0)	213 (52.9)	1.31	1.115	น้อยที่สุด
3	คุณเคยพบเจอคนแปลกหน้าถูกเนื้อต้องตัว ในที่สาธารณะ	16 (4.0)	24 (6.0)	93 (23.1)	112 (27.8)	158 (39.2)	1.08	1.102	น้อยที่สุด
4	คนรอบข้างของคุณ เคยถูกคุกคามทางเพศ เช่น การพูดจา การใช้สายตา	30 (7.4)	64 (15.9)	135 (33.5)	91 (22.6)	83 (20.5)	1.67	1.184	ปานกลาง
5	คุณแต่งกาย วาบหวิวในที่สาธารณะ	34 (8.4)	33 (8.2)	88 (21.8)	67 (16.6)	181 (44.9)	1.19	1.313	น้อยที่สุด
6	คุณใช้เส้นทางเปลี่ยวในการเดินทาง	45 (11.2)	55 (13.6)	117 (29.0)	113 (28.0)	73 (18.1)	1.72	1.230	ปานกลาง
7	คุณเที่ยวสถานที่บันเทิง	62 (15.4)	84 (20.8)	85 (21.1)	71 (17.6)	101 (25.1)	1.84	1.408	น้อยที่สุด

ข้อ	การปฏิบัติ	ระดับการปฏิบัติ					$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
		เป็นประจำ จำนวน (คน) ร้อยละ	บ่อยครั้ง จำนวน (คน) ร้อยละ	บางครั้ง จำนวน (คน) ร้อยละ	นานๆ ครั้ง จำนวน (คน) ร้อยละ	ไม่ได้ปฏิบัติ จำนวน (คน) ร้อยละ			
8	คุณดื่มแอลกอฮอล์	68 (16.9)	105 (26.1)	81 (20.1)	65 (16.1)	84 (20.8)	2.02	1.391	มาก
9	คุณอยู่ที่พักคนเดียว	113 (28.0)	64 (15.9)	79 (19.6)	75 (18.6)	72 (17.9)	2.18	1.468	มากที่สุด
		เฉลี่ยรวม					**1.53**	**1.25**	**น้อยที่สุด**

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย (n=403)

ปัจจัย	พฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ			x^2	P-Value
	ต่ำ (จำนวน)	ปานกลาง (จำนวน)	สูง (จำนวน)		
การดื่มแอลกอฮอล์					
ไม่เคย	59	22	8		
ดื่ม	82	209	6	61.680	.000*
เคยแต่เลิกแล้ว	8	8	0		
การสูบบุหรี่					
ไม่เคย	115	107	8		
สูบ	24	95	8	41.201	.000*
เคยแต่เลิกแล้ว	11	35	0		
เคยเที่ยวสถานบันเทิง					
ไม่เคย	69	23	4		
เคย	76	198	11	-	.000*
เคยแต่เลิกแล้ว	15	16	1		
ระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยง	150	237	16	32.370	.000*
ระดับทัศนคติ	150	237	16	74.916	.001*
การป้องกันพฤติกรรมเสี่ยง	150	237	16	39.170	.000*

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ การดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ และ เคยเที่ยวสถานบันเทิง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ พบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ ระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุมคามทางเพศ ระดับทัศนคติที่มีต่อการถูกคุกคามทางเพศ และ การป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงรายกับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชน ในจังหวัดเชียงรายพบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 5

อธิปรายผล

การดื่มแอลกอฮอล์ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย เนื่องจากส่วนใหญ่ดื่มแอลกอฮอล์ร้อยละ 74.2 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จุฑาทิพย์ พรมวงศ์ อโณทัย งามวิชัยกิจ และยุทธนา ธรรมเจริญ (2561) พบว่า เยาวชนส่วนใหญ่มีความรู้และทัศนคติที่เห็นด้วยเกี่ยวกับผลเสียจากการดื่มแอลกอฮอล์ในระดับมาก ร้อยละ 88.0 และ 50.94 ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่การรับรู้สิ่งจูงใจต่อการ ดื่มและผลกระทบจากการดื่มสุราร้อยละ 55.5 และ 52.9 ตามลำดับ การเข้าถึงแหล่งทรัพยากร พบว่า ร้านจำหน่ายแอลกอฮอล์ในรัศมี 500 เมตร มีจำนวน 15 ร้าน และในรัศมี 1,000 เมตร จำนวน 33 ร้าน และด้านนโยบายของสถาบันการศึกษา พบว่า มีนโยบายและกฎระเบียบที่เคร่งครัดในสถานศึกษา แต่ไม่ครอบคลุม ภายนอกสถานศึกษา อีกทั้งพบว่า นอกโรงเรียน มีมาตรการลงโทษทางกฎหมายหากเกิดการทะเลาะวิวาท จากการดื่ม และมหาวิทยาลัยมีความร่วมมือกับภาครัฐในการควบคุมสถานบันเทิง ร้านค้า ให้ปฏิบัติตามกฎหมาย แต่ยังพบการดื่มแอลกอฮอล์ของนักศึกษาในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาถึงร้อยละ 83.8 ความถี่มากกว่า 4 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 34.0 สาเหตุของการดื่มแอลกอฮอล์ คือสังสรรค์ ร้อยละ 43.5 ผู้ร่วมดื่มคือ เพื่อน ร้อยละ 88.7 ค่าใช้จ่ายในการดื่มแต่ละครั้งต่อคนคือ 100-300 บาท ส่วนใหญ่ดื่มในช่วงเวลาเย็น ร้อยละ 72.8 และซื้อเครื่องดื่มจากร้านสะดวกซื้อ ร้อยละ 55.7 โดยมีผลกระทบหลังจากดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์คือ ไม่สามารถตื่นไปเรียนได้ หรือไปสายทุกครั้ง ร้อยละ 24.1 มีเรื่องทะเลาะวิวาท ร้อยละ 22.3 ข้อเสนอแนะ ควรมีมาตรการในการควบคุมการจำหน่ายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ให้เป็นไปตามกฎหมาย และควรรณรงค์ให้ เห็นผลเสียจากการดื่มแอลกอฮอล์ในระยะยาว [8]

การสูบบุหรี่ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงรายเนื่องจากมีการสูบบุหรี่ ร้อยละ 31.5 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กรุงไกร เพชร (2560) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสูบบุหรี่ของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา พบว่า การสูบบุหรี่สร้างความสุขได้พอประมาณ เมื่อไม่ได้สูบบุหรี่เป็นเวลานานจะทำให้ร่างกายรู้สึกอ่อนเพลียเพราะพฤติกรรมการสูบบุหรี่มาจากหลายๆ ปัจจัย โดยเฉพาะวัยที่กำลังอยู่ในความกระตือรือร้นอยากรู้อยากลองอยากมีประสบการณ์ต่างๆ [9]

เที่ยวสถานบันเทิง มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงราย เนื่องจากส่วนใหญ่เคยเที่ยวสถานบันเทิง ร้อยละ70.7 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จุฑาทิพย์ พรมวงศ์ และคณะ (2561) ผลการวิจัย พบว่า 1) ปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ เป็นเพศชายมี ภูมิลาเนาอยู่ในกรุงเทพมหานคร ศึกษาอยู่คณะนิติศาสตร์ ชั้นปีที่ 1 พักอาศัยอยู่กับพ่อแม่หรือ ผู้ปกครอง รายได้ของนักศึกษาเดือนละ 5,000–10,000 บาท 2) พฤติกรรมการใช้บริการ ส่วนใหญ่ นิยมใช้บริการคาราโอเกะ ในวันใดพรุ่งนี้ไม่มีเรียน ใช้บริการน้อยกว่าหนึ่งครั้งต่อเดือนและไปกับเพื่อน เฉลี่ยต่อครั้งประมาณ 2-3 ชั่วโมง ตั้งแต่ 20.01-22.00 น. ใช้บริการเพื่อผ่อนคลาย และบรรยากาศของสถานบันเทิง 3) ปัจจัยจิตวิทยาที่มีผลต่อพฤติกรรมการใช้บริการ ได้แก่ แรงจูงใจ นอกนั้นแสดง ความคิดเห็นในระดับไม่แน่ใจ ได้แก่ ทัศนคติ การเรียนรู้ และการรับรู้ข่าวสาร 4) เพศ คณะวิชา ชั้นปีที่ ศึกษา มีความสัมพันธ์กับความถี่ในการใช้บริการ ส่วนคณะวิชาและชั้นปีที่ศึกษามีความสัมพันธ์กับ ช่วงเวลาที่เริ่มใช้บริการและค่าใช้จ่ายในการใช้บริการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 [10]

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงรายเนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงร้อยละ 78.0 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปริยานุช ตั้งนรกุล (2561) ศึกษาเรื่องความรอบรู้ด้านสุขภาพทางเพศกับพฤติกรรมทางเพศ พบว่า มีพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีความรอบรู้ด้านพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศในระดับสูงหรือมีความเข้าใจสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันย่อมส่งเสริมให้มีพฤติกรรมทางเพศที่เหมาะสมจะลดพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศได้ [11]

ทัศนคติที่มีต่อการถูกคุกคามทางเพศ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงรายเนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ หทัยรัตน์ มาประณีต (2554) พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยมีทัศนคติด้านความรุนแรงในครอบครัวต่อสตรีจำแนกตามทัศนคติความเสมอภาค ระหว่างสตรีและบุรุษมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = -2.76) โดยสตรีที่มีแนวความคิดสมัยใหม่มีค่าเฉลี่ยทัศนคติด้าน ความรุนแรงในครอบครัวสูงสุด (x = 29.53) สตรีที่ มีแนวความคิดปานกลางมีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด (x = 28.51) สตรีมีทัศนคติด้านความรุนแรงทางเพศ และด้านการมีส่วนร่วม ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาความรุนแรงต่อสตรี อยู่ในระดับมาก ส่วนด้านสาเหตุของความรุนแรงต่อสตรี ด้านความรุนแรงในครอบครัว และด้านความรุนแรงทางจิตใจ อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบ ความแตกต่างทางลักษณะภูมิหลังและทัศนคติความเสมอภาคระหว่างสตรีและบุรุษ ผลการวิจัยที่สำคัญพบว่าสตรีที่มีระดับการศึกษาต่างกันมีทัศนคติด้านสาเหตุของความรุนแรงต่อสตรี ด้านความรุนแรงในครอบครัว และด้านความรุนแรงทางเพศต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความต่างกันด้านความรุนแรงทางจิตใจและด้านการมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาความรุนแรงต่อสตรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01สำหรับสตรีที่มีสถานภาพสมรสต่างกันมีทัศนคติความรุนแรงทางเพศต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้ สตรีที่มีทัศนคติความเสมอภาคระหว่างสตรีและบุรุษต่างกันมีทัศนคติเกี่ยวกับความรุนแรงต่อสตรี 5 ด้านต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 [12]

การป้องกันความเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงต่อการถูกคุกคามทางเพศของเยาวชนในจังหวัดเชียงรายเนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 99.3 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ณภัคพงศ์ เฟื่อขุนทด (2562) พบว่า ศึกษาเรื่องการนำนโยบายด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหาการล่วงละเมิดหรือคุกคามทางเพศในที่ทำงานไปปฏิบัติ กรณีศึกษากองส่งเสริมความเสมอภาคระหว่างเพศ กรมกิจการสตรีและสถาบันครอบครัว ผลการวิจัยพบว่า ใน 1 ปีที่ผ่านมา มีบุคลากรภายในกองส่งเสริมความเสมอภาคระหว่างเพศเคยถูกล่วงละเมิดทางเพศในที่ทำงานและเป็นเพศหญิงทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 10.86 สาเหตุจากปัจจัยความสัมพันธ์เชิงอำนาจที่ผู้มีอำนาจเหนือกว่ากระทำต่อผู้อำนาจน้อยกว่า และพบว่าการตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาและสถานการณ์มีผลต่อการนำนโยบายการแก้ไขปัญหาล่วงละเมิดทางเพศไปปฏิบัติส่งเสริมความเสมอภาคระหว่างเพศ กรมกิจการสตรีและสถาบันครอบครัว จึงสนใจในการศึกษาถึงสาเหตุ ปัญหา ปัจจัย รูปแบบพฤติกรรม การเผชิญปัญหา และผลกระทบจากการถูกกระทำด้วยพฤติกรรมการล่วงละเมิดหรือคุกคามทางเพศ และการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการนำนโยบายด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหาการล่วงละเมิดหรือคุกคามทางเพศไปปฏิบัติ [13]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ที่ปรึกษาวิจัยและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาและอนุเคราะห์ในการตรวจสอบบทความเสนอแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าบทความวิจัยเสร็จสมบูรณ์ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุฑาทิพย์ คำเที่ยง. (2562). ความรุนแรงในเด็กและเยาวชน : ตั้งใจ หรือ แค่พลั้งเผลอ. สืบค้นเมื่อ 21 พฤษภาคม 2563 จาก http://www.craniofacial.or.th/aggressiveness-in-youth.ph

[2] สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2563). แนวปฏิบัติเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการล่วงละเมิดหรือคุกคามทางเพศในการทำงานของกระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ปฏิบัติการต่อต้านทุจริต กระทรวงสาธารณสุข.

[3] วชิราภรณ์ วรรณโชติ. (2556). การล่วงละเมิดทางเพศในงานและพฒันาการค้มครองทางกฎหมาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสังคมสงเคราะห์ศาสตร์, คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[4] Barak, A. (2005). Sexual Harassment on the Internet. Social Science Computer Review.

[5] Boland, M.L. (2005). Sexual Harassment in the Workplace. Naperville: Sphinx Publishing.

[6] สราญภัทร อนุมัติราชกิจ. (2563). โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเสริมสร้างพลัง EMPOWERMENT สำหรับนักวิชาชีพหรือโครงการ “ผีเสื้อขยับปีก”.

[7] Best, J. W. (1977). Research in Education. New Jersey. Prentice hall Inc.

[8] จุฑาทิพย์ พรมวงศ์, อโณทัย งามวิชัยกิจ, และยุทธนา ธรรมเจริญ. (2561). พฤติกรรมการใช้ บริการผับและสถานบันเทิงรอบสถานศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยในเขต กรุงเทพมหานคร.วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรม ราชูปถัมภ์.

[9] กรุงไกร เพชร. (2560). ปัจจัยที่มีผลต่อการสูบบุหรี่ของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา.

[10] จุฑาทิพย์ พรมวงศ์, อโณทัย งามวิชัยกิจ, และยุทธนา ธรรมเจริญ. (2561). พฤติกรรมการใช้ บริการผับและสถานบันเทิงรอบสถานศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยในเขต กรุงเทพมหานคร.วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรม ราชูปถัมภ์.

[11] ปริยานุช ตั้งนรกุล. (2561). ความรอบรู้ด้านสุขภาพทางเพศกับพฤติกรรมทางเพศ.

[12] หทัยรัตน์ มาประณีต. (2554). การศึกษาทัศนคติด้านความรุนแรงต่อสตรีของสตรีในชุมชน เมือง วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา(สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์).

[13] ณภัคพงศ์ เฟื่อขุนทด. (2562). การนำนโยบายด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหาการล่วง ละเมิดหรือคุกคามทางเพศหรือที่ทำงานไปปฏิบัติ : กรณีศึกษากองส่งเสริมความ เสมอภาคระหว่างเพศ กรมกิจการสตรีและสถานบันครอบครัว.

ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ และแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน

Class attendance system using bluetooth low energy technology and a smartphone application

ธราธร อุทศรี[1*] และ สุรัฐพล สังข์ตรีเศียร[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[*]Email: tharathon-u@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความเรื่องระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการตรวจเช็คชื่อของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน โดยนำเสนอบทความในรูปแบบของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ของระบบสามารถปล่อยสัญญาณบลูทูธเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันได้ ซอฟต์แวร์ของระบบสามารถส่งและเก็บข้อมูลผ่านระบบสัญญาณบลูทูธได้ รวมถึงรายงานสถานะการเข้าชั้นเรียนและสรุปผลผ่านเว็บไซต์ได้ สำหรับการทดสอบการใช้งานระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน จะทำการทดสอบการทำงานตามวัตถุประสงค์และขอบเขตโดยผู้พัฒนา และการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าผลการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานในด้านต่างๆของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้พัฒนาระบบเป็นไปได้ด้วยดี สามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนด สรุปได้ว่าระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนสามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียน, เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ

Abstract

The purpose of this research is to facilitate the check of student's names in class. The project will be presented in the form of hardware and software. System hardware can emit a Bluetooth signal to connect to each other. System software can transmit and store data via Bluetooth signal system. Including attendance status reports and results can be summed up via the website. For usability testing Class Attendance System Using Bluetooth Low Energy Technology and a Bluetooth Low Energy Technology will be tested for the purpose and scope by the developer and user satisfaction testing it was found that the results of testing to measure the performance of various aspects of the system developed

by the system developer were good. Can work according to the requirements. It can be concluded that this project can be used for the intended purpose.

Keywords: Class Attendance System, Bluetooth Low Energy Technology

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันการตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนของนักเรียนนักศึกษาในห้องเรียนส่วนใหญ่ยังคงใช้รูปแบบเดิม เช่น การขานชื่อทีละคน ทำให้มีความล่าช้าในการเริ่มเรียนเกิดขึ้น จึงเริ่มมีการนำเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาช่วยในการตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนของนักเรียนนักศึกษา เช่น การใช้เทคโนโลยีการประมวลผลทางภาพซึ่งจะมีข้อเสียคือหากกล้องที่ใช้จับภาพเห็นหน้าผู้เรียนไม่ชัดหรือมีสัญญาณรบกวนทางภาพเกิดขึ้นจะไม่สามารถตรวจจับได้ว่าเป็นนักศึกษาคนใดได้แม่นยำ

จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ[1] ในหัวข้อสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พบว่าในประชากรที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไปในปี 2561 มีการใช้งานโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน คิดเป็นร้อยละ 69.6 ของประชากรอายุ 6 ปีขึ้นไป

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นและข้อมูลการใช้งานโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนนั้นทำให้คณะผู้จัดทำมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำซึ่งโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์บลูทูธได้ ทำให้นักเรียนนักศึกษาไม่จำเป็นต้องพกอุปกรณ์ติดตัวเพิ่มเติมและสามารถเก็บข้อมูลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาได้โดยที่ไม่ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบเพิ่มเติม

1.2 วัตถุประสงค์ของบทความ

1.2.1 เพื่อสร้างและพัฒนาระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน

1.2.2 เพื่อทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน

1.2.3 เพื่อศึกษาการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำร่วมกับแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน

1.2.4 เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนของนักเรียนนักศึกษา

1.3 ขอบเขตของบทความ

1.3.1 ฮาร์ดแวร์ของระบบ

1.3.1.1 สามารถรองรับการเชื่อมต่อของนักศึกษาได้มากกว่า 40 คน

1.3.1.2 มีระยะการเชื่อมต่อครอบคลุมทั่วถึงในบริเวณห้องเรียน

1.3.1.3 สามารถระบุห้องเรียนได้

1.3.1.4 สามารถบันทึกระยะเวลาการเข้าห้องเรียนของนักศึกษาแต่ละคนลงในฐานข้อมูลได้

1.3.2 แอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษา

1.3.2.1 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์บลูทูธพลังงานต่ำได้

1.3.2.2 สามารถระบุรหัสนักศึกษาว่าใครเป็นผู้เชื่อมต่อได้

1.3.2.3 สามารถตรวจสอบเวลาในการเข้าเรียนของตัวเอง

1.3.2.4 สามารถตรวจสอบประวัติการเข้าชั้นเรียนของตัวเองได้

1.3.3 แอปพลิเคชันสาหรับอาจารย์ผู้สอน

1.3.3.1 สามารถระบุเวลาเริ่มเรียนและเวลาสิ้นสุดคาบเรียนของแต่ละรายวิชาได้

1.3.3.2 สามารถตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาในคาบเรียนนั้นๆได้

1.3.3.3 สามารถแสดงตารางการเข้าเรียนของนักศึกษาในแต่ละรายวิชาได้

1.4 วิธีการดำเนินบทความ

1.4.1 ศึกษาปัญหาและงานวิจัยหรือวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 วางแผนและขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.4.3 ศึกษารูปแบบในการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆและจัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์สำหรับใช้ทำตัวต้นแบบ

1.4.4 ศึกษาและทดสอบโปรแกรมและซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้อง

1.4.5 จัดทำต้นแบบของอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับและบันทึกการเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ทโฟนกับอุปกรณ์

1.4.6 จัดทำต้นแบบของแอปพลิเคชั่นที่ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์

1.4.7 ทดสอบและปรับปรุงตัวต้นแบบและแอปพลิเคชั่นต้นแบบ

1.4.8 ดำเนินการสร้างชิ้นงานจากตัวต้นแบบที่ถูกปรับแก้เรียบร้อยแล้ว

1.4.9 ทดสอบประสิทธิภาพและดำเนินการปรับปรุงการใช้งานให้ตรงตามตามเงื่อนไข

1.4.10 รวบรวมข้อมูลผลการดำเนินงาน ผลการทดสอบ และสรุปผลการดำเนินงาน

1.4.11 ถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้รับและเทคโนโลยี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รับระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน

1.5.2 สามารถลดเวลาในการตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนได้

1.5.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของแอปพลิเคชั่นไปวิเคราะห์ต่อไปได้

2.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำบทความ ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน คณะผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้า แนวคิด ทฤษฎี และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน และ สะดวกต่อการพัฒนา ประกอบด้วย

2.1 บลูทูธพลังงานต่ำ (BLE)

2.2 Beacon

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บลูทูธพลังงานต่ำ (BLE)

บลูทูธพลังงานต่ำ (Bluetooth Low Energy) หรือ BLE เป็นคุณลักษณะในเทคโนโลยีบลูทูธเวอร์ชัน 4.0 โดยมีเป้าหมายในการทำให้อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีนี้ใช้พลังงานที่ต่ำ, มีค่า latency ที่ต่ำ และสามารถส่งสัญญาณได้ไกล[10] จึงนิยมนำไปใช้งานในอุปกรณ์ขนาดเล็กต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ IoT, อุปกรณ์ฟิตเนส และ อุปกรณ์ Beacon โดยสามารถเทียบความแตกต่างกับเทคโนโลยีบลูทูธแบบปกติได้ดังตารางด้านล่าง

ข้อมูลจำเพาะ	บลูทูธ	บลูทูธพลังงานต่ำ (BLE)
เครือข่าย / โทโพโลยี	การกระจาย	Star Bus
การใช้พลังงาน	ต่ำ (น้อยกว่า 30 mA)	Very Low (น้อยกว่า 15 mA)
ความเร็ว	700 Kbps	1 Mbps
พิสัย	<30 m	50 เมตร (150 เมตรในพื้นที่โล่ง)
คลื่นความถี่ที่ใช้	2400 MHz	2400 MHz
ช่องความถี่	79 ช่องจาก 2.400 GHz ถึง 2.4835 GHz และมีระยะห่างระหว่าง 1 MHz	40 ช่องจาก 2402 MHz ถึง 2480 MHz (รวมการโฆษณา 3 ช่องและช่องข้อมูล 37 ช่อง)
การปรับ	GFSK (ดัชนีการมอดูเลชั่น 0.35), **π** / 4 DQPSK, 8DPSK	GFSK (ดัชนีการมอดูเลต 0.5)
ความล่าช้าในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองเครื่อง	ประมาณ 100 ms	ประมาณ 3 ms
การแพร่กระจาย	FHSS (ช่อง 1MHz)	FHSS (ช่องสัญญาณ 2MHz)
ชั้นลิงก์	TDMA	TDMA
ขนาดข้อความ (ไบต์)	358 (สูงสุด)	8 ถึง 47
การตรวจจับ / แก้ไขข้อผิดพลาด	8 บิต CRC (ส่วนหัว), 16 บิต CRC, 2/3 FEC (payload), ACKs	24 บิต CRC, ACKs
ความปลอดภัย	64b / 128b เลเยอร์แอ็พพลิเคชันที่กำหนดโดยผู้ใช้	128 บิต AES, เลเยอร์แอ็พพลิเคชันที่กำหนดโดยผู้ใช้
ปริมาณการใช้งาน	0.7 ถึง 2.1 Mbps0.7 to 2.1 Mbps	น้อยกว่า 0.3 Mbps
โหนด ที่เชื่อมต่อได้พร้อมกันสูงสุด	7	ไม่ จำกัด

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบระหว่างเทคโนโลยี บลูทูธ และ บลูทูธพลังงานต่ำ

2.2 Beacon

Beacon คือฮาร์ดแวร์ขนาดเล็ก ที่สามารถปล่อยสัญญาณบลูทูธได้โดยที่ Beacon จะใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำในการปล่อยสัญญาณและสื่อสารด้วยการใช้ชุดข้อมูลตัวอักษรหรือตัวเลขต่างๆ [5] โดยเทคโนโลยี Beacon จะรูปแบบที่นิยมอยู่ 2 รูปแบบคือ

2.2.1 iBeacon ถูกพัฒนาโดยบริษัท Apple โดยระบบปฏิบัติการที่รองรับจะต้องเป็น iOS7 ขึ้นไป[6] หรือระบบปฏิบัติการแอนดรอยที่รองรับการใช้งานบลูทุธแบบพลังงานต่ำโดยที่อุปกรณ์รูปแบบ iBeacon จะสามารถแยกอุปกรณ์ด้วยชุดข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์ปล่อยออกมาได้คือ

2.1.1.1 UUID คือชุดข้อมูลของตัวเลขจำเพาะที่ถูกสร้างขึ้นมาสำหรับอุปกรณ์แต่ละตัว

2.1.1.2 Major คือชุดข้อมูลตัวเลขที่ใช้ระบุกลุ่มของอุปกรณ์โดยจะอ้างอิงจาก UUID

2.1.1.3 Minor คือชุดข้อมูลตัวเลขที่ใช้ระบุกลุ่มแยกย่อยจาก Major

2.1.1.4 TxPower คือค่าความแรงของสัญญาณที่ปล่อยออกมาสามารถใช้ในการกำหนดระยะได้

2.1.2 Eddystone ถูกพัฒนาโดยบริษัท Google สามารถรองรับทั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอย์ และ iOS ที่รองรับเทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำ [7] โดยจะสามารถแยกอุปกรณ์ด้วยชุดข้อมูลที่ตัวอุปกรณ์ปล่อยออกมาได้คือ

2.1.2.1 UID ทำงานเหมือนกับ UUID ของ iBeacon คือจะระบุอุปกรณ์แต่ละตัว

2.1.2.2 Namespace ทำงานเหมือนกับ Major ของ iBeacon โดยจะระบุกลุ่ม

2.1.2.3 Instance ทำงานเหมือนกับ Minor ของ iBeacon โดยจะระบุกลุ่มย่อย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วริญทร เจนชัย [1] เรื่องการพัฒนาระบบบันทึกการเข้าชั้นเรียนผ่านบลูทูธ เป็นวิทยานิพนธ์ของ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เรื่องการพัฒนาระบบบันทึกการเข้าชั้นเรียน

ผ่านบลูทูธ เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบจัดการเข้าชั้นเรียนบนเว็บไซต์ โดยมุงเน้นในการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในโทรศัพท์เคลื่นที่และคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้

นายเกรียงไกร มณีรัตน [2] เรื่องการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งไร้สายภายในอาคารสำหรับอาคารแบบหลายชั้นโดยใช้เทคนิคแบบผสม เป็นวิทยานิพนธ์ของสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

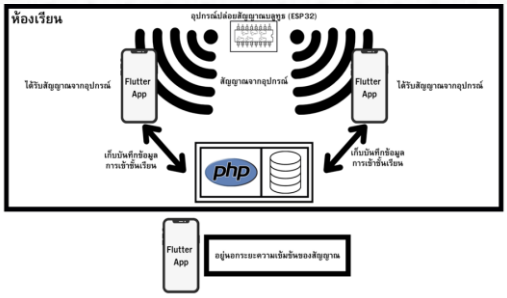
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เรื่องการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งไร้สายภายในอาคารสำหรับอาคารแบบหลายชั้นโดยใช้เทคนิคแบบผสม เพื่อการพัฒนาระบบระบุตำแหน่งไร้สายภายในอาคารแบบหลายชั้นโดยการใช้เทคนิคแบบผสมผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 หรือ ZigBee ที่สามารถนำมาใช้กับอาคารแบบระนาบยเดียวและอาคารที่มีหลายชั้นได้

ปฏิพล ศรีชุ่มสิน และ จันตรี ผลประเสริฐ [3] เรื่องการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวิเคราะห์สัญญาณ WiFi ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง เป็นงานวิจัยของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เรื่องการระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวิเคราะห์สัญญาณ WiFi ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อนำเสนอการใช้การเรียนรู้ของเครื่องจักรมาวิเคราะห์สัญญาณ WiFi ภายในอาคารเพื่อทำการระบุตำแหน่งภายในอาคารให้ได้แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

3.1 โครงสร้างระบบ (System Structure)

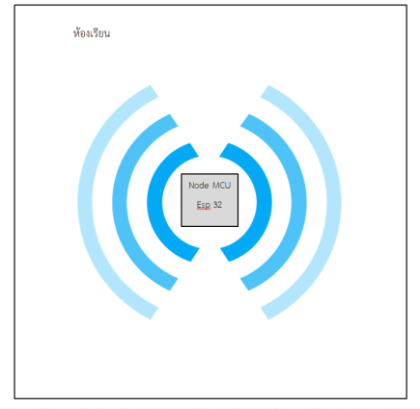
การจัดทำบทความ เรื่อง ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนนั้น ได้มีการนำตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU Esp32 มาใช้ในการปล่อยสัญญาณบลูทูธเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันระหว่างอาจารย์และนักศึกษา โดยระบบสามารถควบคุมการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU Esp32 โดยมีการเก็บข้อมูลด้วยแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลตัวระบบ ซึ่งมีแผนภาพรวมของระบบ 1 ภาพ ดังภาพที่ 1



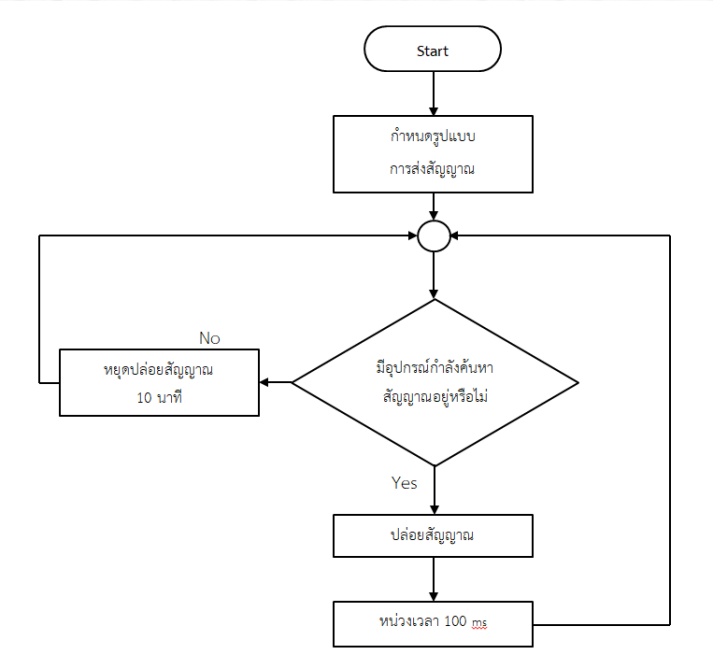
ภาพที่ 1 แผนภาพรวมของระบบ

3.1.1 โครงสร้างของฮาร์ดแวร์

โครงสร้างฮาร์ดแวร์ ผู้จัดทำได้ทำการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU Esp32 ในการปล่อยสัญญาณ 1 ตัวต่อ 1 ห้อง ดังภาพ



ภาพที่ 2 แผนภาพโครงสร้างของฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 3 Flowchart การทำงานของฮาร์ดแวร์

3.2 การเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในขั้นตอนการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้จัดทำได้ทำการเลือกอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU Esp32 เพราะ เป็นอุปกรณ์ที่มีสัญญาณบลูทูธอยู่ในตัว มีราคาไม่แพง และใช้พลังงานน้อย เหมาะกับการใช้เป็นอุปกรณ์ในการปล่อยสัญญาณ

3.2.1 Flowchart การทำงานของฮาร์ดแวร์ ดังภาพที่ 3

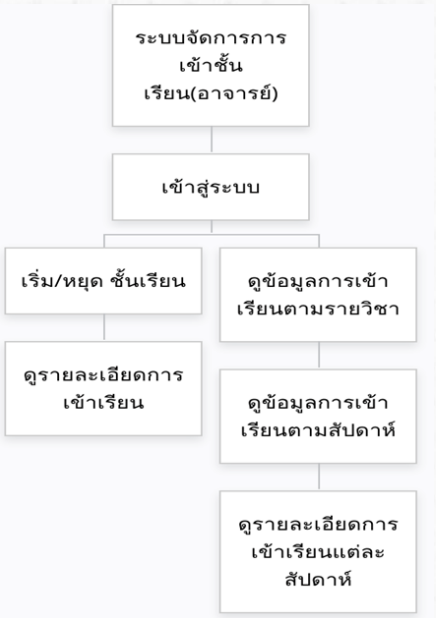
3.3 วิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design)

การดำเนินบทความในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาที่มีประสิทธิภาพ ป้องกันการทุจริต และสามารถใช้งานได้ง่าย อำนวยความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน

3.3.1 โครงสร้างของเว็บไซต์ (สำหรับอาจารย์)

โดยโครงสร้างของเว็บไซต์ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน (สำหรับอาจารย์) แสดงโครงสร้างของเว็บไซต์ ดังต่อไปนี้

3.3.1.1 โครงสร้างของเว็บไซต์ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน (สำหรับอาจารย์)

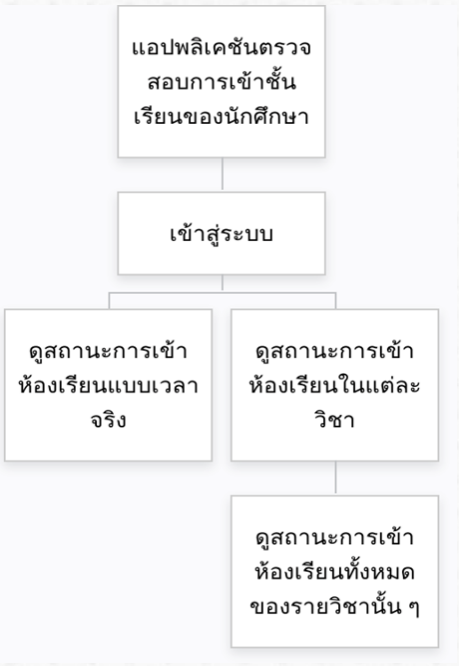


ภาพที่ 4 โครงสร้างของเว็บไซต์ (สำหรับอาจารย์)

3.3.2 โครงสร้างของแอปพลิเคชัน (สำหรับนักศึกษา)

โดยโครงสร้างของแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน (สำหรับนักศึกษา) แสดงโครงสร้างของแอปพลิเคชัน ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 โครงสร้างของแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยี บลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน (สำหรับนักศึกษา)



ภาพที่ 5 โครงสร้างของแอปพลิเคชัน (สำหรับนักศึกษา)

3.3.3 โครงสร้างของเว็บไซต์ (สำหรับผู้ดูแลระบบ)

โดยโครงสร้างของเว็บไซต์ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน (สำหรับผู้ดูแลระบบ) แสดงโครงสร้างของเว็บไซต์ ดังต่อไปนี้

3.3.3.1 โครงสร้างของเว็บไซต์ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน (สำหรับผู้ดูแลระบบ)

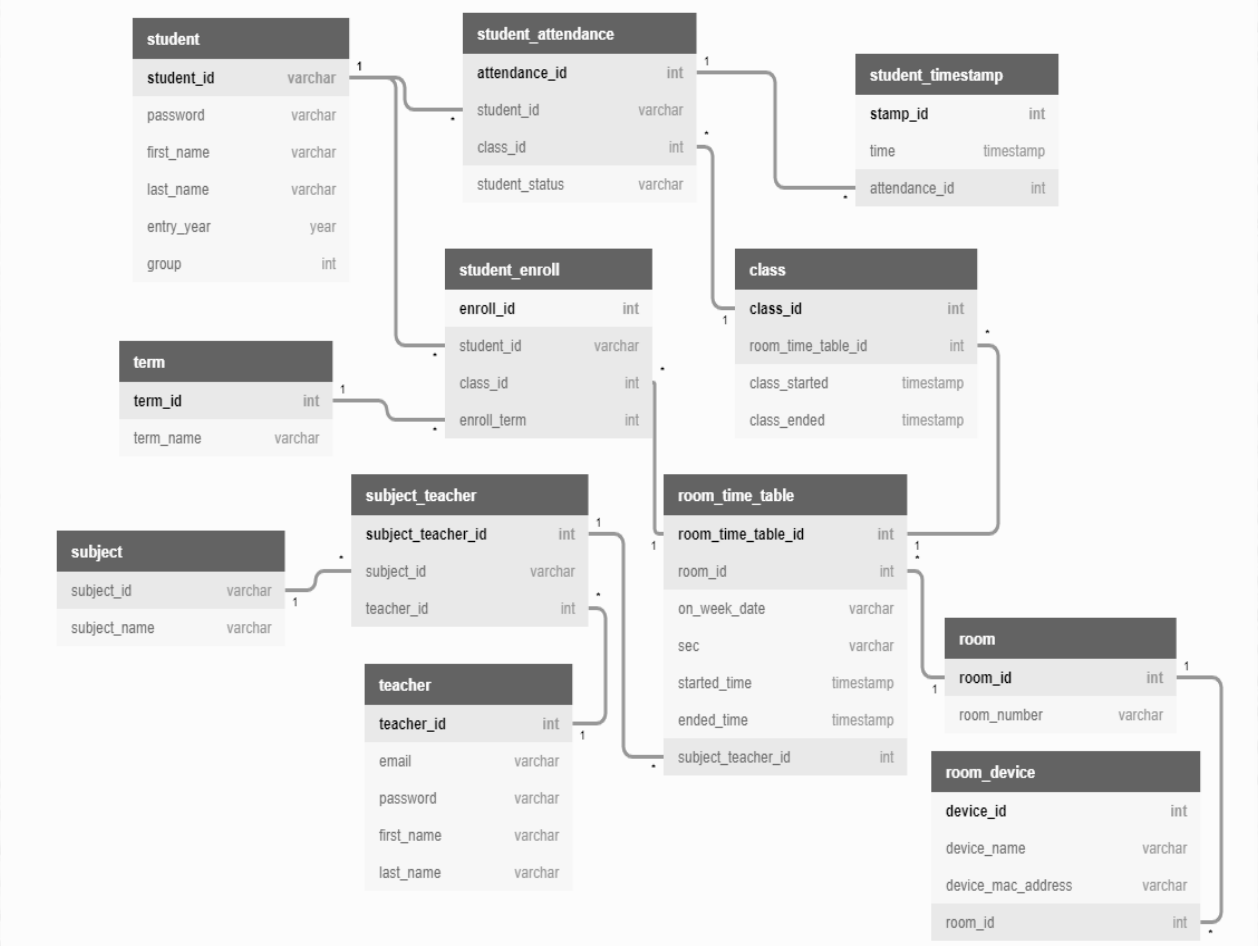


ภาพที่ 6 โครงสร้างของเว็บไซต์ (สำหรับผู้ดูแลระบบ)

3.3.4 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (Class Diagram)

การออกแบบฐานข้อมูลมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการจัดทำระบบฐานข้อมูล Data Base Management System ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่อยู่ภายในฐานข้อมูล จะต้องศึกษาถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล โครงสร้างของข้อมูล การเข้าถึง

ข้อมูลและกระบวนการที่โปรแกรมประยุกต์จะเรียกใช้ฐานข้อมูล การออกแบบฐานข้อมูลในระดับตรรกะหรือในระดับแนวความคิด ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Database Design ของระบบ

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การทดสอบ

4.1.1 การทดสอบส่วนฟังก์ชันการทำงาน

เป็นการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของเว็บไซต์และแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น โดยกำหนดหัวข้อการทดสอบตามวัตถุประสงค์และขอบเขตบทความ ดำเนินการทดสอบโดยผู้พัฒนาแอปพลิเคชัน กระบวนการทดสอบเป็นแบบตรวจเช็ครายการผลการทำงานจำนวน 8 รายการ ดังนี้

4.1.1.1 แอปพลิเคชันและตัวอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อกันผ่านระบบสัญญาณบลูทูธได้

4.1.1.2 เว็บไซต์และแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลได้ตามกำหนด

4.1.1.3 เว็บไซต์และแอปพลิเคชันสามารถแสดงข้อมูลวิชาที่กำลังมีการเรียนการสอนได้

4.1.1.4 ในส่วนของแอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษาสามารถแสดงข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้

4.1.1.5 ในส่วนของแอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษาสามารถแสดงสถานะการเข้าเรียนได้

4.1.1.6 ในส่วนของเว็บไซต์สำหรับอาจารย์สามารถเริ่มและจบชั้นเรียนได้

4.1.1.7 ในส่วนของเว็บไซต์สำหรับอาจารย์สามารถเก็บข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้

4.1.1.8 ในส่วนของเว็บไซต์สำหรับผู้ดูแลระบบสามารถดู เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลต่างๆในระบบได้

4.1.2 การทดสอบส่วนผู้ใช้งาน

เป็นการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์และแอปพลิชันที่ได้พัฒนาขึ้น โดยจะกำหนดผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาจำนวน 15 คน และอาจารย์จำนวน 5 คน ใช้เครื่องมือแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยสอบถามความคิดเห็นจากผู้ใช้งานเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน 3 ด้าน คือ ด้านส่วนติดต่อประสานผู้ใช้งาน ด้านการทำงานของระบบ และความแม่นยำของระบบ

กำหนดมาตราส่วนประมาณค่า แบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ผู้ทดสอบพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง ผู้ทดสอบพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง ผู้ทดสอบพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง ผู้ทดสอบพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ผู้ทดสอบพึงพอใจน้อยที่สุด

กำหนดการแปลผลดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลความพึงพอใจประมวลผลค่าทางสถิติประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean Value) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; *SD*) นิยามได้ดังสมการที่ (1) และ สมการที่ (2) ตามลำดับ

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \quad (1)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n}} \quad (2)$$

โดยที่ X_i คือ ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้คนที่ i เมื่อ $i = 1, \ldots, n$

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ

n คือ จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 ผลการทดสอบส่วนฟังก์ชันการทำงาน

คณะผู้จัดทำบทความดำเนินการทดสอบฟังก์ชันการทำงาน ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตบทความ ผลการทดสอบพบว่าฟังก์ชันต่างของเว็บไซต์และแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน ทำงานได้ครบทุกฟังก์ชันตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบส่วนฟังก์ชันการทำงาน

หน้าที่การทำงาน	ผลการทดสอบ	
	ทำงานได้	ทำงานไม่ได้
1. แอปพลิเคชันและตัวอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อกันผ่านระบบสัญญาณบลูทูธได้	✓	
2. เว็บไซต์และแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลได้ตามกำหนดเมื่อเชื่อมต่อกับระบบสัญญาณบลูทูธ	✓	
3. เว็บไซต์และแอปพลิเคชันสามารถแสดงวิชาที่กำลังมีการเรียนการสอนได้	✓	
4. แอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษาสามารถแสดงข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้	✓	
5. แอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษาสามารถแสดงสถานะการเข้าเรียนของนักศึกษาในแต่ละรายวิชาได้	✓	
6. เว็บไซต์สำหรับอาจารย์ สามารถเริ่มและจบชั้นเรียนผ่านการเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชั่นสำหรับนักศึกษาได้	✓	
7. เว็บไซต์สำหรับอาจารย์ สามารถเก็บข้อมูลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาที่เข้าเรียนได้	✓	
8. เว็บไซต์สำหรับผู้ดูแลระบบ สามารถดู เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลต่างๆ ในระบบได้	✓	

4.2.2 ผลการทดสอบส่วนผู้ใช้งาน

การทดสอบส่วนผู้ใช้งานดำเนินการทดสอบโดยกำหนดให้นักศึกษาจำนวน 15 คน และอาจารย์จำนวน 5 คน เป็นผู้ทดสอบ ด้วยเครื่องมือแบบสอบถาม ผลการทดสอบพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันและเว็บไซต์อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.00 โดยมีความคิดเห็นด้านส่วนติดต่อประสานผู้ใช้งานระดับพึงพอใจมาก ด้านการทำงานของระบบในระดับ พึงพอใจมาก และด้านความแม่นยำของระบบในระดับพึงพอใจมาก ที่ค่าเฉลี่ย 3.93, 4.00 และ 4.15 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานระบบ

หัวข้อการประเมิน	$(\bar{x})$	S.D	ความพึงพอใจ
1. ส่วนติดต่อประสานผู้ใช้งาน			
1.1 องค์ประกอบของเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน	3.90	0.72	พึงพอใจมาก
1.2 ความสวยงามของเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน	4.00	0.65	พึงพอใจมาก
1.3 ระบบไม่มีความซับซ้อน ใช้งานได้ง่าย	3.95	0.69	พึงพอใจมาก
1.4 ตัวอักษรมีขนาดที่ง่ายต่อการอ่าน	3.85	0.59	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	3.93	0.65	พึงพอใจมาก
2. ด้านการทำงานของระบบ			
2.1 ความเร็วในการเข้าสู่ระบบ	4.00	0.56	พึงพอใจมาก

หัวข้อการประเมิน	$(\bar{x})$	S.D	ความพึงพอใจ
2.2 ความเร็วในการเชื่อมต่อกับสัญญาณบลูทูธ	4.10	0.64	พึงพอใจมาก
2.3 ความเร็วในการเรียกดูข้อมูล	3.85	0.67	พึงพอใจมาก
2.4 ความเร็วในการแก้ไขข้อมูล	4.25	0.51	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	4.00	0.60	พึงพอใจมาก
3. ด้านความแม่นยำของระบบ			
3.1 ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนได้อย่างถูกต้อง	4.15	0.49	พึงพอใจมาก
3.2 ระบบมีความสะดวกสบายในการใช้งาน ช่วยลดระยะเวลาในการตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนได้	4.15	0.49	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	4.15	0.48	พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.00	0.60	พึงพอใจมาก

หากพิจารณาจากผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้รายบุคคลและในแต่ละด้านประกอบ ด้วยด้านส่วนติดต่อประสานผู้ใช้งาน ด้านการทำงานของระบบ และความแม่นยำของระบบ ก็จะพบว่ามีระดับ ความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.00 ที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 เมื่อมาพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าความเร็วในการแก้ไขข้อมูล มีความพึงพอใจเป็นอันดับแรก เนื่องจากผู้จัดทำได้คำนึงถึงความสะดวกรวดเร็วและถูกต้องของข้อมูลเป็นอันดับแรก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

5. บทสรุป

5.1 สรุปผลการดำเนินบทความ

บทความเรื่องระบบระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน จะถูกแบ่งพัฒนาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทางด้านฮาร์ดแวร์ถูกพัฒนาด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทางด้านซอฟต์แวร์ถูกพัฒนาด้วยภาษาพีเอชพีสำหรับพัฒนาเว็บไซต์และติดต่อกับระบบฐานข้อมูลและภาษาดาร์ทในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ในส่วนของระบบฐานข้อมูลใช้พีเอชพีมายแอดมินในการจัดการฐานข้อมูลเพื่อพัฒนาเว็บไซต์ สำหรับแสดงผลและรายงานสถานะการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษา

จากการทดสอบระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน ผู้พัฒนาระบบแบ่งการทดสอบเป็น 2 ด้าน คือ ด้านการทดสอบการทำงานตามวัตถุประสงค์และขอบเขตโดยผู้พัฒนา และด้านการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าผลการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานในด้านต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้พัฒนาระบบเป็นไปได้ด้วยดี สามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่ตั้งไว้

5.2 อุปสรรคในการดำเนินงาน

ปัญหาที่พบจากการดำเนินบทความระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน ดังนี้

5.2.1 เนื่องด้วยสถานการณ์โควิดในปัจจุบัน ทำให้ไม่สามารถทดสอบตัวอุปกรณ์ปล่อยสัญญาณและระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนในสถานที่จริงได้

5.2.2 มีปัญหาเกี่ยวแอปพลิเคชันในการติดต่อกับฐานข้อมูลในตอนต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิทยาการคอมพิวเตอร์นี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้จัดทำบทความขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 แก่บทความระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนโดยใช้เทคโนโลยีบลูทูธพลังงานต่ำและแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สุรเชษฐ์ เรืองประโคน ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาประจำบทความ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนวิธีการแก้ไขปัญหา และวิธีในการดำเนินบทความเป็นอย่างดี ทำให้บทความนี้สำเร็จ และตรงตามวัตถุประสงค์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ศิริชัย สาระมนัส อาจารย์สุธาดา ศรีเกตุ ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการในการสอบบทความวิทยาการคอมพิวเตอร์ และ อาจารย์ทุกท่าน ในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินบทความในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้อง ในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เป็นกำลังใจและมีส่วนร่วมให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ช่วยแสดงความคิดเห็นตลอดจนคำแนะนำ รวมถึงเจ้าของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำบทความวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ทำให้บทความนี้ประสบผลสำเร็จและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทางผู้จัดทำบทความจึงใคร่ขอกราบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2561.

[2] เกรียงไกร มณีรัตน์. การพัฒนาระบบระบุตำแหน่งไร้สายภายในอาคารสำหรับอาคารแบบหลาย ชั้นโดยใช้เทคนิคแบบผสม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2555

[3] ปฏิพล ศรีชุ่มสิน และ จันตรี ผลประเสริฐ. การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวิเคราะห์ สัญญาณ WiFi ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง. (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จากhttps://msds.science.swu.ac.th/2020/07/14/บทความวิจัยของนายปฏิพล/

[4] วริญทร เจนชัย. การพัฒนาระบบบันทึกการเข้าชั้นเรียนผ่านบลทูธ. วิทยานิพนธ์ วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2554

[5] Academy by pulsate. Intro to Estimote APIs Beacons, how do they work? Example apps & use cases. (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จาก http://academy.pulsatehq.com/bluetooth-beacons

[6] Estimote. Intro to Estimote APIs Beacons, how do they work. (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จาก http://developer.estimote.com/eddystone/#eddystone--ibeacon-comparison

[7] Kotakt io. Beacon profiles: iBeacon vs Eddystone. (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จาก https://kontakt.io/beacon-basics/ibeacon-and-eddystone/

[8] Maria D. และ Mikhail O. Why to use Flutter for building cross-platform App. (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จาก https://www.cleveroad.com/blog/why-use-flutter?fbclid=IwARZOwZcQkawTchxcW3zIl3dX7jG6j4ioIJAx0Ko1-oXQlMV8YEpNrQ

[9] Mr.ONE - Admin. iBeacon เทคโนโลยีที่จับต้องได้. (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จาก https://www.technointrend.com/ibeacon-technology/

[10] Core Specification Version 4.0. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2564, เข้าถึงได้จาก http://www.bluetooth.com/English/Technology/Works/Pages/Bluetooth_low_energy_technology.aspx

ความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย

Knowledge and Drug Habits of Elderly People with Chronic Diseases, Tumbol Bandu, Amphoe Mueang Chiang Rai, Chiang Rai Province

สโรชินี นิลสวิท[1] รัตนาภรณ์ วุฒิ[1] นริศรา บุญประเสริฐ[1] วรัญญา มณีรัตน์[1]
ฐิติมา ทาสุวรรณอินทร์[1] และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1*]

[1]นักศึกษา สาขาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
*Email: phatcharin.win@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังและเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย กำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร Taro Yamane ได้จำนวน 270 คน และทำการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ได้แก่แบบสอบถามที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือเรียบร้อยแล้วสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ อัตราส่วนร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) T-Test และ One -way ANOVA เพื่อหาการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของพฤติกรรมการใช้ยา

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 142 คน (ร้อยละ 52.59) อายุระหว่าง 60-69 ปี จำนวน 105 คน (ร้อยละ 38.89) ระดับการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น จำนวน 127 คน (ร้อยละ 47.04) อาชีพเกษตรกร จำนวน 83 คน (ร้อยละ 30.74) นับถือศาสนาพุทธ จำนวน 270 คน (ร้อยละ 100) สิทธิการรักษาพยาบาลสิทธิประกันสุขภาพถ้วนหน้า (บัตรทองฟรี) จำนวน 212 คน (ร้อยละ 78.52) มีโรคประจำตัวคือโรคความดันโลหิต จำนวน 137 คน (ร้อยละ 50.74) จำนวนยาที่รับประทานต่อมื้อรับประทานมื้อละ 3-4 เม็ด จำนวน 119 คน (ร้อยละ 44.07) รับประทานยาชนิดอื่นนอกจากยารักษาโรคประจำตัวเป็นยาแผนปัจจุบัน จำนวน จำนวน 139 คน (ร้อยละ 50.74) เมื่อเจ็บป่วยด้วยโรคอื่นจะซื้อยามารับประทานเอง จำนวน 124 คน (ร้อยละ 45.93) และได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้ยาจากบุคลากรทางสุขภาพอื่น ๆ จำนวน 139 คน (ร้อยละ 50.37) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง พบว่าระดับการศึกษา อาชีพ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ 0.05)

คำสำคัญ : ความรู้ พฤติกรรมการใช้ยา ยา ผู้สูงอายุ โรคเรื้อรัง

Abstract

This research aims to study the knowledge and drug habits of the elderly with chronic diseases. Ban Du Subdistrict, Mueang Chiang Rai District, Chiang Rai Province and comparison of personal factors of

the drug habits of elderly people with chronic diseases Tumbol Bandu Amphoe Mueang Chiang Rai Set sample size using the Taro Yamane formula by 270 people and perform simple random sampling. Average Percentage Ratio (Mean) Standard Deviation T-Test and One -way ANOVA to find comparisons between personal factors of drug habits. The results showed that the majority of respondents were male, 142 (52.59 percent), between the ages of 60 and 69, 105. People (38.89 percent) 127 junior primary school students (47.04 percent) farmer occupations 83 persons (30.74 percent) 270 Buddhists (100 percent), medical treatment rights, all health insurance rights (free gold card) Number 212 People (78.52 percent) There is a medical disease, blood pressure. 137 people (50.74 percent), 119 pills taken per meal (44.07 percent) took drugs other than medicines for modern medicine. 139 people (50.74 percent) when suffering from other illnesses will buy their own medicines. 124 people (45.93 percent) and received knowledge of drug use from other healthcare workers. 139 people (50.37 percent), the results of the analysis of comparative data between personal factors of knowledge and drug habits of elderly people with chronic diseases. Tambol BanDu, Amphoe Mueang Chiang Rai, Chiang Rai Province Found knowledge between education levels, occupations differ statistically significantly (at 0.05), while behavior between education level and occupation.

Keywords: Knowledge Drug habits, Medicines, Elderly people, Chronic diseases

บทนำ

ปัจจุบันประชากรโลกมีผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้น สังคมที่มีประชากรอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป เป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 10 จากสถิติการสำรวจจำนวนประชากรในประเทศไทย พ.ศ. 2559 [1] พบว่า จำนวนประชากรผู้สูงอายุมีประมาณ 10 ล้านคน จากประชากรทั้งหมด 67 ล้านคน (ร้อยละ 15.8) แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างอายุของประชากรไทยมีทิศทางที่ก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัย รายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทยประจำปี พ.ศ. 2558 ว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวน ประชากรผู้สูงอายุ ส่งผลให้มีปัญหาสุขภาพเพิ่มมากขึ้น และมีความรุนแรงของโรคมากกว่าวัยอื่น เนื่องจากผู้สูงอายุมีร่างกายเสื่อมถอย พฤติกรรมสุขภาพและการดูแลควบคุมโรคเรื้อรังไม่เหมาะสม จึงทำให้เป็นภาระในการดูแลรักษาสุขภาพ ความต้องการการดูแลในระยะยาว การจัดสรรงบประมาณ และการให้บริการพื้นฐานที่พอเพียงเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ พบว่า 1 ใน 3 ของผู้สูงอายุมีโรคประจำตัวหลายโรค จึงต้องมีการใช้ยาหลายชนิดพร้อมกันจากการเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรัง และความเสื่อมของร่างกายผู้สูงอายุดังกล่าว ผู้สูงอายุจึงเป็นกลุมที่มีการใชยามากกว่ากลุ่มวัยอื่นๆ และได้รับยาหลายรายการ โดยความชุกของการใช้ยาหลายรายการ อยู่ระหว่างร้อยละ 29–75 การใช้ยาที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะทำให้ผู้สูงอายุได้รับประโยชน์จากยาอย่างเต็มที่ การเจ็บป่วยก็จะทุเลาลงและหายในที่สุด ถ้าผู้สูงอายุใช้ยาไม่ถูกต้องทำให้ได้รับอันตราย บางครั้งอาจรุนแรงถึงแก่ชีวิต ซึ่งพบว่าผู้สูงอายุเป็นกลุมที่มีความเสี่ยงหรือมีโอกาสที่จะได้รับอันตรายจากการใช้ยาที่ไม่ถูกต้องได้มากกวาบุคคลทั่วไป เนื่องจากผู้สูงอายุมักมี ความเจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังหลายโรคร่วมกันและมีโอกาสได้รับยาหลายชนิด เฉลี่ยผู้สูงอายุ 1 คน จะ มียาตามแพทย์สั่ง 4–5 ชนิด และอาจมี 2 ชนิด จากการซื้อยามารับประทานเอง นอกจากนี้ผู้สูงอายุยังมีปัญหาเกี่ยวกับการจัดเตรียมยาเพื่อรับประทานลืมกินหรือกินซ้ำ ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดผลข้างเคียงจากการใช้ยา โดยพบว่า 1 ใน 3 มีผลข้างเคียงจากยา และต้องนอนรักษาในโรงพยาบาลถึงร้อยละ 10–20 [2]

ปัญหาในการใช้ยาของผู้สูงอายุจากการป่วยหลายโรคและใช้ยาหลายชนิด ทำให้เกิดความยุ่งยากในการใช้ยาของผู้สูงอายุ อีกทั้งความจำของผู้สูงอายุก็ลดลง อาจลืมกินยาหรือเกิดความสับสน ในวิธีการใช้ยา กินยาไม่ครบ หรือกินยาจำนวน

มากเกินไป หรือกินยาผิดเวลา ผิดขนาด ผิดจำนวน ผู้ป่วยบางรายมีการปรับขนาดยา หรือหยุดยาเอง จากผลข้างเคียงของยาและความเชื่อด้านสุขภาพที่ไม่ถูกต้อง จึงทำให้เกิดปัญหาในการใช้ยาได้ [3] นอกจากนี้ยังเกิดปัญหายาเหลือจาก การใช้ของผู้ป่วยสูงอายุ ที่ใช้ยาผิดขนาด ผิดเวลา หรือการลืมกินยา เกิดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ จำนวนไม่น้อยในแต่ละปี [4]

จากข้อมูลที่ศึกษามาพบว่างานวิจัยที่ผ่านมามักไม่เฉพาะเจาะจงปัญหาการขาดความรู้และปัญหาพฤติกรรมการใช้ยาในผู้สูงอายุ เป็นการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ยังไม่ครอบคลุมในกลุ่มผู้สูงอายุมากนัก ประกอบกับแนวโน้มที่ผู้สูงอายุมีเพิ่มมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อศึกษา ความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป

วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย โดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร (Population) คือ ผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย จำนวน 830 คน และขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Taro Yamane ได้กลุ่มตัวอย่าง 270 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 11 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้ของการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ลักษณะของแบบสอบถามจะแบ่งเป็นความรู้เชิงบวก และความรู้เชิงลบ จำนวน 15 ข้อ โดยกำหนดคะแนนเป็นตัวบอกระดับความรู้ ซึ่งคะแนนจะมาจากการตอบแบบสอบถาม หากตอบถูกได้ 1 คะแนน และหากตอบผิดได้ 0 คะแนน จากนั้นจะนำคะแนนมารวมเป็นความรู้

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ลักษณะของแบบสอบถามจะแบ่งเป็นพฤติกรรมเชิงบวก และพฤติกรรมเชิงลบ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเกณฑ์การกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินแบ่งเป็นเกณฑ์สำหรับพฤติกรรมเชิงบวก (คะแนน 3-1) และเกณฑ์สำหรับพฤติกรรมเชิงลบ (คะแนน 1-3)

การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลความตรง (Validity) โดยนำเครื่องมือไปหาคุณภาพเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (Expert) ผลการวิเคราะห์มีดัชนีค่าความพ้องไม่ต่ำกว่า 0.5 ได้ค่า 0.93

2. การวิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) ที่ยอมรับได้คือ มากกว่า 0.7 นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (แบบสัมภาษณ์) ไปทดลองใช้ (Try Out) เพื่อหาค่าความเที่ยง (Reliability) กับผู้สูงอายุโรคเรื้อรังบ้านนางแล ตำบลนางแล อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย จำนวน 40 คน วิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 และปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือการวิจัยจนสมบูรณ์และพร้อมที่จะนำไปเก็บรวบรวมข้อมูลจริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยการแจกแจงความถี่และร้อยละ วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้และพฤติกรรมในการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง โดยการ แจกแจงความถี่ ร้อยละค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน T-test และ One way ANOVA

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 52.59) ช่วงอายุ 60-69 ปี (ร้อยละ 38.89) ประถมศึกษาตอนต้น (ร้อยละ 47.04) อาชีพเกษตรกร (ร้อยละ 30.74) นับถือศาสนาพุทธ (ร้อยละ 100.00) สิทธิการรักษาพยาบาลเป็นสิทธิประกันสุขภาพถ้วนหน้า(บัตรทองฟรี) (ร้อยละ 78.52) โรคความดันโลหิตสูง (ร้อยละ 50.74) รับประทานยามื้อละ 3-4 เม็ด (ร้อยละ 44.07) รับประทานยาชนิดอื่นนอกจากยารักษาโรคประจำตัว คือ ยาแผนปัจจุบัน (ร้อยละ 50.74) ซื้อยามารับประทานเอง (ร้อยละ 45.93) ได้รับความรู้จากบุคลากรทางสุขภาพอื่นๆ (ร้อยละ 50.37)

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความรู้การใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง

ระดับความรู้	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อย (1-5 คะแนน)	5	1.9
ปานกลาง (6-10 คะแนน)	106	39.3
มาก (11-15 คะแนน)	159	58.9
รวม	**270**	**100.00**

จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับความรู้การใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง จำนวน 270 คน พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก จำนวน 159 คน (ร้อยละ 58.9) รองลงมา อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 106 คน (ร้อยละ 39.3) และน้อยที่สุด อยู่ในระดับน้อย จำนวน 5 คน (ร้อยละ 1.9)

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง

ข้อ	คำถามพฤติกรรม	จำนวน(ร้อยละ)			$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
		ปฏิบัติเป็นประจำ	ปฏิบัติบางครั้ง	ไม่เคยปฏิบัติ			
1	ท่านนำยาก่อนอาหารมารับประทานก่อนอาหาร	195(72.2)	59(21.9)	16(5.9)	2.66	0.586	ดี
2	ท่านเขย่าขวดยาน้ำก่อนรับประทาน	70(25.9)	189(70.0)	11(4.1)	2.22	0.503	ดี
3	เมื่อเพื่อนบ้านของท่านซึ่งเป็นโรคเดียวกัน ยาหมด ท่านแบ่งยาของท่านให้เพื่อนบ้านของท่านรับประทาน เนื่องจากเป็นยาชนิดเดียวกัน	5(1.9)	121(44.8)	144(53.3)	2.51	0.537	ดี
4	ท่านจะนำยาออกจากซอง หรือขวดยาเมื่อถึงเวลารับประทานยาเท่านั้น	215(79.6)	55(20.4)	0	2.80	0.404	ดี
5	ท่านรับประทานยากับน้ำผลไม้	0	22(8.1)	248(91.9)	2.92	0.274	ดี

	เช่น น้ำส้ม เนื่องจากทำให้รับประทานยาได้ง่ายขึ้น						
6	ท่านรับประทานยาแก้ปวดหลังอาหารทันที	70(25.9)	132(48.9)	68(25.2)	2.01	0.717	ดี
7	ท่านเก็บยาไว้ในบริเวณที่ไม่ถูกแสงแดด และอากาศถ่ายเทสะดวก	190(70.4)	65(24.1)	15(5.6)	2.65	0.583	ดี
8	ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำที่ปรากฏอยู่หน้าซองยา เช่น ห้ามดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ขณะรับประทานยา	244(90.4)	21(7.8)	5(1.9)	2.89	0.373	ดี
9	ท่านนำยาไปใส่ไว้ในผลไม้ เช่น กล้วยสุก เพื่อให้รับประทานได้ง่ายขึ้น	0	60(22.2)	210(77.8)	2.78	0.417	ดี
10	ท่านนำยาทั้งหมดออกจากซองยามาใส่ไว้ในกล่องเดียวกันเพื่อสะดวกในการรับประทาน	5(1.9)	99(36.7)	166(61.5)	2.60	0.528	ดี
11	ท่านไม่นำยาที่ท่านรับประทานเป็นประจำไปให้แพทย์ดูเมื่อท่านไปรับการรักษาด้วยโรคอื่น	79(29.3)	110(40.7)	81(30.0)	2.01	0.771	ดี
12	ท่านนำยาสมุนไพรที่มีสรรพคุณรักษาโรคที่ท่านเป็นมารับประทานแทนยาที่แพทย์สั่ง	27(10.0)	179(66.3)	64(23.7)	2.14	0.565	ดี
13	เมื่อท่านพบว่ายาของท่านหมดอายุ หรือเสื่อมคุณภาพท่านจะนำไปให้ รพ.สต. / อสม.	238(88.1)	27(10.0)	5(1.9)	2.86	0.395	ดี
14	เมื่อท่านลืมรับประทานยาในมื้อใด ท่านจะนำยาไปรับประทานในมื้อถัดไปแทน	5(1.9)	126(46.7)	139(51.5)	2.50	0.537	ดี
15	ท่านไม่นำยาที่ใช้ภายนอก ไว้ใกล้กับยาที่ใช้รับประทาน	127(47.0)	91(33.7)	52(19.3)	2.28	0.767	ดี
	เฉลี่ยรวม				2.52	0.530	ดี

ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ท่านรับประทานยากับน้ำผลไม้ เช่น น้ำส้ม เนื่องจากทำให้รับประทาน ยาได้ง่ายขึ้น มีค่าเฉลี่ย 2.92 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.274 และข้อที่น้อยที่สุด คือ ท่านไม่นำยาที่ท่านรับประทานเป็นประจำไปให้แพทย์ดู เมื่อท่านไปรับการรักษาด้วยโรคอื่น มีค่าเฉลี่ย 2.01 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.771

ส่วนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์ของความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความรู้การใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างระดับการศึกษาสูงสุด โดยใช้ ANOVA

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง(SS)	จำนวนค่าอิสระ(DF)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง(MF)	F-value	P-value
ระหว่างกลุ่ม	208.66	4	52.17	10.96	0.00**
ภายในกลุ่ม	1261.77	265	4.76		
รวม	1470.43	269			

พบว่า ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความรู้การใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างการศึกษาแตกต่างกัน โดยใช้ ANOVA พบว่ามีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยใช้ Scheffe' ได้ผลตามตารางต่อไปนี้

การศึกษา		ไม่ได้เรียนอ่านไม่ออก	ไม่ได้เรียนแต่อ่านออก	ประถมศึกษาตอนต้น	ประถมศึกษาตอนปลาย	ปริญญาตรี
	ค่าเฉลี่ย	36.73	37.79	37.85	37.16	42.09
ไม่ได้เรียน อ่านไม่ออก	36.73	-	0.114	0.076**	0.565	0.000**
ไม่ได้เรียน แต่อ่านออก	37.79	0.114	-	0.903	0.287	0.000**
ประถมศึกษาตอนต้น	37.85	0.076*	0.903	-	0.209	0.000**
ประถมศึกษาตอนปลาย	37.16	0.565	0.287	0.209	-	0.000**
ปริญญาตรี	42.09	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	-

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างการศึกษาแตกต่างกันรายคู่ โดยใช้ Sheffe' พบว่ามี กลุ่มปริญญาตรี และไม่ได้เรียน อ่านไม่ออก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความรู้การใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างอาชีพ โดยใช้ ANOVA

แหล่งความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง(SS)	จำนวนค่าอิสระ(DF)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง(MF)	F-value	P-value
ระหว่างกลุ่ม	309.75	5	61.95	10.09	0.00**
ภายในกลุ่ม	1160.69	264	4.39		
รวม	1470.43	269			

พบว่า ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความรู้การใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างอาชีพแตกต่างกัน โดยใช้ ANOVA พบว่ามีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยใช้ Scheffe' ได้ผลดตามตารางต่อไปนี้

อาชีพ		พ่อบ้าน/แม่บ้าน	รับจ้าง	ข้าราชการบำนาญ	ค้าขาย	เกษตรกร	อื่นๆ
	ค่าเฉลี่ย	38.43	38.23	41.59	36.84	36.96	35.00
พ่อบ้าน/แม่บ้าน	38.43	-	0.698	0.000**	0.004**	0.002**	0.005**
รับจ้าง	38.23	0.698	-	0.000**	0.017**	0.011**	0.008**
ข้าราชการบำนาญ	41.59	0.000**		-	0.209	0.000**	
ค้าขาย	36.84	0.004**	0.017**	0.000**	-	0.811	0.100
เกษตรกร	36.96	0.002**	0.011**	0.000**	0.811	-	0.100

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างอาชีพแตกต่างกัน รายคู่ โดยใช้ Sheffe' พบว่ามี อาชีพข้าราชการบำนาญ และอาชีพพ่อบ้าน/แม่บ้าน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่มีคะแนนความรู้เกี่ยวกับการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 58.9) ซึ่งผลงานวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภก.จิรชัย มงคลชัยภักดิ (2559) ที่ศึกษาความรู้ และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้รับบริการในร้านยาชุมชนจังหวัดปทุมธานี ที่พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้ยาในระดับปานกลาง – มาก (ร้อยละ 41.2) [5]

จากการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังอยู่ในระดับที่ดี (ร้อยละ 90.4) ซึ่งผลงานวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอมอร ส่วยสม (2563) ที่ศึกษาพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ที่พบว่าพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุอยู่ในระดับดี แต่มีความแตกต่างกันโดยส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมไม่เหมาะสมในด้านความสม่ำเสมอในการใช้ยาให้ครบ [6]

จากการศึกษาพบว่าการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของความรู้ในการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างเพศชายและเพศหญิง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่วนความรู้ในเรื่อง การใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างการศึกษาพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความรู้เรื่องในการใช้ยาระหว่างอาชีพพบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภก. จิรชัย มงคลชัยภักดิ์ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความรู้และพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ยาของผู้รับบริการในร้านยาชุมชนจังหวัดปทุมธานีที่พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ศาสนา

ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ของครอบครัวเฉลี่ย(ต่อเดือน) การที่เคยได้รับคำแนะนำในการใช้ยาเมื่อไปใช้บริการสถานบริการสุขภาพมีผลต่อระดับความรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิต [5]

จากการศึกษาพบว่าการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างเพศชายและเพศหญิง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.451) ช่วงอายุมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานของ ภก.จิรชัย มงคลชัยภักดิ (2559) เรื่อง ศึกษาความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้รับบริการในร้านยาชุมชนจังหวัดปทุมธานี ที่พบว่าเพศ อายุ สถานภาพสมรส รายได้ของครอบครัวเฉลี่ย อาชีพ มีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.031) ส่วนพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างระดับการศึกษาสูงสุด มีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.000) จึงจำการเปรียบเทียบรายคู่ และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังระหว่างอาชีพแตกต่างกันรายคู่ มีนัยสำคัญทางสถิติ[8] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วินัดดา ดรุณถนอม (2562) ศึกษาเรื่อง ความร่วมมือและพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุที่มีโรคเรื้อรังในตำบลหัวง้ม อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่าระดับการศึกษา อาชีพ จะมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ทั้งนี้เพราะมีพฤติกรรมตรวจสอบวันหมดอายุก่อนการใช้ยา ซึ่งมีความสอดคล้องกับระดับการศึกษา และอาชีพของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง [7]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ความรู้และพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรัง ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง เชียงราย จังหวัดเชียงราย นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ คอยให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเป็นรูปธรรมชัดเจน คณะผู้วิจัยมีความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2559). ประชากรผู้สูงอายุ.
[2] กาญจนา ปัญญาธร และคณะ. (2562). ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานภาวะสุขภาพ ทัศนคติ เกี่ยวกับการใช้ยา กับพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุที่ป่วยโรคเรื้อรัง บ้านหนองตะไก้ ตำบลหนองไผ่ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี.
[3] ศศิธร รุ่งสว่าง. (2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความมร่วมมือในการใช้ยาหลายขนานของผู้สูงอายุโรงเรื้อรัง.
[4] ปวีณ ตั้งจิตต์พิสุทธิ์. (2562). การศึกษาสาเหตุการนำยาเหลือใช้มาคืนของผู้ป่วยสูงอายุโรคเรื้อรังที่มารับบริการ ณ ศูนย์สุขภาพชุมชนร่วมใจ อำเภอวังทอง.
[5] ภก. จิรชัย มงคลชัยภักดิ์. (2559). การศึกษาความรู้และพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ยาของผู้รับบริการ ในร้านยาชุมชนจังหวัดปทุมธานี.
[6] เอมอร ส่วยสม. (2563). พฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุโรคเรื้อรังของผู้สูงอายุที่มีโรคเรื้อรังหลายโรคในชุมชน.
[7] วินัดดา ดรุณถนอม. (2562). ความร่วมมือและพฤติกรรมการใช้ยาของผู้สูงอายุที่มีโรคเรื้อรังในตำบลหัวง้ม อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย.

การเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแหนแดง

Comparative study of the morphology and growth of *Azolla*

สุรางค์รัตน์ พันแสง[1*] และ พวงผกา แก้วกรม[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
[*]Email: surangrat.pun@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแหนแดง โดยการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาผ่านกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เก็บตัวอย่างแหนแดง (*Azolla*) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ (AZ-1) และวัดดาวเรือง ตำบลนาป่า อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ (AZ-2) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยพิจารณาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์ปกติ (vegetative cell) และขนใบ (epidermal trichomes) พบว่า ทั้ง 2 สายพันธุ์จัดอยู่ใน section *Azolla* แหนแดงใน section นี้ ใบที่กำลังเจริญจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-3 เซนติเมตร เจริญเติบโตในแนวนอน สำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของแหนแดง พบว่าระดับความเข้มข้นของ K_2HPO_4 มีผลต่อการเจริญของแหนแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แหนแดงให้ผลผลิตมากที่สุด ที่ระดับความเข้มข้น K_2HPO_4 0.5 กรัม/กระถาง ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงคิดเป็นผลผลิตของน้ำหนักแห้ง 0.95 กรัม/ตารางเมตร อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ 0.12 ต่อวัน การวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของแหนแดงจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.92-3.73% จากผลการวิเคราะห์พบว่า สายพันธุ์ AZ-2 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าแหนแดงสายพันธุ์ AZ-2 เป็นสายพันธุ์ที่ดี ใช้เป็นปุ๋ยในนาข้าวสามารถเพิ่มผลผลิตได้

คำสำคัญ: สัณฐานวิทยา, การเจริญเติบโต, แหนแดง

Abstract

This study aimed to comparative study of the morphology and growth of *Azolla* by observing their morphology through stereo microscope and scanning electron microscope (SEM) analysis. Two isolated of *Azolla* were collected from Phetchabun Rajabhat University (AZ-1) and Wat Dao Ruang, Na Pa, Mueang Phetchabun District, Phetchabun (AZ-2). The morphological study which was based on diameter of vegetative cell and epidermal trichomes found that the two isolated was classified in *Azolla* section. *Azolla* in this section, diameter of leaves was ranged from 1-3 cm and grow horizontally. The growth of *Azolla*, showed that the concentration of K_2HPO_4 affected on the growth of *Azolla* had significantly different at the statistical level of 95%. At K_2HPO_4 0.5 g/pot at the third week of cultivation, *Azolla* was reported as the highest growth with dry weight at 0.95 g/m2 and the relative growth rate at 0.12 d^{-1}. The total nitrogen content of *Azolla* was range from 2.92 - 3.73%. The results showed that strain AZ-2 had the

highest total nitrogen concentration. From this experiment concluded that *Azolla* species AZ-2 was a good type. Which can be used as bio-fertilizer in paddy fields to increase rice yields.

Keywords: morphology, growth, *Azolla*

1. บทนำ

ประชากรมนุษย์จะเพิ่มขึ้นเป็น 9 พันล้านคนภายในปี 2050 นอกจากนี้ความมั่งคั่งที่เพิ่มขึ้นจะสร้างความต้องการที่มากขึ้นสำหรับเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากนม [1] การผลิตโปรตีนจากพืชจึงมีผลต่ออุปทานอาหารทั่วโลก แหนแดง (*Azolla*) เป็นพืชทดแทนสำหรับการผลิตอาหารโปรตีน ปัจจุบันทั่วโลกประกอบด้วย 7 สายพันธุ์ [2] แหนแดงมีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์สูง (RGRs) เมื่อเจริญเติบโตอย่างอิสระบนผิวน้ำ เช่น ไม่ต้องแย่งแสง อัตราการเติบโตสัมพัทธ์มากกว่า 0.5 ต่อวัน หรือชีวมวลเพิ่มขึ้นสองเท่าในเวลาน้อยกว่า 2 วัน [3] ลักษณะเฉพาะของแหนแดง คือ ในใบมีไซยาโนแบคทีเรียอาศัยอยู่โดยดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันกับแหนแดง แบบพึ่งพาอาศัยกัน สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ในใบของแหนแดงมีโพรงขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่อาศัยของไซยาโนแบคทีเรีย ไซยาโนแบคทีเรียได้รับอาหารจากแหนแดง ส่วนแหนแดงจะได้ไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจนของไซยาโนแบคทีเรีย ความสัมพันธ์นี้ทำให้แหนแดงกลายเป็นปุ๋ยพืชสดที่สำคัญ การตรึงไนโตรเจนโดย *Nostoc azollae* 0.15-0.17 mg N h^{-1} ต่อกรัมของชีวมวลแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ *Rhizobia* ที่อาศัยในปมรากถั่ว (*Glycine max*) [4] เนื่องจากการเจริญเติบโตสูงและอัตราการตรึงไนโตรเจน ส่งผลให้แหนแดงถูกนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพในนาข้าวในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มาเป็นเวลาหลายศตวรรษ การใช้แหนแดงเป็นปุ๋ยชีวภาพช่วยเพิ่มความยั่งยืนของการปลูกข้าวโดยการลดความต้องการปุ๋ยรวมไปถึงลดการปล่อยก๊าซไนโตรเจนและก๊าซเรือนกระจก (GSG) จากนาข้าว [5] นอกจากนี้ยังสามารถลดการเริญเติบโตของวัชพืชในนาข้าวได้เป็นอย่างดี ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา และการเจริญเติบโตของแหนแดง เพื่อเป็นทางเลือกให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในระบบเกษตรพอเพียงต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

คัดเลือกแหนแดงที่มีลักษณะแตกต่างกันจากแหล่งน้ำในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ (ตารางที่ 1) นำแหนแดงที่ได้มาล้างน้ำเบา ๆ ในน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอม สำหรับการนำมาจำแนกสายพันธุ์โดยใช้การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ตารางที่ 1 สายพันธุ์แหนแดงที่คัดเลือกมาใช้ในการศึกษา

สายพันธุ์	แหล่งที่เก็บ
Azolla1 (AZ-1)	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
Azolla2 (AZ-2)	คลองวัดดาวเรือง ตำบลนาป่า อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

2.1 การจำแนกแหนแดงโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

2.1.1 การศึกษาลักษณะโครงสร้างของ vegetative โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

นำตัวอย่างใบของแหนแดงที่คัดเลือกได้มาแช่ใน glutaraldehyde 2.0% ใน 0.1 M phosphate buffer pH 6.8 ทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อทำการตรึงตัวอย่างให้คงอยู่ในสภาพเดิม นำมาล้างด้วย phosphate buffer 3 ครั้ง ๆ ละ 10-15 นาที จากนั้นนำไปแช่ใน osmium tetraoxide 1% เป็นเวลา 30 นาที นำมาล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง จากนั้นนำมาทำการดึงน้ำออกอย่างช้า ๆ ด้วยการล้างด้วยเอทานอล 30, 50, 70, 90, 95 และ 100% เป็นเวลา 10-15 นาที ชุดละ 2 ครั้ง ตัวอย่างที่

ได้จะนำไปทำแห้งโดยการใช้เครื่อง critical point dryer จากนั้นนำตัวอย่างไปหุ้มด้วยทองด้วยเครื่อง ion sputter นำตัวอย่างที่ได้ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 85, 100, 120, 200 และ 800 เท่า เพื่อศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาที่เหมือนหรือแตกต่างกันของแหนแดงแต่ละสายพันธุ์

2.1.2 การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด

นำตัวอย่างแหนแดงไปอบที่ 70 °C เป็นเวลา 24 ชม. บดตัวอย่างให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ลงในหลอด Kjeldahl และใช้หลอดเปล่า 1 หลอดเป็น sample blank เติม mixed catalyst (ผสม K_2SO_4 : $CuSO_4.5H_2O$ อัตราส่วน 100:10) ลงไปประมาณ 5 กรัม เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้นลงไป 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ส่วนผสมทั้งหมดคลุกเคล้ากัน นำไปย่อยใน digestion block ในตู้ดูดควันที่อุณหภูมิ 400 °C ประมาณ 2 ชั่วโมง จนกระทั่งสีของสารละลายที่ย่อยใสหรือสีขาวขุ่น ทิ้งไว้ให้เย็น เติมสารละลายกรดบอริค 50 มิลลิลิตร ลงในขวดชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร นำตัวอย่างที่ได้ไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น ก่อนเริ่มกลั่นเติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 35% NaOH ลงไป 25 มิลลิลิตร ใช้กรดบอริคจับแก๊สแอมโมเนียที่เกิดขึ้น สีของอินดิเคเตอร์เปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเขียว ได้สารละลายที่กลั่นแล้วนำกรดบอริคที่ได้ไปไตเตรทด้วยสารละลาย 0.1 M HCl กระทั่งสีของอินดิเคเตอร์เปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีชมพูเทียบกับ blank

2.2 สภาพที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงแหนแดง

นำแหนแดงจากตารางที่ 1 มาเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนในกระถางที่มีความสูง 20 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ที่มีอาหารเหลว N-free medium (ตารางที่ 2) ควบคุมสภาพแวดล้อม

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย

ชุดการทดลองที่ 1 : AZ-1

T1 = ชุดควบคุม (control)

T2 = K_2HPO_4 อัตรา 0.5 กรัม/กระถาง

T3 = K_2HPO_4 อัตรา 1.0 กรัม/กระถาง

T4 = K_2HPO_4 อัตรา 1.5 กรัม/กระถาง

T5 = K_2HPO_4 อัตรา 2.0 กรัม/กระถาง

ชุดการทดลองที่ 2 : AZ-2

T6 = ชุดควบคุม (control)

T7 = K_2HPO_4 อัตรา 0.5 กรัม/กระถาง

T8 = K_2HPO_4 อัตรา 1.0 กรัม/กระถาง

T9 = K_2HPO_4 อัตรา 1.5 กรัม/กระถาง

T10 = K_2HPO_4 อัตรา 2.0 กรัม/กระถาง

ทำการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาพแวดล้อมปกติ โดยใช้แหนแดงเริ่มต้น 3 กรัม/กระถาง และใส่ปุ๋ยฟอสเฟตทุก ๆ 7 วัน วัดการเจริญเติบโตทุก 7 วัน ในช่วงเวลา 10.00 น. โดยใช้กระชอนตักแหนแดงในแต่ละหน่วยทดลองขึ้นจากกระถาง พักไว้เป็นเวลา 15 นาที นำแหนแดงไปชั่งน้ำหนักสด บันทึกข้อมูล ทำการบันทึกน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของแหนแดง โดยการหา doubling time

doubling time = ln2/RGR

RGR (Relative growth rate) = (lnW2-lnW1)(t-1)

W1 = น้ำหนักเริ่มต้น

W2 = น้ำหนักสุดท้าย

t = จำนวนวันที่ใช้ในการเลี้ยง [6]

ตารางที่ 2 การเตรียม stock ของอาหารเหลว N-free medium

Stock solution	สารเคมี	ความเข้มข้น (กรัมลิตร)
1	$CaCl_2$	55.50
2	$MgSO_4 .7H_2O$	49.50
3	KCl	37.50
4	KH_2PO_4	13.60
5	FeEDTA.Na	30.00
6	Micro nutrient	
	H_3BO_3	2.86
	$MnCl.4H_2O$	1.81
	$ZnSO_4 . 7H_2O$	0.22
	$CoCl .6H_2O$	0.10
	$CuSO_4 . 5H_2O$	0.08
	MnO_3	0.02

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

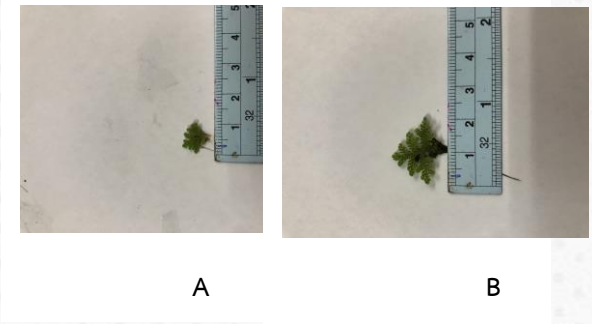
3.1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแหนแดง

แหนแดงทุกสายพันธุ์คัดเลือกจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และคลองวัดดาวเรือง ตำบลนาป่า อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการจำแนกสสายพันธุ์แหนแดงนี้ จะทำการเลี้ยงแหนแดงในสารละลายอาหาร N-free medium ภายใต้สภาพโรงเรือน ในการศึกษาขั้นแรกทำเมื่อแหนแดงอายุได้ 14 วัน โดยจะนำมาศึกษาลักษณะโครงสร้างทาง vegetative ภายใต้กล้องถ่ายภาพ ดังภาพที่ 1 ตารางที่ 3 โดยสายพันธุ์ AZ-1 และ AZ-2 ต้นแหนแดงจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร และ 2.2 เซนติเมตรความยาว 0.6 และ 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และกล้องจุลทรรศน์ stereo ภาพที่ 2 ลักษณะโครงสร้างเบื้องต้นจำแนกได้ว่าแหนแดงทั้ง 2 สายพันธุ์จัดอยู่ใน section *Azolla* (ประกอบด้วยสายพันธุ์ *A. caroliniana*, *A.filiculoides*, *A.mexicana*, *A. microphylla* และ *A. ruba*) ตาม tentative identification key [7] แหนแดงใน section นี้ ใบที่กำลังเจริญจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-3 เซนติเมตร เจริญเติบโตในแนวนอน การวิเคราะห์ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของแหนแดง (ตารางที่ 3) จะมีค่าอยู่ในช่วง 2.92-3.73% สายพันธุ์ AZ-2 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด ตามด้วยสายพันธุ์ AZ-1 ซึ่งไนโตรเจนเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยเพิ่มผลผลิตในนาข้าว ปริมาณไนโตรเจนในแหนแดงโดยปกติจะมีค่าประมาณ 0.25% ขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ สภาพภูมิอากาศ และเทคนิควิธีการเพาะเลี้ยง [8] แหนแดงที่ได้รับธาตุเหล็กและโมลิบดินัมจะมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเท่ากับ 2.548 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าทุกชุดการทดลอง [9] เนื่องจากแหนแดงดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกันกับไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศโดยการทำงานของเอนไซม์ที่มีธาตุเหล็กและโมลิบดินัมเป็นองค์ประกอบ ไนโตรเจนที่ถูกตรึงจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปที่แหนแดงสามารถใช้ได้

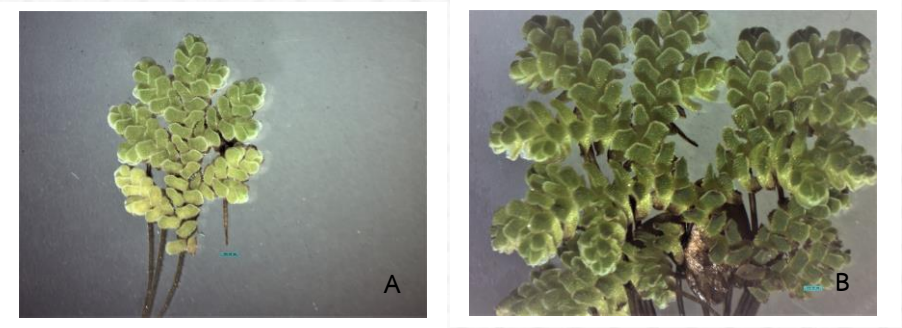
ตารางที่ 3 ขนาดของแหนแดง (เซนติเมตร) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของแหนแดงแต่ละสายพันธุ์

ตัวอย่าง	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ม.ซ.)	ยาว (ม.ซ.)	% ไนโตรเจนทั้งหมด
AZ-1	1.0	0.6	2.92
AZ-2	2.2	1.5	3.73

ตารางที่ 3 ขนาดของแหนแดง (เซนติเมตร) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของแหนแดงแต่ละสายพันธุ์



ภาพที่ 1 ลักษณะทางสรีรวิทยาของโครงสร้าง vegetative ภายใต้กล้องถ่ายภาพ
(A) AZ-1 (B) AZ-2



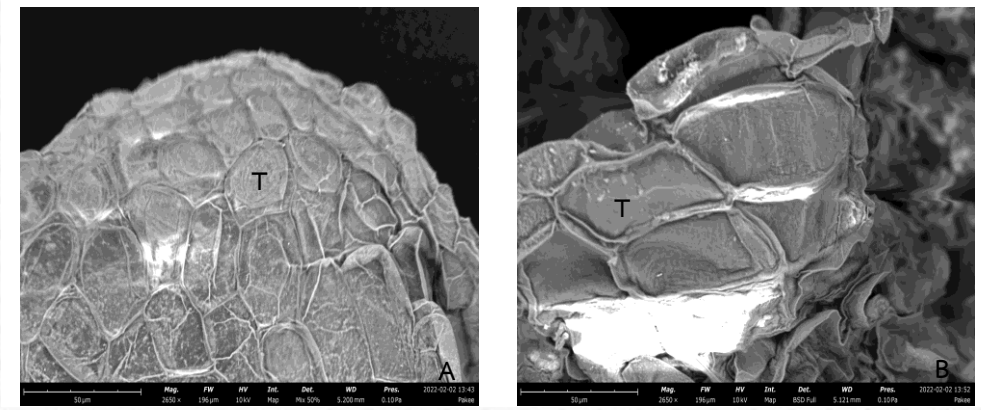
ภาพที่ 2 ลักษณะทางสรีรวิทยาของโครงสร้าง vegetative ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ stereo (กำลังขยาย 0.66)
(A) AZ-1 (B) AZ-2

ปี 1976 [10] ได้แนะนำว่าลักษณะบางอย่าง เช่น ชนิดของขนใบ (trichome หรือ epidermal leaf hair) เป็นลักษณะที่สำคัญที่ใช้ในการจำแนกสายพันธุ์แหนแดง จึงมีความจำเป็นจะต้องศึกษาลักษณะขนใบซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้าง vegetative โดยสังเกตความแตกต่างของขนใบในแต่ละสายพันธุ์ด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ดังภาพที่ 3 โดยลักษณะขนใบของสายพันธุ์ AZ-1 จะมีรูปร่างค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30-40 ไมโครเมตร สายพันธุ์ AZ-2 มีรูปร่างเป็นวงรี กว้างประมาณ 20 ไมโครเมตร ยาว 50 ไมโครเมตร โดยพบว่าทั้งสองสายพันธุ์ขนใบ มีลักษณะเรียงตัวกันเป็นแถวในแนวตั้ง พบขนใบ 1 เซลล์หรือมากกว่า

จากการจำแนกของ [11] เซลล์ขนใบเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้สำหรับจำแนกสายพันธุ์ของแหนแดง โครงสร้างของเซลล์ขนใบประกอบด้วย 2 เซลล์ คือ ก้านเซลล์ (pedicel cell) และส่วนปลายหรือยอดของขนใบ (apical trichome cell) แต่เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของ vegetative บางส่วนในแต่ละสายพันธุ์ยังมีความคล้ายคลึงกัน ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงควรมีการศึกษาลักษณะโครงสร้างของเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของแหนแดง (sporocarp)

จากการศึกษาของ [12] นอกจากไตรโคมของใบและกายวิภาคศาสตร์ของรากแล้วคุณลักษณะของ vegetative ก็ไม่มีประโยชน์ ควรมีการศึกษาลักษณะโครงสร้างของเซลล์สืบพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง glochidial septation โครงสร้างของสปอร์ และโครงสร้างอื่น ๆ ร่วมด้วย สำหรับใช้ในการจัดจำแนกนุกรมวิธานของแหนแดงร่วมด้วย

[8] จำแนกสายพันธุ์แหนแดง 3 สายพันธุ์ (AZ01, AZ02 และ AZ03) โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการวิเคราะห์ดีเอ็นเอ พบว่าแหนแดงทั้ง 3 สายพันธุ์อยู่ใน section *Azolla* โดย AZ01 คือ *A. microphylla*, AZ02 คือ *A. cristata* และ AZ03 คือ *A.filiculoides*



ภาพที่ 3 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของขนใบ (epidermal trichomes)
(A) รูปขนใบของ AZ-1 (B) รูปขนใบของ AZ-2
T คือ ปลายหรือยอดของขนใบ (apical trichrome cell) กำลังขยาย 2650X

3.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของแหนแดง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 พบว่า ระดับความเข้มข้นของ K_2HPO_4 มีผลต่อการเจริญของแหนแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แหนแดงสามารถเจริญได้ใน K_2HPO_4 ที่ระดับความเข้มข้นไม่สูง โดยพบว่าแหนแดงให้ผลผลิตมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้น K_2HPO_4 0.5 กรัม ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงคิดเป็นผลผลิตของน้ำหนักแห้ง 0.95 กรัม/ตารางเมตร รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ไม่เติม K_2HPO_4 และที่ระดับความเข้มข้น K_2HPO_4 1 กรัม ตามลำดับ จากการศึกษาของ [13] พบว่า แหนแดงเจริญเติบโตเต็มที่ในระยะเวลา 13-15 วันของการเพาะเลี้ยง

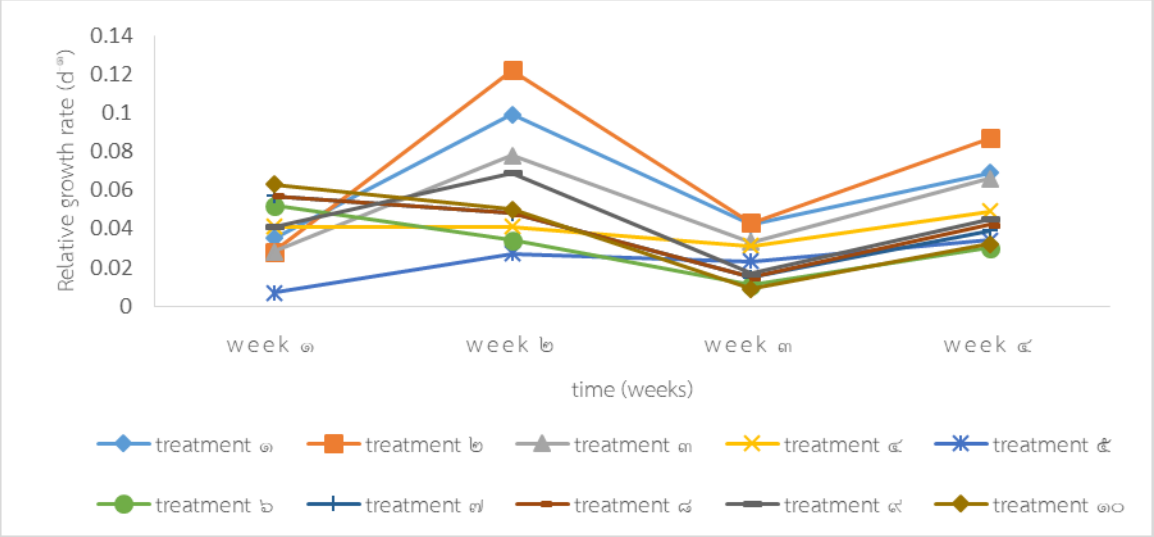
จากผลการทดลองในภาพที่ 4 พบว่า ในสัปดาห์ที่สองของการเพาะเลี้ยงแหนแดงมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) สูงสุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นของ K_2HPO_4 0.5 กรัม โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ 0.12 ต่อวัน รองลงมา ได้แก่ ที่ชุดการทดลองที่ไม่เติม K_2HPO_4 และที่ระดับความเข้มข้น K_2HPO_4 1 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 กรัม แหนแดงมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ต่ำ [14] รายงานว่า ธาตุฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟต (PO_4^{2-}) ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดการเจริญเติบโตของแหนแดงเป็นอย่างมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญต่อการเร่งการเจริญเติบโตของแหนแดง โดยหากมีปริมาณฟอสฟอรัสเพียงพอในน้ำที่ใช้เลี้ยงแหนแดง อาจไม่จำเป็นต้องให้ไนโตรเจนทั้งในรูปแอมโมเนียม (NH^{4+}) หรือไนเตรต (NO^{3-}) ซึ่งยังคงทำให้แหนแดงมีการเจริญเติบโตได้ดีอย่างต่อเนื่อง

เมื่อแหนแดงได้รับธาตุอาหารหลักทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม รวมถึงธาตุอาหารอื่นๆ จากปุ๋ยคอกทั้ง 2 ชนิด ย่อมทำให้แหนแดงมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการส่งเสริมซึ่งกันและกันของธาตุอาหารที่หลากหลาย ดังเช่นการศึกษาของ [15] ที่รายงานว่า จุลธาตุอย่างเหล็กและโมลิบดินัมที่มีอยู่ในมูลโคช่วยเพิ่มความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้กับทั้งแหนแดงและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ทำให้แหนแดงมีการสะสมของไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4 น้ำหนักแห้งของแหนแดงที่เลี้ยงในอาหารโฮกแลนด์ (Hoagland ‘s solution) ที่ระดับความเข้มข้นของฟอสเฟตต่าง ๆ กัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

Treatment	Dry Weight (g)			
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
1	0.23±0.01^{cd}	0.46±0.01^{b}	0.83±0.02^{b}	0.99±0.03^{b}
2	0.22±0.00^{d}	0.52±0.01^{a}	0.95±0.00^{a}	1.37±0.03^{a}
3	0.22±0.01^{e}	0.38±0.02^{e}	0.61±0.01^{c}	0.88±0.00^{c}
4	0.24±0.03^{c}	0.32±0.00^{g}	0.50±0.01^{d}	0.68±0.01^{d}
5	0.19±0.00^{e}	0.23±0.00^{h}	0.32±0.02^{g}	0.39±0.01^{h}
6	0.26±0.01^{b}	0.33±0.01^{f}	0.39±0.03^{f}	0.49±0.02^{g}
7	0.27±0.02^{b}	0.38±0.02^{de}	0.47±0.00^{e}	0.62±0.02^{e}
8	0.27±0.01^{b}	0.38±0.03^{e}	0.47±0.01^{e}	0.66±0.01^{d}
9	0.24±0.01^{c}	0.39±0.00^{d}	0.50±0.02^{d}	0.62±0.00^{e}
10	0.28±0.02^{a}	0.40±0.03^{c}	0.46±0.03^{e}	0.55±0.02^{f}
F-test	**	**	**	**

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)P< 0.05)



ภาพที่ 4 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของแหนแดงที่ระดับความเข้มข้นของ K_2HPO_4 ต่างกัน

4. บทสรุป

แหนแดงทุกสายพันธุ์คัดเลือกมาจากจากคลองวัดดาวเรือง ตำบลนาป่า อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ศึกษาลักษณะโครงสร้างทาง vegetative ภายใต้กล้องถ่ายภาพและกล้องจุลทรรศน์ stereo ซึ่งการสังเกตลักษณะโครงสร้างเบื้องต้นจำแนกได้ว่าแหนแดงทั้ง 2 สายพันธุ์จัดอยู่ใน section *Azolla* ใบที่กำลังเจริญจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-3 เซนติเมตร เจริญเติบโตในแนวนอน ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของแหน

แดงจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.92-3.73% และเมื่อทำศึกษาการเจริญเติบโตของแหนแดงระดับความเข้มข้นของ K_2HPO_4 มีผลต่อการเจริญของแหนแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แหนแดงสามารถเจริญได้ใน K_2HPO_4 ที่ระดับความเข้มข้นไม่สูง และในสัปดาห์ที่สองของการเพาะเลี้ยงแหนแดงมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) สูงสุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นของ K_2HPO_4 0.5 กรัม โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ 0.12 ต่อวัน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ประเภทโครงการทุนอุดหนุนงานวิจัยที่บูรณาการตามศาสตร์พระราชา สัญญาเลขที่ PCRU_2564_RK002 งบประมาณเงินรายได้ของมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ขอขอบพระคุณเจ้าอาวาสวัดดาวเรือง ตำบลนาป่า อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ สำหรับตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดสอบ งานบริหารการวิจัย คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ในการขอใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และห้องปฏิบัติการ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] H.C.J. Godfray, J.R. Beddington, I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir et al., Food security: the challenge offeeding 9 billion people. *Science* 327(2010)812–818.

[2] G.M. Wagner, *Azolla*: a review of its biology and utilization. *Bot Rev* 63(1997)1–26.

[3] K. Maejima, S. Kitoh, E. Uheda and N. Shiomi, Response of 19 *Azolla* strains to a high concentration of ammonium ions. *Plant and Soil*. 234(2001)247-252.

[4] P. Brouwer, A. Brautigam, V.A. Buijs, A.O.E. Tazelaar et al., Metabolic adaption, a specialized leaf organ structure and vascular responses to diurnal N_2 fixation by *Nostoc azollae* sustain the astonishing productivity of *Azolla* ferns without nitrogen fertilizer. *Front Plant Sci*. 8(2017)442.

[5] J. Liu, H. Xu, Y. Jiang, K. Zhang, Y. Hu and Z. Zeng, Methane emissions and microbial communities as influenced by dual cropping of *Azolla* along with early rice. *Sci Rep*. 7(2017)40635.

[6] D.S. Mitchell. The development of excessive populations of aquatic plant. In: Aquatic Vegetation and Its Use and Control. UNESCO, Paris, 1974.

[7] T.A. Lumpkin and D.W. Plucknett. Azolla as a Green Manure: Use and Management in Crop Production. Boulder: West View Press, 1982.

[8] โชคชัย วนภู. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไซยาโนแบคทีเรียกับแหนแดงเพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนในนาข้าวอินทรีย์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2553.

[9] ภาณุพงศ์ นุ้ยผุด, จารุวัตร จันทร์ประดิษฐ์ และยุพัน พิมโคตร์. ผลของเหล็กและโมลิบดินัมต่อการเจริญเติบโตและปริมาณไนโตรเจนของแหนแดง. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 29, สงขลาม, 2562. 896-901.

[10] A.R.H. Martin, Some structure in *Azolla* megaspores and an anomalous form. *Review of Paleobotany and Palynology*. 12(1976)141.

[11] T.A. Lumpkin and D.W. Plucknett. *Azolla* as a Green Manure: Use and Management in Crop Production. Boulder: West View Press. 1982.

[12] D.G. Dunham and K. Fowler. Taxonomy and species recognition in *Azolla* Lam. In Proceeding 1985 *Azolla* utilization International Rice Research Institute, Fuzhou, Fujian, China, 1987, 7-16.

[13] N. Tokhum, C. Boonthai Iwai. and M. Ta-oun. Wastewater Treatment from Piggery farm by Using *Azolla* microphylla. In Proceedings of the 12th Graduate Research Conference Khon Koen University, Thailand, 2011, 779-783.

[14] R. Sadeghi, R. Zarkami, K. Sabetrafter and P.V. Damme, A review of some ecological factors affecting the growth of *Azolla* spp. *Caspian Journal of Environment Science*. 11(1)(2013)65-67.

[15] M. Biswas, S. Parveen, H. Shimozawa and N. Nakagoshi N., Effects of *Azolla* species on weed emergence in a rice paddy ecosystem. *Weed Biology Management*. 5(2005)176-183.

ความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

Attitudes about Liver Fluke Disease and Raw Fish Consumption Behavior of People, Mae Khao Tom Subdistrict, Mueang District, Chiang Rai Province

สริญญา คำมา[1] วริศรา เมืองมา[1] พรพรรณ กันทาเดช[1] พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ[1*]
วัชรพงษ์ เรือนคำ[1] และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1]

[1]แขนงวิชาสาธารณสุขชุมชน สาธารณสุขศาสตร์บัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
*Email: Pinut1@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงสำรวจครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ ทัศนคติ และศึกษาพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ ของประชาชน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ ทัศนคติ กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ ของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ประชาชนตำบลแม่ข้าวต้มจำนวน 10,345 คน คำนวณโดยใช้สูตร Toro Yamane จำนวน 338 คน โดยสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือที่ใช้ คือแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป สถิติที่ใช้ คือ ค่าความถี่ (Frequency) อัตราร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สถิติ ค่าเพียรสัน ไคสแควร์ (χ^2) โดยใช้ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีสถานภาพสมรส การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา มีอาชีพเกษตรกรรม มีระดับความรู้เรื่องโรคพยาธิใบไม้ตับอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 41.7 มีทัศนคติเรื่องโรคพยาธิใบไม้ตับอยู่ในระดับดี ร้อยละ 38.9 และมีพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 60.3 และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบโดยพบว่า ความรู้ ทัศนคติ กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: ความรู้, ทัศนคติ, พฤติกรรม, ปลาดิบ

Abstract

The purposes of the study were to study knowledge and attitudes about liver fluke disease ,study raw fish consumption behavior and study the relationship between knowledge, attitude and raw fish consumption behavior of people in Mae Khao Tom Sub-district, Mueang District, Chiang Rai Province. The sample was consisted of 338 people in Mae Khao Tom Sub-district, Muang District, Chiang Rai

Province by simple random sampling. Questionnaires were used as research instruments. The obtained data were statistically analyzed by computer program based on frequency, percentage, mean, standard deviation and Pearson chi-square (χ^2) at a statistically significant level 0.05.

The results of the research revealed that most of the samples were females, have marital status, education is at the primary level, agriculture. They had a moderate level of knowledge about liver fluke disease, 41.7% had an attitude about liver fluke disease at a good level, 38.9% and had raw fish consumption behavior At the fair level 60.3%. When analyzing the relationship between knowledge, attitude and raw fish consumption behavior. It was found that knowledge, attitude and raw fish consumption behavior were significantly related at the 0.05 level.

Keywords: Knowledge, Attitudes, Behavior, Raw Fish

1. บทนำ

โรคพยาธิใบไม้ตับเป็นโรคระบาดที่พบในประเทศไทยทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญในประเทศไทย มีประชาชนประมาณหกล้านคนที่คาดว่าจะติดเชื้อพยาธิใบไม้ตับ และมีอัตราการติดเชื้อสูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและ ภาคเหนือ จากรายงานการศึกษาพบว่าสาเหตุของมะเร็งท่อน้ำดีเกี่ยวข้องกับการรับประทานปลาน้ำจืดที่มีเกล็ดขาวแบบดิบๆหรือสุกๆดิบๆซึ่งทำให้ได้รับตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ตับ และไปเจริญเติบโตอยู่ในท่อทางเดินน้ำดีมีรายงานการตรวจพบพยาธิใบไม้ตับในคนครั้งแรกของโลกในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2458 และมีรายงานการตรวจพบพยาธิชนิดนี้อีกครั้งในผู้ป่วยจากจังหวัดร้อยเอ็ดเมื่อ พ.ศ. 2470[1] การศึกษาด้านระบาดวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า อุบัติการณ์ของมะเร็งท่อน้ำดีมีความสอดคล้องกับการระบาดของพยาธิใบไม้ตับความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งท่อน้ำดีจะเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นของไข่พยาธิที่ตรวจพบ ผู้ที่ตรวจพบความหนาแน่นของไข่พยาธิมากกว่า 6,000 egg/gram feces หรือคำนวณเป็นพยาธิใบไม้ตับประมาณ 120 ตัว จะมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งท่อน้ำดีมากกว่าผู้ไม่ติดเชื้อถึง 14 เท่า (Odds. Ratio = 14, 95% confidence interval = 1.67-11.86) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาอื่นๆที่พบว่า การติดเชื้อพยาธิใบไม้ตับเป็นปัจจัยเสี่ยงปัจจัยหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งท่อน้ำดี พยาธิใบไม้ตับเป็นพยาธิใบไม้ชนิดหนึ่งที่ตัวเต็มวัยอาศัยอยู่ในท่อน้ำดีของคน สุนัขและแมว พยาธิชนิดนี้มีความสำคัญทางสาธารณสุขมากกว่าพยาธิชนิดอื่นๆที่พบระบาดในประเทศไทยโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ[2]

เนื่องจากเป็นพยาธิที่องค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ยอมรับและจัดให้เป็นปรสิตที่ก่อมะเร็ง การอักเสบเรื้อรัง (chronic inflammation) และการบาดเจ็บเรื้อรัง(chronicinjury) ของเยื่อบุผิวท่อทางเดินน้ำดีที่เกิดจากการดูดเกาะผนังท่อน้ำดีของพยาธิใบไม้ตับการอักเสบของเซลล์นั้นจะไปกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารเคมีต่างๆ นอกจากจะไปทำลายสารพันธุกรรมของเซลล์ได้โดยตรงแล้วยังทำลายระบบการควบคุมการดำรงชีวิตปกติของเซลล์ เยื่อบุน้ำดีการติดเชื้อพยาธิใบไม้ตับซ้ำบ่อยๆ จึงเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งท่อน้ำดีมากขึ้น เนื่องจากพยาธิใบไม้ตับจะทำให้ท่อน้ำดีเกิดการอักเสบเรื้อรัง และเกิดการอุดตันของท่อน้ำดีในตับจากตัวและไข่ของพยาธิ ส่งผลให้เกิดภาวะตับโต ตัวเหลือง ตาเหลือง (โรคดีซ่าน) แน่นท้อง และมีน้ำในท้อง/ท้องมาน สำหรับประเทศไทย มีรายงานการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ ที่พบได้ในทุกช่วงอายุตั้งแต่ในเด็กเล็กไปจนถึงในผู้สูงอายุ โดยช่วงอายุที่พบโรคได้สูงสุดคือ ระหว่างอายุ 55-64 ปี พบในเพศหญิงและเพศชายใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีผู้ป่วยประมาณ 7 ล้านคน รองลงมาพบในภาคเหนือ และภาคกลางตามลำดับ ข้อมูล พ.ศ.2557 พบความชุกพยาธิใบไม้ตับร้อยละ 9.2 โดยในระดับหมู่บ้านอาจมีความชุกสูงถึงร้อยละ 90 คือภาคเหนือพบร้อยละ 5.2 ในระดับหมู่บ้านอาจมีความชุกสูงถึงร้อยละ 45.6 พบ จากพฤติกรรมเสี่ยงเรื่องการบริโภคอาหารที่

ทำจากปลาน้ำจืดเช่น ปลาร้าดิบ ส้มตำใส่ปลาร้าดิบ แจ่วบองใส่ปลาร้าดิบ โรคนี้มีต้นทุนในการรักษาสูงประมาณ 5 แสนบาทต่อคน ผู้ป่วยมีอัตราการรอดชีวิตต่ำมาก[3]

สาเหตุของการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ เนื่องจากการรับประทานอาหารประเภทปลาน้ำจืดชนิดที่มีเกล็ดที่มีตัวอ่อนของพยาธิอยู่ โดยการปรุงดิบ หรือปรุงสุกๆ ดิบๆ โดยในประเทศไทย พบว่า ปลาที่มีพยาธิตัวอ่อน จะเป็นปลาจำพวก ปลาซิว ปลาสร้อย ปลาขาว ปลาตะเพียน ฯลฯ เมื่อคนกินปลาที่ปรุงไม่สุก ตัวอ่อนนี้จะเจริญเป็นพยาธิตัวเต็มวัยในท่อน้ำดีของตับของคน พยาธิจะออกไข่ ไข่จะออกมาในลำไส้ และปนออกมากับอุจจาระ หากมีการจัดการอุจาระไม่ดีพอ ปล่อยอุจจาระลงสู่แหล่งน้ำ เมื่อหอยไซกินไข่นี้เข้าไป พยาธิจะเจริญเป็นตัวอ่อนอยู่ในหอย เป็นระยะตัวอ่อน และต่อมาจะออกจากหอยไปเจริญเติบโตในตัวปลาเป็นตัวอ่อนระยะติดต่อ เมื่อคนกินปลาที่ปรุงไม่สุก ตัวอ่อนนี้จะเจริญเป็นพยาธิตัวเต็มวัยในท่อน้ำดีของตับคนเป็นวงจรอย่างนี้ต่อไป โรคพยาธิใบไม้ตับเป็นโรคที่ต้องใช้ต้นทุนในการรักษาสูงมากถึงประมาณ 5 แสนบาทต่อคน ผู้ป่วยมีอัตราการรอดชีวิตต่ำมาก เนื่องจากจะพบผู้ป่วยกลายเป็นมะเร็งในระยะท้ายๆ นอกจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารสุกๆดิบๆแล้ว สาเหตุอีกอย่างที่ถือว่าเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ คือ การจัดการสิ่งปฏิกูลที่ไม่ถูกสุขลักษณะ มีการนำสิ่งปฏิกูลไปปล่อยตามที่สาธารณะ ไร่นา สวนยางพารา โดยไม่มีการกำจัดหรือบำบัดให้ปราศจากเชื้อโรคก่อน ส่งผลให้สิ่งปฏิกูลปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ตามพ.ร.บ.การสาธารณสุข พ.ศ. 2535 กำหนดบทบาทหน้าที่การจัดการสิ่งปฏิกูลให้เป็นอำนาจหน้าที่ของราชการส่วนท้องถิ่นในการกำหนดสุขลักษณะการเก็บ ขน และกำจัดสิ่งปฏิกูล โดยการออกข้อกำหนดท้องถิ่นในการควบคุม กำกับ แต่อย่างไรก็ตามที่ผ่านมายังพบว่า องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) หลายแห่งยังไม่มีการออกข้อกำหนดท้องถิ่น ขาดการควบคุม กำกับติดตาม การจัดการสิ่งปฏิกูลโดยเฉพาะรถสูบสิ่งปฏิกูลที่สูบแล้ว นำไปปล่อยตามที่สาธารณะ หรือที่อื่นๆ ส่งผลให้สิ่งปฏิกูลปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ไข่ของพยาธิใบไม้ตับที่อยู่ในสิ่งปฏิกูล จะไหลลงสู่แหล่งน้ำ สู่ตัวกลางต่างๆ และจะเจริญเติบโตในตัวปลา และกลับเข้าสู่คนจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารสุกๆดิบๆ เพื่อเป็นการช่วยป้องกันโรคพยาธิใบไม้ตับและมะเร็งท่อน้ำดีให้ลดน้อยลงจนกระทั่งหมดไปนั้น ควรเริ่มตั้งแต่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคในบ้าน การจัดการสิ่งปฏิกูลที่ถูกต้องทั้งในครัวเรือน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะต้องออกข้อกำหนดท้องถิ่นในการจัดการสิ่งปฏิกูลให้ถูกสุขลักษะ[4] และนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ ของประชาชน 2) ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ ของประชาชน 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ ทัศนคติ กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ ของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Research)

ประชากร

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 23 หมู่บ้าน จำนวน 10,345 คน ข้อมูล ณ วันที่ 26/10/2021 ที่มา : [5]

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการหารสุ่มของแต่ละหมู่บ้าน ยินยอมให้ความร่วมมือเก็บข้อมูลวิจัยไม่เป็นผู้พิการทางการสื่อสารอ่านออกเขียนได้ การสุ่มตัวอย่างเป็นการสุ่มแบบขั้นตอน (simple random sampling) โดยใช่วิธีการสุ่มแบบ จับฉลากจาก 23 หมู่บ้านให้เหลือ 5 หมู่บ้าน และทำการสุ่มแบบแบ่งชั้นโดยกำหนดสัดส่วนไปตามจำนวนประชากรไปแต่ละหมู่บ้าน ทั้งนี้ใช้สูตรของ Toro Yamane ในการคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การสุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 5 หมู่บ้าน รวมทั้งหมด 338 คน และกำหนดตามสัดส่วนของประชากรแต่ละหมู่บ้าน

2. แบบสอบถาม (Questionnaire) มีทั้งหมด 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับพยาธิใบไม้ตับและการบริโภค

ส่วนที่ 3 ทัศนคติเกี่ยวกับพยาธิใบไม้ตับและการบริโภค

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ

ส่วนที่ 5 ทำการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ และทัศนคติเกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ ของประชาชนกับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบโดยใช้สถิติทดสอบคือ เพียร์สัน สแควร์ (χ^2)

การพัฒนาเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามการศึกษาความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารสุกๆ ดิบๆ นำโครงร่างแบบสอบถามที่จัดทำขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบสอบถามด้วยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC=0.7) ลงความเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อคำนวณหาค่า (IOC=0.7) ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามคำแนะนำของที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับประชาชน ตำบลบ้านดู่ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวกจำนวน 40 คน ทำการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามได้เท่ากับ 0.97 นำแบบสอบถามไปใช้สอบถามความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการสุ่มตัวอย่างของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย จำนวน 350 คน โดยจำแนกตามจำนวนและร้อยละของข้อมูลส่วนบุคคลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะส่วนบุคคล (n=350)

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	173	49.4
หญิง	177	50.6
ช่วงอายุ		
15-27 ปี	82	23.4
28-40 ปี	82	23.4
41-53 ปี	93	26.6
54-66 ปี	67	19.1
67-79 ปี	23	6.6
80 ปีขึ้นไป	3	0.9
สถานภาพ		
โสด	113	32.3
สมรส	183	52.3

หย่า/แยกกันอยู่/หม้าย	54	15.4
ระดับการศึกษาสูงสุด		
ไม่ได้เรียนหนังสือ	42	12.0
ประถมศึกษา	105	30.0
มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า	76	21.7
ปวส./อนุปริญญา	48	13.7
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	79	22.6
อาชีพ		
ไม่ได้ทำงาน	30	8.6
เกษตรกรรม	108	30.9
รับจ้างทั่วไป	73	20.9
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	71	20.3
ข้าราชการ	20	5.7
นักเรียน/นักศึกษา	48	13.7
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)		
น้อยกว่า 5,000	117	33.4
5,001 – 10,000	107	30.6
10,001 – 15,000	92	26.3
มากกว่า 15,000	34	9.7
ศาสนา		
ศาสนาพุทธ	286	81.7
ศาสนาคริสต์	53	15.1
ศาสนาอิสลาม	7	2.0
อื่นๆ	4	1.1
โรคประจำตัว		
ไม่มีโรคประจำตัว	231	66.0
โรคความดันโลหิตสูง	82	23.4
โรคเบาหวาน	18	5.1
โรคไขมันในเส้นเลือด	10	2.9
โรคหัวใจ	3	0.9
โรคเก๊าท์	3	0.9
โรคไต	2	0.6
อื่นๆโปรดระบุ	1	0.3
ชาติพันธุ์		
ไทยเหนือ	200	57.1
ไทยอีสาน	129	36.9
ชาติพันธุ์อื่นๆ	21	6.0

การดื่มที่มีแอลกอฮอล์		
ดื่ม	243	69.4
ไม่ดื่ม	107	30.6
เคยรับประทานยาถ่ายพยาธิหรือไม่		
ไม่เคยถ่าย	128	36.6
6 เดือน/ครั้ง	123	35.1
12 เดือน/ครั้ง	99	28.3
ตรวจอุจจาระประจำปีเพื่อตรวจหาพยาธิบ่อยแค่ไหน		
ไม่เคย	211	60.3
6 เดือน/ครั้ง	61	17.4
12 เดือน/ครั้ง	78	22.3

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับความคิดเห็นด้านความรู้ (n=350)

ระดับความรู้	ช่วงคะแนน	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มีความรู้น้อย	ต่ำกว่าร้อยละ 60 (0-5 คะแนน)	74	21.1
มีความรู้ปานกลาง	ร้อยละ 60-74.9 (6-10 คะแนน)	146	41.7
มีความรู้มาก	ร้อยละ 75 ขึ้นไป (11-14 คะแนน)	130	37.1
รวม		350	100.00

จากตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับความคิดเห็นด้านความรู้ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุด คือ ความรู้ปานกลาง จำนวน 146 (ร้อยละ 41.7) รองลงมา คือ ความรู้มาก จำนวน 130คน (ร้อยละ 130) และความรู้น้อยที่สุด คือ ถูก จำนวน 74 คน (ร้อยละ 21.1)

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับความคิดเห็นด้านทัศนคติ (n=350)

ระดับทัศนคติ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มีทัศนคติในระดับไม่ดี	169	48.3
มีทัศนคติในระดับพอใช้	181	51.7
มีทัศนคติในระดับดี	0	00.0
รวม	350	100.00

จากตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับความคิดเห็นด้านทัศนคติ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุดคือ มีทัศนคติในระดับพอใช้ จำนวน 181 (ร้อยละ 51.7)รองลงมา คือมีทัศนคติในระดับไม่ดี จำนวน 169 (ร้อยละ 48.3) และน้อยที่สุด คือมีทัศนคติในระดับดี จำนวน 0 (ร้อยละ 0.00)

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับความคิดเห็นด้านพฤติกรรม (n=350)

ระดับพฤติกรรม	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มีปฏิบัติในระดับไม่ดี	11	3.1
มีปฏิบัติในระดับพอใช้	114	32.6
มีปฏิบัติในระดับดี	225	64.3
รวม	350	100.00

จากตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับความคิดเห็นด้านพฤติกรรม พบว่า กลุ่มตัวอย่างถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุดคือ มีปฏิบัติในระดับดี จำนวน 225 คน (ร้อยละ 64.3) รองลงมาคือ มีปฏิบัติในระดับพอใช้ จำนวน 114 คน (ร้อยละ 32.6) และความรู้น้อยที่สุดคือ มีปฏิบัติในระดับดี จำนวน 11 คน (ร้อยละ 3.1)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ โดยการใช้ Exact test (n=350)

ความรู้เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ	พฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ			Exact P-Value
	ไม่เคย	นานๆครั้ง	บ่อยครั้ง	
น้อย	6	55	46	
ปานกลาง	28	89	28	0.000
มาก	35	74	35	
รวม	**23**	**218**	**109**	**350**

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติกับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบโดยการใช้ Chi-square Test (n=350)

ทัศนคติเกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ	พฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ			x^2	P-Value
	ไม่เคย	นานๆครั้ง	บ่อยครั้ง		
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	0	3	12		
ไม่เห็นด้วย	10	33	22	24.992	0.000
เห็นด้วย	13	23	75		
รวม	**23**	**218**	**109**	**350**	

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติกับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การศึกษาวิจัย เรื่อง ความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ ของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมืองจังหวัดเชียงราย เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ ของประชาชนตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ ทัศนคติ กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

1. ข้อมูลด้านความรู้ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ

ข้อมูลด้านความรู้ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ พบว่าระดับความคิดเห็นด้านความรู้เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ ของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีระดับความรู้ปานกลาง (S.D =1.54 0.494) ไม่สอดคล้องกับของอังษณา ยศปัญญา[6] ได้ศึกษาเรื่องความชุกและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ จังหวัดเลย พบว่า อัตราความชุกการติดเชื้อโรคพยาธิใบไม้ตับร้อยละ 15.63 เพศชายติดเชื้อมากกว่าเพศหญิงความรู้เรื่องการรับประทานปลาส้มดิบสามารถทำให้เกิดโรคพยาธิใบไม้ตับร้อยละ 89.60 ระดับความรู้เรื่องโรคพยาธิใบไม้ตับและโรคมะเร็งท่อน้ำดีมีความรู้อยู่ในระดับต่ำร้อยละ 46.90 การรับรู้เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและโรคมะเร็งท่อน้ำดีกลุ่มตัวอย่างไม่เห็นด้วยว่าคนที่มีสุขภาพแข็งแรงจะไม่เสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งท่อน้ำดีร้อยละ 53.60 พฤติกรรมสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับโรคพยาธิใบไม้ตับและมะเร็งท่อน้ำดี กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการกินปลาดิบร้อยละ 52.60 และสอดคล้องกับฉัตรลดา ดีพร้อม *, เพชรัตน์ศิริสุวรรณ[7] พฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับของประชาชนที่เข้ารับการตรวจคัดกรองพยาธิใบไม้ตับ บ้านสองห้อง ตำบลร่องคา อำเภอร่องคา จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับระดับปานกลางร้อยละ 67.47 มีทัศนคติต่อการป้องกัน โรคพยาธิใบไม้ตับอยู่ในระดับดี ร้อยละ 71.08 ประชาชนที่เข้ารับการตรวจคัด กรองพยาธิใบไม้ตับบ้านสองห้อง ตำบลร่องคา อำเภอร่องคา จังหวัดกาฬสินธุ์อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 81.93 มีพฤติกรรม อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 74.06 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าบางข้อ มีระดับความคิดเห็นด้านความรู้อยู่ในระดับน้อยเช่นกัน และยังสอดคล้องกับวัชรพงษ์ เรือนคำ[8b] ได้ศึกษาเรื่องระบาดวิทยาของพยาธิใบไม้ในตับ บริเวณลุ่มแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่าผลการสำรวจความชุกของพยาธิใบไม้ในตับในคน บริเวณลุ่มแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่ามีความชุก ร้อยละ 1.5 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความรู้ในเรื่องโรคพยาธิใบไม้ในตับในระดับปานกลาง มีทัศนคติต่อโรคพยาธิใบไม้ในตับอยู่ในระดับปานกลาง และ มีพฤติกรรมการบริโภคปลาอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างอยู่ในสภาพแวดล้อม หรือการรับประทานอาหารที่ไม่สะอาด ไม่มีการดูแลสุขภาพ มีการสนับสนุนการออกกำลังกายที่น้อย ไม่ค่อยตรวจสุขภาพประจำปี จึงทำให้ชาวบ้านในตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายมีความรู้ที่น้อย

2. ข้อมูลด้านทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ

ข้อมูลด้านทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ พบว่าระดับความคิดเห็นด้านทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีทัศนคติในระดับพอใช้ สอดคล้องกับ วัชรพงษ์ เรือนคำ[8c] ได้ศึกษาเรื่องระบาดวิทยาของพยาธิใบไม้ในตับ บริเวณลุ่มแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่าผลการสำรวจความชุกของพยาธิใบไม้ในตับในคน บริเวณลุ่มแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่ามีความชุก ร้อยละ 1.5 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความรู้ในเรื่องโรคพยาธิใบไม้ในตับในระดับปานกลาง มีทัศนคติต่อโรคพยาธิใบไม้ในตับอยู่ในระดับปานกลาง และ มีพฤติกรรมการบริโภคปลาอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับเพ็ญประภา แต้มงาม สมปอง พะมุลิลา* นฤมล สาระคำ และ ศิรินยา อินแพง[9a] ได้ศึกษาเรื่องความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งท่อน้ำดีของประชาชนในตำบลแห่งหนึ่ง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความรู้เกี่ยวกับโรคมะเร็งท่อน้ำดีอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 47.8 มีทัศนคติเกี่ยวกับโรคมะเร็งท่อน้ำดีอยู่ในระดับดี ร้อยละ 85.5 กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งท่อน้ำดีอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 72.2 และไม่สอดคล้องกับฉัตรลดา ดีพร้อม*, เพชรัตน์ศิริสุวรรณ [10a] พฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับของประชาชนที่เข้ารับการตรวจคัดกรองพยาธิใบไม้ตับ บ้านสองห้อง ตำบลร่องคา

อำเภอร่องคา จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับระดับปานกลางร้อยละ 67.47 มีทัศนคติต่อการป้องกัน โรคพยาธิใบไม้ตับอยู่ในระดับดี ร้อยละ 71.08ประชาชนที่เข้ารับการตรวจคัด กรองพยาธิใบไม้ตับ บ้านสองห้อง ตำบลร่องคา อำเภอร่องคา จังหวัดกาฬสินธุ์อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 81.93 มีพฤติกรรม อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 74.06 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจและเห็นว่าการบริโภคปลาดิบเสี่ยงต่อการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ และทำให้เกิดโรคมะเร็งท่อน้ำดีตามมาอีก

3. ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ

ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ พบว่าระดับความคิดเห็นด้านพฤติกรรมของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม ดี ไม่สอดคล้องกับ วัชรพงษ์ เรือนคำ[8d] ได้ศึกษาเรื่องระบาดวิทยาของพยาธิใบไม้ในตับ บริเวณลุ่มแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย มีระดับความรู้ในเรื่องโรคพยาธิใบไม้ในตับในระดับปานกลาง มีทัศนคติต่อโรคพยาธิใบไม้ในตับอยู่ในระดับปานกลาง และ มีพฤติกรรมการบริโภคปลาอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับเพ็ญประภา แต้มงาม สมปอง พะมุลิลา *, นฤมล สาระคำ และ ศิรินยา อินแพง[9b] ได้ศึกษาเรื่องความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งท่อน้ำดีของประชาชนในตำบลแห่งหนึ่ง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับความรู้เกี่ยวกับโรคมะเร็งท่อน้ำดีอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 47.8 มีทัศนคติเกี่ยวกับโรคมะเร็งท่อน้ำดีอยู่ในระดับดี ร้อยละ 85.5 กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งท่อน้ำดีอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 72.2 และไม่สอดคล้องกับฉัตรลดา ดีพร้อม*, เพชรัตน์ศิริสุวรรณ[10b] พฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับของประชาชนที่เข้ารับการตรวจคัดกรองพยาธิใบไม้ตับ บ้านสองห้อง ตำบลร่องคา อำเภอร่องคา จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับระดับปานกลางร้อยละ 67.47 มีทัศนคติต่อการป้องกัน โรคพยาธิใบไม้ตับอยู่ในระดับดี ร้อยละ 71.08ประชาชนที่เข้ารับการตรวจคัด กรองพยาธิใบไม้ตับบ้านสองห้อง ตำบลร่องคา อำเภอร่องคา จังหวัดกาฬสินธุ์อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 81.93 มีพฤติกรรม อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 74.06 ซึ่งพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยทางด้านประชากรส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเพศและอายุของผู้บริโภคที่แตกต่างกันจะมีพฤติกรรมการรับประทาน และการนำมาปรุงอาหารที่แตกต่างกัน

4. บทสรุป

การวิจัยเรื่องความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย เป็นรูปแบบการศึกษาเชิงพรรณนา ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่งแบบภาคตัดขวาง (Cross - sectional Descriptive study) เพื่อศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์จากความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายจำนวน 2160 คนกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 350 คน สุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) โดยคำนวณจากกลุ่มประชากรโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือแบบสอบถามแบ่งเป็น 5 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 ความรู้ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ ส่วนที่ 3 ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ และส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ ส่วนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ ทัศนคติ กับพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงจำนวน ร้อยละ และใช้สถิติทดสอบ Chi - Square test หรือ Exact Test มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษาความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

1. ข้อมูลด้านความรู้ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ

ข้อมูลด้านความรู้ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ พบว่าระดับความคิดเห็นด้านความรู้เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ ของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีระดับความรู้ปานกลาง ($\bar{X} \pm$ S.D =1.54 $\pm$ 0.494) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การรับประทานอาหารสุกๆดิบๆ ทำให้ร่างกายแข็งแรง ผู้ตอบแบบสอบถามตอบได้ถูกต้อง มาก ($\bar{X} \pm$ S.D = 1.37 $\pm$ 0.482) รองลงมาตอบได้ถูกต้องเกี่ยวกับ การกินปลาที่ผ่านความร้อนจนสุก ทำให้ปลอดภัยจากการติดโรคพยาธิใบไม้ตับ ($\bar{X} \pm$ S.D = 1.41 $\pm$ 0.492) และตอบคำถามความรู้ได้น้อยที่สุด คือ การขับถ่ายในห้องน้ำที่ถูกสุขอนามัยช่วยลดการแพร่กระจายโรคพยาธิใบไม้ตับได้ ($\bar{X} \pm$ S.D = 1.45 $\pm$ 0.498)

2. ข้อมูลด้านทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ

ข้อมูลด้านทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ พบว่าระดับความคิดเห็นด้านทัศนคติของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีทัศนคติในระดับไม่ดี ($\bar{X} \pm$ S.D = 1.04 $\pm$ 1.227) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เพศชายเสี่ยงต่อการเกิดโรคพยาธิใบ2ไม้ตับมากกว่าเพศหญิงผู้ตอบแบบสอบถามไม่เห็นด้วย ($\bar{X} \pm$ S.D = 1.37 $\pm$ 0.483) รองลงมา คือ คนที่กินปลาดิบ มีโอกาสเป็นโรคพยาธิใบไม้ตับทุกคน ($\bar{X} \pm$ S.D = *1.27* $\pm$ 0.447) และน้อยที่สุด คือ การกินปลาดิบร่วมกับการดื่มเหล้าจะช่วยฆ่าตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ตับ($\bar{X} \pm$ S.D = 1.01 $\pm$ 0.092)

3. ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ

ข้อมูลด้านพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ พบว่าระดับความคิดเห็นด้านพฤติกรรมของผู้ตอบแบบสอบมีระดับพอใช้ ($\bar{X} \pm$ S.D = 2.05 $\pm$ 0.669) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ท่านรับประทานส้มตำที่ใส่ปลาร้าดิบ ($\bar{X} \pm$ S.D = 2.19 $\pm$ 0.631) รองลงมาคือ ท่านรับประทานลาบปลาดิบ ($\bar{X} \pm$S.D = 2.14 $\pm$ 0.627) และน้อยที่สุด คือ ท่านนำปลามาจากแม่น้ำกกมาทำเป็นอาหารแบบดิบ หรือสุกๆ ดิบๆ เพื่อรับประทาน($\bar{X} \pm$ S.D = 2.11 $\pm$ 0.705)

4. ความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบของประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติ เกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับและพฤติกรรมการบริโภคปลาดิบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิต 0.05

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึง ผู้ใหญ่บ้านหมู่ 6 , 7 , 8 , 9 และ 10 กลุ่มตัวอย่างประชาชน ตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใน การลงพื้นที่ และเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] มัตติกา ยงอยู่. สุภาภรณ์ หลักรอด. (19 ตุลาคม 2564). กรมอนามัย. สืบค้นจาก http://doc.anamai.moph.go.th/index.php?r=str-project/view&id=978

[2] นพ.ธีรวัตน์ วลัยเสถียร. ดร.เกษร แถวโนนงิ้ว. นายเชิดพงษ์ มงคลสินธ. นางสาวสุมาลี จันทลักษณ. นางวราพร สุดบุญมา. นางศุจินันท์ ตรีเดช. นายอนุชา มลาลัย. นายณัฐกิตต์ โคตรมะ. นายธนะชัย จำรัสไว. นายสนธยา กลิ่นทัต. นางสาวช่อมาลา อุทัยอินทร์. (19 ตุลาคม 2564). กรมควบคุมโรค. สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1149120210529085028.pdf

[3] มัตติกา ยงอยู่. สุภาภรณ์ หลักรอด. (19 ตุลาคม 2564). กรมอนามัย. สืบค้นจาก http://doc.anamai.moph.go.th/index.php?r=str-project/view&id=978

[4] นพ.ธีรวัตน์ วลัยเสถียร. ดร.เกษร แถวโนนงิ้ว. นายเชิดพงษ์ มงคลสินธ. นางสาวสุมาลี จันทลักษณ. นางวราพร สุดบุญมา. นางศุจินันท์ ตรีเดช. นายอนุชา มลาลัย. นายณัฐกิตต์ โคตรมะ. นายธนะชัย จำรัสไว. นายสนธยา กลิ่นทัต. นางสาวช่อมาลา อุทัยอินทร์. (19 ตุลาคม 2564). กรมควบคุมโรค. สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1149120210529085028.pdf

[5] โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพบ้านแม่ข้าวต้ม. (26 ตุลาคม 2564). สถิติและจำนวนประชากรบ้านโล๊ะป่าห้า. สืบค้นจาก https://www.facebook.com/maekaotom/

[6] อังษณา ยศปัญญา. (22 ตุลาคม 2564). ความชุกและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ จังหวัดเลย สืบค้น http://odpc7ddc.moph.go.th/journal/files/ 10%E0%B8%AD%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%A9%E0%B8%93%E0%B8%B2.pdf

[7] ฉัตรลดา ดีพร้อม. เพชรัตน์ ศิริสุวรรณ. (22 ตุลาคม 2564). พฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับของประชาชนที่เข้ารับการตรวจ คัดกรองพยาธิใบไม้ตับ บ้านสองห้อง ตำบลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์. สืบค้นจาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/kkujphr/article/view/139779

[8] วัชรพงศ์ เรือนคำ. (20 ตุลาคม 2564). ระบาดวิทยาของพยาธิใบไม้ในตับ บริเวณลุ่มแม่น้ำกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย สถาบันวิจัยและพัฒนา. สืบค้นจาก http://www.tnrr.in.th/?page=result_search&record_id=10120791&fbclid=IwAR3xNhQ5hsR3q20xtxK1T-I1Bw7CWZL_TqbgyDjKwXcBWlx9J9EC-SuJu70

[9] ประภาเพ็ญ สุวรรณ. (22 ตุลาคม 2564). พฤติกรรมศาสตร์ พฤติกรรมสุขภาพและสุขศึกษา.(พิมพ์ครั้งที่2).สำนักพิมพ์กรุงเทพฯ : คณสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.สืบค้นจาก http://www.scphkk.ac.th/ulibrary/dublin.php?ID=13399121946#.YXIlFRpBzIU

[10] ฉัตรลดา ดีพร้อม. เพชรัตน์ ศิริสุวรรณ. (22 ตุลาคม 2564). พฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับของประชาชนที่เข้ารับการตรวจ คัดกรองพยาธิใบไม้ตับ บ้านสองห้อง ตำบลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์. สืบค้นจาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/kkujphr/article/view/139779

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Factors related to behavior of using online food ordering service via mobile application of students of Chiang Rai Rajabhat University

นภัสรพี สีหสกุล[1] นัชวรรณ แก้วเหมย[1] ปิติภัทร สุริยา[1] พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ[1*]
รวิพรรดิ พูลภาล[1] และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1]

[1]แขนงวิชาสาธารณสุขชุมชน สาธารณสุขศาสตร์บัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: Pinut1@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงสำรวจครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรม 2) ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรม ในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi – stage Sampling) กำหนดจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการจำนวน 400 คน เฉลี่ยด้วยนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทั้ง 13 คณะ จำนวน 8,537 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ จำนวน ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยการใช้แบบ สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์แบบ ไค-สแควร์ (Chi-square Test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อยู่ระดับชั้นปี 2 คณะครุศาสตร์ และมีรายได้ต่อเดือน >5,000 บาท ซึ่งปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดมีความสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก โดยเฉพาะด้านผลิตภัณฑ์ ในเรื่องบริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันมีร้านค้าให้เลือกจำนวนมากผล การทดสอบสมมติฐานปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดทั้ง 4 ด้าน มีระดับความสัมพันธ์กับการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความสัมพันธ์สูงสุด 3 ลำดับแรกได้แก่ ปัจจัยทางด้านผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะบริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันมีร้านค้าให้เลือกจำนวนมากผล ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย โดยเฉพาะมีจำนวนผู้ให้บริการเพียงพอต่อความต้องการ ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด โดยเฉพาะมีการโฆษณาตามสื่อออนไลน์ เช่น เฟซบุ๊ก , ไอจี , ยูทป เพื่อให้เข้าถึงผู้ใช้บริการมากขึ้น

คำสำคัญ: พฤติกรรมของผู้บริโภคอาหาร,แอพพลิเคชั่น,บริการสั่งอาหารออนไลน์, 4ps

Abstract

The objectives of this research were to 1) study behavior 2) study factors related to behavior in using the online food ordering service through the mobile application of Chiang Rai Rajabhat University

students Multi-stage sampling was randomly assigned from the required sample of 400 people, averaged with 8,537 students in the 13 faculties of Chiang Rai Rajabhat University. The questionnaire was used as a data collection tool. The statistics used in the data analysis were number, frequency, percentage, mean, standard deviation. and test the hypothesis by using the Chi-square Test federation coefficient was statistically defined at the level of statistical significance at 0.05.

The results of the research revealed that most of the samples were female. She is in the second year of the Faculty of Education and has a monthly income of >5,000 baht, which is a moderate to high level of marketing mix that is important for overall purchasing decisions. especially the product In regards to online food ordering services through the application, there are many shops to choose from. The hypothesis testing of 4 marketing mix factors was related to the decision to use online food ordering service via mobile application among students of Chiang Rai Rajabhat University. are in the same direction significantly. with the highest correlation values, the first three are: Product factors Especially the online food ordering service through the application has a large number of stores to choose from. Distribution Channel Factors In particular, there are sufficient number of service providers to meet the demand. Marketing Promotion Factors In particular, there are advertisements on online media such as Facebook, IG, YouTube to reach more users.

Keywords: food consumption behavior,application, online food ordering service, 4ps

1. บทนำ

ในปัจจุบันการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป วิถีการบริโภคที่มีความเร่งรีบ การทำกิจกรรม หลายอย่างในเวลาเดียวกัน อีกทั้งการจราจรที่ติดขัด ส่งผลให้ผู้บริโภคเลือกที่จะใช้บริการสั่งอาหารทาง ออนไลน์มากยิ่งขึ้น โดยผู้บริโภคให้ความสำคัญของเวลา จึงยอมเสียทรัพย์สินเพื่อแลกกับความสะดวก อีกทั้ง ในปัจจุบันยังมีการพัฒนาระบบของเทคโนโลยีการสื่อสาร เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น สร้างความ สะดวกสบายให้กับผู้บริโภคได้หลากหลายช่องทาง จากสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปนี้ การให้บริการหน้าร้านเพียง อย่างเดียวไม่สามารถเข้าถึงผู้บริโภคได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ผู้ประกอบการจึงหันมาให้ความสำคัญกับการ ขยายช่องทางการขายเพื่อให้ครอบคลุมและสร้างรายได้เพิ่มเติมจากบริการสั่งอาหารผ่านสื่อออนไลน์ในหลายๆช่องทาง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มีวิถีการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนไป โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลให้เกิดประโยชน์สูงสุดผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ธุรกิจอาหารเองก็ใช้ประโยชน์จากอินเทอร์เน็ตเช่นเดียวกัน โดยการใช้สื่อออนไลน์ในการสร้างความน่าสนใจ และเข้าถึงผู้บริโภคได้เป็นวงกว้าง การเพิ่มช่องทางการขายออนไลน์ และการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบริหารและจัดการร้าน เป็นต้น รวมถึงการเข้ามาของธุรกิจบริการส่งอาหารอย่าง “Food Panda” “LINE MAN” และ “Grab Food” ดำเนิน ธุรกิจแบบ B2B2C กล่าวคือ ผู้ประกอบการกลุ่มนี้จะทำหน้าที่เป็นคนกลางในการรวบรวมร้านอาหารต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน และให้บริการจัดส่งอาหารให้แก่ผู้บริโภคหรือลูกค้าของร้านอาหารนั้นๆ ผ่านเทคโนโลยีสมัยใหม่ อย่างแอพพลิเคชั่นที่สามารถอำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี เหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารผ่าน สื่อออนไลน์ของผู้บริโภค ในเขตกรุงเทพมหานคร[1] ว่าปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (4P’s) มีผลต่อการ ตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารผ่านสื่อออนไลน์ของผู้บริโภคมากน้อยเพียงใด โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้แก่ผู้ที่อยู่ในห่วงโซ่ธุรกิจร้านอาหาร อาทิ เช่น ร้านอาหารขนาดกลางและเล็ก สามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาเพื่อ

ให้บริการได้อย่างครบวงจร เพิ่มทางเลือกให้ลูกค้าที่ต้องการความสะดวกหรือไม่สามารถเดินทางไปซื้ออาหารได้ด้วยตัวเอง และสามารถ เข้าถึงลูกค้ารายใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอีกด้วย จากการสำรวจที่มีผู้ตอบทางออนไลน์รวม 376 คน เป็นผู้ใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ถึง 85% และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า กลุ่ม Gen Y (อายุ 19-38 ปี) ใช้บริการมากที่สุดถึง 51.09%รองลงมาคือกลุ่ม Gen X (อายุ 39-54 ปี)กลุ่ม Baby Boomer (อายุ 55-73 ปี) และ กลุ่ม Gen Z (อายุต่ำกว่า 19 ปี) อาหารยอดฮิตคือฟาสต์ฟู้ดต่าง ๆ ส่วนอันดับอื่น ๆ เป็นอะไรบ้าง Fast Food เช่น ไก่ทอด เบอร์เกอร์ พิซซ่า เป็นอาหารยอดนิยมที่ทุก Gen สั่งมากกว่า 61.06% รองลงมาคือ อาหารตามสั่ง 47.04% และ ก๋วยเตี๋ยว/อาหารประเภทเส้น 40.50% ช่วงเวลาที่คนสั่งอาหารมากสุด คือ มื้อกลางวัน (11.00 – 13.00 น.) 42.06% รองลงมาคือ มื้อเย็น (17.00 – 20.00 น.) 39.88% และ มื้อบ่าย (14.00 – 16.00 น.) 14.02%

ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพราะอยากทราบถึงพฤติกรรมการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันว่ามีมากน้อยเพียงใด ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมเหล่านั้น ทั้งนี้จึงใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้เป็นแนวทางให้กับผู้ประกอบการค้าทั้งร้านอาหารและผู้สนใจต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกาชั้นปีที่ 1 - 4 (เฉพาะนักศึกษาภาคปกติจันทร์-ศุกร์) ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 8,537 คน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (ข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 2564)

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ นักศึกาชั้นปีที่ 1 - 4 (เฉพาะนักศึกษาภาคปกติจันทร์-ศุกร์) ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 8,537 คน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (ข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 2564) ทั้งนี้ใช้ Yamane ในการคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การสุ่มตัวอย่าง เพื่อที่ให้ได้จำนวนจำนวนกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 13 คณะ รวมทั้งหมด 400 คน และกำหนดตามสัดส่วนของประชากรแต่ละคณะ
2. แบบสอบถาม (Questionnaire) มีทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

   ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

   ส่วนที่ 2 ส่วนประสมการตลาดระดับการมีผลต่อการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันของผู้บริโภค

   ส่วนที่ 3 ข้อมูลพฤติกรรมผู้บริโภคต่อการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน

การพัฒนาเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามการศึกษา เรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย นำโครงร่างแบบสอบถามที่จัดทำขึ้นเสนอ

อาจารย์ที่ปรึกษาที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบสอบถามด้วยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ลงความเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อคำนวณหาค่า (IOC) ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามคำแนะนำของที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ นำแบบสอบถามไปใช้ทดลองกับนักศึกษา วิทยาลัยเชียงราย จำนวน 40 คน ทำการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัย เรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

1. ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ส่วนมากเป็นเพศหญิง จำนวน 214 คน (คิดเป็นร้อยละ 53.5) และน้อยที่สุดคือเพศชาย จำนวน 186 คน (คิดเป็นร้อยละ 46.5) ผู้ใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ส่วนมาก พบว่าอยู่ชั้นปี 2 จำนวน 136 คน (คิดเป็นร้อยละ 34.0) รองลงมาคือ ชั้นปีที่ 3 จำนวน 127 คน (คิดเป็นร้อยละ 31.8) และน้อยที่สุดคือ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 60 คน (คิดเป็นร้อยละ 15.0) ผู้ใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ส่วนมาก พบว่าเป็นคณะครุศาสตร์ จำนวน 84 คน (คิดเป็นร้อยละ 21.0) รองลงมาคือ คณะมนุษยศาสตร์ จำนวน 81 คน (คิดเป็นร้อยละ 20.3) และน้อยที่สุดคือ วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก จำนวน 8 คน (คิดเป็นร้อยละ 2.0) ผู้ใช้บริการสั่งอาหารส่วนมาก พบว่ามีรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 3,001 – 5,000 บาท จำนวน 154 คน (คิดเป็นร้อยละ 38.5) รองลงมาคือ ช่วง 1,001 – 3,000 บาท จำนวน 153 คน (คิดเป็นร้อยละ 38.3) และน้อยที่สุดคือช่วง > 10,000 บาท จำนวน 18 คน (คิดเป็นร้อนละ 4.5)

2. ปัจจัยส่วนผสม (4Ps) การตลาด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวข้องกับปัจจัยส่วนผสม(4Ps)การตลาด พบว่า ปัจจัยทางด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับปานกลาง ($\bar{X} \pm$ S.D = 3.11 $\pm$ 0.775) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันมีร้านค้าให้เลือกจำนวนมาก ($\bar{X}$ + S.D = 3.26 + 0.887) รองลงมา คือ มีระบบติดตามการขนส่ง ติดตามรายการที่สั่งได้ ตลอดเวลา ($\bar{X}$ + S.D = 3.11 + 0.788) และน้อยที่สุด คือ มีข้อมูลที่จำเป็นแสดงถึงราคาสินค้า ขนาดของสินค้าและประเภทสินค้าที่ชัดเจน ($\bar{X}$ + S.D = 3.05 + 0.679) ปัจจัยด้านราคา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับปานกลาง ($\bar{X} \pm$ S.D = 3.14 $\pm$ 0.744) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ รูปแบบการชำระเงินสามารถทำได้หลายรูปแบบ ($\bar{X}$ + S.D = 3.23 + 0.683) รองลงมา คือ ด้วยรวมแล้วการให้บริการคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป ($\bar{X}$ + S.D = 3.18 + 0.747) และน้อยที่สุด คือ มีการตั้งราคาที่มีความชัดเจน และเป็นมาตรฐาน ($\bar{X}$ + S.D = 3.08 + 0.720) ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับปานกลาง ($\bar{X} \pm$ S.D = 3.12 $\pm$ 0.745) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ มีจำนวนผู้ให้บริการเพียงพอต่อความต้องการ ($\bar{X}$ + S.D = 3.15 + 0.784) รองลงมา คือ ตรงต่อเวลาในการบริการจัดส่งสินค้า ($\bar{X}$ + S.D = 3.12 + 0.790) และน้อยที่สุด คือ พื้นที่ในการให้บริการครอบคลุมกับความต้องการ ($\bar{X}$ + S.D = 3.11 + 0.694) และปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ มีการโฆษณาตามสื่อออนไลน์ เช่น faecbook , IG , youtube เพื่อให้เข้าถึงผู้ใช้บริการมากขึ้น ($\bar{X}$ + S.D = 3.21 + 0.751) รองลงมา คือ มีโปรโมชันอย่างต่อเนื่อง เช่น ให้ส่วนลดค่าอาหารและค่าจัดส่ง ($\bar{X}$ + S.D = 3.13 + 0.828) และน้อยที่สุด คือมีการจัดโปรโมชันร่วมกับร้านอาหารในแอปพลิเคชัน ($\bar{X}$ + S.D = 3.07 + 0.715)

3. พฤติกรรมการสั่งอาหารออนไลน์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการสั่งอาหารออนไลน์ พบว่า เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความถี่ในการใช้บริการของท่านในการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอพพลิเคชัน ($\bar{x}$ + S.D = 3.31 + 0.880) รองลงมา คือ ท่านเสียค่าใช้จ่าย เฉลี่ยต่อครั้งน้อยกว่า 100 -200 บาทในการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอพพลิเคชัน ($\bar{x}$ + S.D = 2.92 + 0.809) และน้อยที่สุด คือ ท่านใช้บริการสั่งอาหารผ่านโมบายแอพพลิเคชัน Line man ($\bar{x}$ + S.D = 2.42 + 0.983)

4. ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมกับปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยส่วนผสม (4Ps) การตลาด

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมกับปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยส่วนผสม(4Ps)การตลาด แบ่งออกเป็น 4 ด้าน

1. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมกับปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า เพศ คณะ และรายได้ต่อเดือน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมกับปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ระดับชั้นปี ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
3. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมกับปัจจัยส่วนผสม(4Ps)การตลาด พบว่า ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย และปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
4. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพฤติกรรมกับปัจจัยส่วนผสม(4Ps)การตลาด พบว่า ปัจจัยด้านราคา ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
5.

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการสุ่มตัวอย่างของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 400 คน โดยจำแนกตามจำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะข้อมูลทั่วไป (n=400)

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง		จำนวน(คน)	ร้อยละ
เพศ			
	ชาย	186	46.5
	หญิง	214	53.5
ชั้นปี			
	ชั้นปีที่ 1	77	19.3
	ชั้นปีที่ 2	136	34.0
	ชั้นปีที่ 3	127	31.8
	ชั้นปีที่ 4	60	15.0
คณะ/สำนักวิชา/วิทยาลัย			
	คณะครุศาสตร์	84	21.0
	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	7	1.8
	คณะวิทยาการจัดการ	67	16.8
	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	15	3.8

คณะมนุษยศาสตร์	81	20.3
วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก	8	2.0
สำนักวิชาสังคมศาสตร์	19	4.8
สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	25	6.3
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	14	3.5
สำนักวิชาบัญชี	15	3.8
สำนักวิชาการท่องเที่ยว	20	5.0
สำนักวิชารัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสนตร์	29	7.2
สำนักวิชานิติศาสตร์	16	4.0
รายได้ต่อเดือน		
< 1,000 บาท	22	5.5
1,001 – 3,000 บาท	153	38.3
3,001 – 5,000 บาท	154	38.5
5,001 - 10,000 บาท	53	13.3
> 10,000 บาท	18	4.5

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ส่วนประสมการตลาดระดับการมีผลต่อการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านแอปพลิเคชันของผู้บริโภค

จากการสุ่มตัวอย่างของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 400 คน โดยจำแนกตามจำนวนและร้อยละ โดยจำแนกตามระดับปัจจัยส่วนผสม(4Ps)การตลาดได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยทางด้านผลิตภัณฑ์ (n = 400)

ระดับความคิดเห็น (ช่วงคะแนน)	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00)	144	36.0
มีผลปานกลาง (2.51 - 3.25)	220	55.0
มีผลน้อย (1.76 - 2.50)	36	9.0
ไม่มีผล (1.00 - 1.75)	0	0.0
รวม	**400**	**100.00**

จากตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยทางด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุดคือ มีผลปานกลาง (2.51 - 3.25) จำนวน 220 คน (ร้อยละ 55.0) รองลงมา คือมีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00) จำนวน 144 คน (ร้อยละ36.0) และน้อยที่สุด คือไม่มีผล (1.00 - 1.75) จำนวน 0 (ร้อยละ 0.0)

ตางรางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยด้านราคา (n = 400)

ระดับความคิดเห็น (ช่วงคะแนน)	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00)	127	31.8
มีผลปานกลาง (2.51 - 3.25)	219	54.8
มีผลน้อย (1.76 - 2.50)	51	12.8
ไม่มีผล (1.00 - 1.75)	3	0.8
รวม	**400**	**100.00**

จากตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยด้านราคา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุดคือ มีผลปานกลาง (2.51 - 3.25) จำนวน 219 คน (ร้อยละ 54.8) รองลงมา คือมีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00) จำนวน 127 คน (ร้อยละ31.8) และน้อยที่สุด คือไม่มีผล (1.00 - 1.75) จำนวน 3 (ร้อยละ 0.8)

ตางรางที่ 4 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (n = 400)

ระดับความคิดเห็น (ช่วงคะแนน)	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00)	113	28.2
มีผลปานกลาง (2.51 - 3.25)	229	57.3
มีผลน้อย (1.76 - 2.50)	56	14.0
ไม่มีผล (1.00 - 1.75)	2	0.5
รวม	**400**	**100.00**

จากตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุดคือ มีผลปานกลาง (2.51 - 3.25) จำนวน 229 คน (ร้อยละ 57.3) รองลงมา คือมีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00) จำนวน 113 คน (ร้อยละ28.2) และน้อยที่สุด คือไม่มีผล (1.00 - 1.75) จำนวน 2 (ร้อยละ 0.5)

ตางรางที่ 5 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด (n = 400)

ระดับความคิดเห็น (ช่วงคะแนน)	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00)	191	47.8
มีผลปานกลาง (2.51 - 3.25)	175	43.8
มีผลน้อย (1.76 - 2.50)	29	7.2
ไม่มีผล (1.00 - 1.75)	5	1.3
รวม	**400**	**100.00**

จากตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุดคือ มีผลมากที่สุด (3.26 - 4.00) จำนวน 191 คน (ร้อยละ 47.8) รองลงมา คือมีผลปานกลาง (2.51 - 3.25) จำนวน 175 คน (ร้อยละ43.8) และน้อยที่สุด คือไม่มีผล (1.00 - 1.75) จำนวน 5 (ร้อยละ 1.3)

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมผู้บริโภคต่อการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชัน

จากการสุ่มตัวอย่างของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 400 คน โดยจำแนกตามจำนวนและร้อยละ โดยจำแนกตามระดับพฤติกรรมได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับพฤติกรรม (n = 400)

ระดับพฤติกรรม (ช่วงคะแนน)	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มาก (3.26 – 4.00)	38	9.5
ปานกลาง (2.51 – 3.25)	254	63.5
ต่ำ (1.76 – 2.50)	97	24.3
ต่ำมาก (1.00 – 1.75)	11	2.8
รวม	**400**	**100.00**

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างกับระดับพฤติกรรม (n=400)

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	ระดับพฤติกรรม				P-value
	1	2	3	4	
เพศ					
ชาย	1	35	135	15	0.001
หญิง	10	62	119	23	
รวม	11	97	254	38	
ระดับชั้นปี					
ชั้นปีที่ 1	4	19	46	8	0.648
ชั้นปีที่ 2	1	31	93	11	
ชั้นปีที่ 3	2	30	82	13	
ชั้นปีที่ 4	4	17	33	6	
รวม	11	97	254	38	
คณะ/สำนักวิชา/วิทยาลัย					
คณะสายวิทยาศาสตร์	6	35	27	1	0.000
คณะสายสังคมศาสตร์	5	62	227	37	
รวม	11	97	254	38	
รายได้ต่อเดือน					
< 1,000 – 3,000	8	47	115	5	0.000

3,001 – 5,000	3	42	99	10
> 5,000	0	8	40	23
รวม	11	97	254	38

จากตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามระดับพฤติกรรม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับความคิดเห็นมากที่สุดคือ ปานกลาง (2.51 – 3.25) จำนวน 254 คน (ร้อยละ 63.5) รองลงมา คือ ต่ำ (1.76 – 2.50) จำนวน 97 คน (ร้อยละ24.3) และน้อยที่สุด คือต่ำมาก (1.00 – 1.75) จำนวน 11 (ร้อยละ 2.8)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยส่วนผสม(4Ps)การตลาดกับระดับพฤติกรรม (n=400)

ส่วนผสม(4Ps)การตลาด	ระดับพฤติกรรม				P-value
	1	2	3	4	
ด้านผลิตภัณฑ์					
มีผลปานกลาง	4	39	168	9	
มีผลมาก	7	46	63	28	
รวม	11	97	254	38	
ด้านราคา					
ไม่มีผล	0	0	3	0	0.066
มีผลน้อย	1	13	35	2	
มีผลปานกลาง	4	43	150	22	
มีผลมาก	6	41	66	14	
รวม	11	97	254	38	
ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย					
ไม่มีผล	0	0	2	0	0.003
มีผลน้อย	4	63	196	22	
มีผลปานกลาง	0	0	0	0	
มีผลมาก	7	34	56	16	
รวม	11	97	254	38	
ด้านส่งเสริมการตลาด					
ไม่มีผล	0	3	2	0	0.002
มีผลน้อย	1	11	17	0	
มีผลปานกลาง	2	39	125	9	
มีผลมาก	8	44	110	29	
รวม	11	97	254	38	

ส่วนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

จากตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างเพศและระดับพฤติกรรมพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Pearson Chi-Square, ความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นปีและระดับพฤติกรรมพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Pearson Chi-Square, ความสัมพันธ์ระหว่างคณะ/สำนักวิชา/วิทยาลัยและระดับพฤติกรรมพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Pearson Chi-Square, ความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ต่อเดือนและระดับพฤติกรรมพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Fisher's Exact Test

จากตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์และระดับพฤติกรรมพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Fisher's Exact Test, ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านราคาและระดับพฤติกรรมพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Fisher's Exact Test, ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายและระดับพฤติกรรมพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Fisher's Exact Test, ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาดและระดับพฤติกรรมพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยการใช้ Fisher's Exact Test

4. บทสรุป

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ในบทที่ 4 ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เกี่ยวข้องกับปัจจัยส่วนผสม(4Ps)การตลาดที่ส่งผลต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหาร ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมผู้บริโภคต่อการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ และส่วนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกประเด็นที่มีผลมากที่สุดดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นปัจจัยทางด้านผลิตภัณฑ์ของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ ± S.D = 3.11 ± 0.775) ไม่สอดคล้องกับ ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจสั่งอาหารผ่านผู้ให้บริการส่งอาหารออนไลน์เดลิเวรี่ (Delivery)[2] เพราะปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ของวิจัยทางส่วนประสมทางการตลาดอยู่ในระดับมาก

ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาดของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ ± S.D = 3.13 ± 0.764) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ มีการโฆษณาตามสื่อออนไลน์ เช่น faecbook , IG , youtube เพื่อให้เข้าถึงผู้ใช้บริการมากขึ้น ($\bar{x}$ + S.D = 3.21 + 0.751) รองลงมา คือ มีโปรโมชันอย่างต่อเนื่อง เช่น ให้ส่วนลดค่าอาหารและค่าจัดส่ง ($\bar{x}$ + S.D = 3.13 + 0.828) และน้อยที่สุด คือ มีการจัดโปรโมชันร่วมกับร้านอาหารในแอปพลิเคชัน ($\bar{x}$ + S.D = 3.07 + 0.715) ไม่สอดคล้องกับ พฤติกรรมผู้บริโภคในการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ผ่านโมบายแอปพลิเคชันช่วงเกิดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่2019 (COVID-19)ในเขตกรุงเทพมหานคร[3] เพราะวิจัยมีระดับมากมีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจของลูกค้า

ระดับความคิดเห็นปัจจัยด้านราคาปัจจัยด้านราคาของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับปานกลาง ($\bar{X} \pm$ S.D = 3.14 $\pm$ 0.744) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ รูปแบบการชำระเงินสามารถทำได้หลายรูปแบบ ($\bar{X}$ + S.D = 3.23 + 0.683) รองลงมา คือ ด้วยรวมแล้วการให้บริการคุ้มค่ากับเงินที่จ่ายไป ($\bar{X}$ + S.D = 3.18 + 0.747) และน้อยที่สุด คือ มีการตั้งราคาที่มีความชัดเจน และเป็นมาตรฐาน ($\bar{X}$ + S.D = 3.08 + 0.720) ไม่

*สอด*คล้องกับ การวิเคราะห์คุณลักษณะของบริการแอพพลิเคชั่นเพื่อการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในกรุงเทพมหานคร[4] เพราะส่วนใหญ่ปัจจัยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในการตัดสินใจซื้อมีเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่การกำหนดราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพ

ระดับปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่ายเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ มีจำนวนผู้ให้บริการเพียงพอต่อความต้องการ ($\bar{x}$ + S.D = 3.15 + 0.784) รองลงมา คือ ตรงต่อเวลาในการบริการจัดส่งสินค้า ($\bar{x}$ + S.D = 3.12 + 0.790) และน้อยที่สุด คือ พื้นที่ในการให้บริการครอบคลุมกับความต้องการ ($\bar{x}$ + S.D = 3.11 + 0.694) ไม่สอดคล้องกับ ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมผู้บริโภค.บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์[5] เพราะวิจัยส่วนประสมทางการตลาดด้านช่องทางการจัดจำหน่าย มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจซื้ออยู่ในระดับมาก

ปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด ระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ ± S.D = 3.13 ± 0.764) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ มีการโฆษณาตามสื่อออนไลน์ เช่น เฟซบุ๊ค , ไอจี , ยูทูป เพื่อให้เข้าถึงผู้ใช้บริการมากขึ้น ($\bar{x}$ + S.D = 3.21 + 0.751) รองลงมา คือ มีโปรโมชันอย่างต่อเนื่อง เช่น ให้ส่วนลดค่าอาหารและค่าจัดส่ง ($\bar{x}$ + S.D = 3.13 + 0.828) และน้อยที่สุด คือ มีการจัดโปรโมชันร่วมกับร้านอาหารในแอปพลิเคชัน ($\bar{x}$ + S.D = 3.07 + 0.715) ไม่สอดคล้องกับ พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ (Food Delivery) ผ่านแอพพลิเคชั่น (Application)ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร[6]

ระดับความคิดเห็นปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาดของผู้ตอบแบบสอบพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีในระดับพอใช้ ($\bar{x}$ ± S.D = 2.77 ± 0.863) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ความถี่ในการใช้บริการของท่านในการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอพพลิเคชัน ($\bar{x}$ + S.D = 3.31 + 0.880) รองลงมา คือ ท่านเสียค่าใช้จ่าย เฉลี่ยต่อครั้งน้อยกว่า 100 -200 บาทในการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอพพลิเคชัน ($\bar{x}$ + S.D = 2.92 + 0.809) และน้อยที่สุด คือ ท่านใช้บริการสั่งอาหารผ่านโมบายแอพพลิเคชัน Line man ($\bar{x}$ + S.D = 2.42 + 0.983) ไม่สอดคลองกับ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกรุงเทพมหานคร[7]

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมในการใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ผ่านโมบายแอปพลิเคชันของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย พบว่า ผู้ใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ส่วนใหญ่ (คิดเป็นร้อยละ 53.5) เป็นเพศหญิง อยู่ระดับชั้นปีที่ 2 (คิดเป็นร้อยละ 34.0) คณะครุศาสตร์ (คิดเป็นร้อยละ 21.0) และส่วนมากมีรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 3,000 - 5,000 บาท (คิดเป็นร้อยละ 38.5)

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และชี้แนะแนวทาง การศึกษา รวมทั้งตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยนี้ ด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอนโดยละเอียด จนกระทั่งสมบูรณ์ และขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] นุช สิงห์แก้ว (2563). ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารผ่าน สื่อออนไลน์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.วันที่8ธันวาคม 2564, สืบค้นจาก https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/mlw12/6114961018.pdf

[2] กิตติศักดิ์ พรสิทธ์ศักดิ์. (2546). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจสั่งอาหารผ่านผู้ให้บริการส่งอาหารออนไลน์เดลิเวรี่ (Delivery)คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม.วันที่9ธันวาคม 2564, สืบค้นจาก https://e-research.siam.edu

[3] ณัธภัชร เฉลิมแดน. (2563). พฤติกรรมผู้บริโภคในการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ผ่านโมบายแอปพลิเคชันช่วงเกิดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่2019 (COVID-19)ในเขตกรุงเทพมหานคร.วันที่10 ธันวาคม 2564, สืบค้นจาก http:///C:/Users/ACER-PC/

[4] พิรานันท์ แกล่งกล้า (2562). การวิเคราะห์คุณลักษณะของบริการแอพพลิเคชั่นเพื่อการสั่งอาหารเดลิเวอรี่ในกรุงเทพมหานคร. วันที่10 ธันวาคม 2564 สืบค้นจาก http://mab.eco.ku.ac.th

[5] ยุทธนา ธรรมเจริญ. (2530). ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมผู้บริโภค.บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจ บัณฑิตย์. วันที่13 ธันวาคม 2564 สืบค้นจาก http://libdoc.dpu.ac.th/

[6] ศดานันท์ วิกิจพิสุทธ์. (2560). พฤติกรรมผู้บริโภคและปัจจัยทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารออนไลน์ (Food Delivery) ผ่านแอพพลิเคชั่น (Application)ของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร. วันที่15 ธันวาคม 2564, สืบค้นจาก http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/

[7] องอาจ ปะทะวานิช. (2527). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้บริการสั่งอาหารแบบเดลิเวอรี่ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกรุงเทพมหานคร. 30 มกราคม 2564, สืบค้นจาก http://ethesisarchive.library.tu.ac.th

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนโควิด-19 ของกลุ่มชาติพันธุ์ ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

Factors related to covid-19 vaccine exposure of ethnic groups, Wawi Subdistrict, Mae Sarai District, Chiang Rai Province

เกลียวพัตรา อโณทัยมณี[1] ณัฐกมล เวียงลอ[1] นภัสสร สกุลคณารักษ์[1] จุฑามาศ เมืองมูล[1*]
พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1] และ วัชรพงษ์ เรือนคำ[1]

[1]สาขาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: Som.jut@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนโควิด-19 ของกลุ่มชาติพันธุ์ ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการได้รับวัคซีนป้องกันโควิด-19 และศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนวิด-19 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 400 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่ากลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุอยู่ในช่วง 15-30 ปี นับถือศาสนาคริสต์ เป็นกลุ่มชาติพันธุ์อาข่า ไม่ได้รับการศึกษา มีอาชีพเป็นเกษตรกรรม รายได้พอเพียง เดินทางไปรับวัคซีนโควิด-19 ด้วยรถจักรยานยนต์ เป็นผู้ที่ได้รับวัคซีนครบ 2 เข็มจำนวน 373 คน คิดเป็นร้อยละ 93.25 และได้รับวัคซีนไม่ครบ 2 เข็ม จำนวน 27 คิดเป็นร้อยละ 6.75 ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนกับปัจจัยส่วนบุคคลพบว่า ช่วงอายุ กลุ่มชาติพันธุ์ ศาสนา ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และการเดินทาง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: กลุ่มชาติพันธุ์ ,วัคซีน ,โควิด-19

Abstract

Factors related to covid-19 vaccine exposure of ethnic groups Wawi Subdistrict Mae Sarai District Chiang Rai Province It aims to study the vaccination against COVID-19 and to study the factors associated with the exposure of the COVID-19 vaccine. Samples in this research 400 people using the questionnaire as a data collection tool. Found that the respondents in this survey mostly female. Aged in the range of 15-30 years, believe in Christianity. It is an Akha ethnic group. Uneducated has a career in agriculture sufficiency income. Travel to get vaccinated for COVID-19 with a motorcycle of the 373 people who received 2 doses of vaccine representing 93.25 percent and received 2 doses of vaccine 27 representing 6.75 percent. The relationship between vaccination and personal factors was found that the age range, ethnic group, religion level of education, occupation, income and travel. There was a statistically significant correlation at the 0.05 level.

Keywords: Ethnic Group, Vaccines, COVID-19

1. บทนำ

ในช่วง 1-2 ปีที่ผ่านมา คงไม่มีประเด็นใดที่คนทั่วโลกให้ความสนใจได้มากกว่าการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ที่องค์การอนามัยโลก (WHO) ยกระดับให้เป็น ภาวะการระบาดใหญ่ทั่วโลก (Pandemic) โดยการระบาดครั้งแรกเกิดขึ้นเมื่อเดือน ธ.ค. 2562 ที่ตลาดค้าสัตว์ป่าเมืองอู่ฮั่นหรือตลาดขายอาหารทะเลสด South China Seaboard เมืองอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย ประเทศจีน จากนั้นการแพร่ระบาดกระจายไปในหลายพื้นที่ ทั่วโลก ไวรัสโควิด-19 ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปอดอักเสบรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้ โดยที่เชื้อไวรัสตัวนี้สามารถแพร่กระจายจากคนสู่คน ผ่านการไอ จาม หรือสัมผัส กับสารคัดหลั่งของผู้ป่วย [1,2] ซึ่งจากวิกฤตการณ์นี้ ส่งผลกระทบไปทั่วโลก ทั้งต่อระบบเศรษฐกิจโลก และพฤติกรรมการใช้ชีวิตของมนุษย์ โดยทำให้ผู้คนเกิดความวิตกกังวลไปทั่วโลก มีการปิดเมือง ปิดประเทศ เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรค สนามบินเงียบเหงา สถานที่ท่องเที่ยวแทบร้างผู้คน หลายธุรกิจได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม จนต้องลดพนักงาน เลิกจ้าง หรือปิดกิจการลง ผู้คนไม่จำเป็นก็ไม่ออกนอกบ้าน ไม่กล้าอยู่ในที่คนพลุกพล่าน หากมีความจำเป็นต้องออกจากบ้านก็จะต้องมีการป้องกันโดยการใส่หน้ากากอนามัย รวมถึงผู้คนต่างสนใจและคอยติดตามข่าวสารเพื่ออัพเดทการแพร่ระบาดของไวรัสดังกล่าว จากข้อมูลศูนย์บริหารสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ โควิด-19 หรือ ศบค. พบว่า สถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโควิด-19 ข้อมูลปัจจุบัน ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน 2564 พบว่ามีผู้ติดเชื้อทั่วโลกมากถึง 219,456,675 ราย และมีผู้เสียชีวิตทั่วโลกมากกว่า 4,547,782 ราย อัตราเสียชีวิตอยู่ที่ราว 2.16% โดยประเทศไทย มีผู้ติดเชื้อเป็นอันดับที่ 21 ของโลก โดยมีผู้ติดเชื้อแล้วจำนวน 1,951,572 ราย และมีผู้เสียชีวิตสะสมรวม 19,542 คน คิดเป็น 0.73% [3,4]

ท่ามกลางสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ที่ส่งผลให้มีผู้ล้มป่วยและเสียชีวิตจำนวนมากทั่วโลก หนึ่งในสิ่งที่จะกลายมาเป็นตัวแปรสำคัญและความหวังในการควบคุมการระบาด ก็คือวัคซีน ที่จะช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันแก่ผู้คน ทั้งยังสามารถลดความรุนแรงของอาการป่วยและลดอัตราการเสียชีวิตได้ ซึ่งปัจจุบันมีบริษัท หรือวัคซีนที่ได้รับการอนุมัติและใช้กันแล้วในหลายประเทศ ได้แก่ Pfizer-BioNTech, Moderna, Gamaleya (Sputnik V), AstraZeneca, Sinovac, Johnson & Johnson, Novavax, Sinopharm และCanSino Biologics เป็นต้น โดยมีทั้งชนิดที่ได้รับอนุมัติทะเบียนอย่างสมบูรณ์และชนิดที่ได้รับอนุมัติให้ใช้กรณีฉุกเฉิน สำหรับเกณฑ์ในการพิจารณารับวัคซีนของประเทศไทยนั้น จะเน้นพิจารณารับวัคซีนที่ผ่านการขึ้นทะเบียนและได้รับการอนุมัติจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) อย่างถูกต้อง รวมถึงมีการอนุมัติ ใช้แล้วในหลากหลายประเทศ และได้รับการรับรองจากองค์กรอนามัยโลกแล้ว ซึ่งวัคซีนที่ประเทศไทยนำมาใช้นั้นมีเพียง 2 ยี่ห้อ ได้แก่ วัคซีนโควิด-19 แอสตราเซเนกา (AstraZeneca) จากประเทศอังกฤษและ วัคซีนโควิด-19 ซิโนแวค (Sinovac) จากประเทศจีน [5] ซึ่งการฉีดวัคซีนนั้นไม่สามารถป้องกันการติดเชื้อได้อย่างสมบูรณ์ร้อยเปอร์เซ็น ผู้ที่ได้รับวัคซีนแล้วอาจจะยังสามารถติดเชื้อ Covid-19 ได้ โดยประสิทธิภาพของวัคซีนในการป้องกันการติดเชื้อโดยรวมจะอยู่ที่ ประมาณ 50% - 95% ขึ้นอยู่กับแต่ละยี่ห้อ เพียงแต่การฉีดวัคซีนนั้นจะช่วยบรรเทาความรุนแรงของอาการป่วยและลดอัตราการเสียชีวิตได้ แต่ในขณะเดียวกันการฉีดวัคซีนโควิด-19 บางคนนั้นอาจเกิดอาการผลกระทบหลังจากการฉีดวัคซีนได้ เช่นอาการปวด บวม แดง คัน หรือช้ำ ตรงจุดที่ฉีดยา รู้สึกอ่อนเพลีย ไม่สบายตัว ปวดหัวเล็กน้อย มีอาการไข้ ครั่นเนื้อครั่นตัว ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อและตามข้อ คลื่นไส้ เวียนศีรษะ วูบ ความดันต่ำ หัวใจเต้นเร็ว หายใจติดขัด หอบเหนื่อย คัดจมูก ภาวะลิ่มเลือดอุดตันอาการคล้ายอัมพฤกษ์ ซึ่งอาจเป็นความผิดปกติทางระบบประสาทชั่วคราว หรือบางรายมีอาการแพ้รุนแรง ถึงขั้นเสียชีวิตได้ [6]

4 พฤศจิกายน 2564 กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ได้สรุปรายงานการติดตามและประมวลผลการฉีดวัคซีนโควิด-19 ว่า ทั่วโลกได้ฉีดวัคซีนแล้วประมาณ 7,123 ล้านโดส ใน 205 ประเทศ ส่วนภูมิภาคอาเซียนได้ฉีดวัคซีนไปแล้ว 535,269,509 โดส และในประเทศไทยมีสถิติของการฉีดวัคซีนโควิด-19 จำนวนการฉีดวัคซีนยอดรวม 77,014,092 โดส โดยฉีดเข็มแรก 42,815,600 โดส และฉีดเข็มที่สอง 1,523,614 โดส [7] หากพิจารณาจากสถานการณ์การฉีดวัคซีนโควิด-19 ในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่า ข้อมูลประสิทธิภาพและผลข้างเคียงต่าง ๆ ของการฉีดวัคซีนอาจจะยังไม่แน่ชัดหรือสรุปไม่ได้ 100% แต่หน่วยงานสาธารณสุขทั่วโลก ก็ยังแนะนำให้เข้ารับการฉีด เนื่องจากเปรียบเทียบประโยชน์ที่จะได้รับ

แล้วสูงกว่า แต่ทว่าจากข้อมูลสถิติของผู้ที่ได้รับการฉีดวัคซีนมีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรทั้งประเทศ ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพและผลข้างเคียงของวัคซีน รวมถึงประเภทของวัคซีนที่สามารถฉีดได้ มีเพียงแค่ 2 ประเภทเท่านั้น ซึ่งไม่หลากหลายพอให้ผู้ที่ต้องการฉีดวัคซีนตัดสินใจเลือกหรือเปรียบเทียบข้อมูลได้เพียงพอ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาในเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนโควิด-19 ของกลุ่มชาติพันธุ์ในตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ราบสูงและอยู่ห่างไกลจากโรงพยาบาล การคมนาคมที่ยังไม่สะดวกในบางพื้นที่ในตำบลวาวี สภาพถนนยังเป็นดินลูกรัง บางเส้นทางไม่สามารถใช้สัญจรในฤดูฝนได้ [8] ส่งผลให้เดินทางมารับวัคซีนลำบาก ยานพาหนะที่ใช้ในการโดยสาร การสื่อสาร และปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้นอาจส่งผลต่อการรับวัคซีนโดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัย อาจจะทำให้คนเห็นความสำคัญและเข้าใจผลกระทบของการฉีดวัคซีนมากขึ้น และยังเป็นแนวทางให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มอัตราการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 ของประชากรคนไทย เพื่อให้การป้องกันการระบาดของโรคโควิด-19

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการได้รับวัคซีนโควิด-19 และเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนโควิด-19 ของกลุ่มชาติพันธุ์ ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย โดยศึกษาในประชากรที่มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นกลุ่มชาติพันธุ์
2. มีอายุ 18 ปีขึ้นไป
3. อาศัยอยู่ใน ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย
4. สามารถตอบแบบสอบถามด้วยตนเองได้
5. มีความสมัครใจในการตอบแบบสอบถาม

ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากตารางหาขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1973) เพื่อกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยโดยทำการเลือกจากแบบในกรณีที่ทราบจำนวนประชากร จากค่าความคลาดเคลื่อน 5% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้สูตรของ Taro Yamane (1973) จากสูตร (α = 0.05) ประชากรในตำบลวาวีมีจำนวน 20,955 คน ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ 400 คน โดยแบ่งสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มชาติพันธุ์โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Steatified Random Samplong) โดยแบ่งตามกลุ่มชาติพันธุ์ทั้งหมด 6 กลุ่ม ทำการสุ่มแต่ละชั้นขึ้นมาทำการศึกษา โดยใช้สัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากรในแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ ได้ผลดังนี้

1) อาข่า ประชากรจำนวน 11,234 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 214 คน
2) ลาหู่ ประชากรจำนวน 4,869 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 93 คน
3) จีน ประชากรจำนวน 1,577 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน
4) ลีซู ประชากรจำนวน 1,099 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 21 คน
5) กะเหรี่ยง ประชากรจำนวน 1,302 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน
6) ม้ง ประชากรจำนวน 874 คน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 17 คน [9]

ระยะเวลาการดำเนินวิจัย ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - วันที่ 4 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้รับการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไขให้เกิด ความสมบูรณ์ มีค่า IOC มากกว่า 0.5 และนำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มชาติพันธุ์ ตำบลริมกก อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน มีค่า Reliability

มากกว่า 0.7 แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 11 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ มีทั้งหมด 4 ด้าน จำนวน 28 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามได้ครบตามจำนวนแล้วจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1.1 ค่าร้อยละ (percentage) และความถี่ (Frequency) ใช้อธิบายตัวแปรที่มีระดับการวัดเชิงกลุ่ม ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา ศาสนา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน โรคประจำตัว การเดิน และกลุ่มชาติพันธุ์

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้อธิบายตัวแปรที่มีระดับการวัดเชิงปริมาณ ได้แก่ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับวัคซีนโควิด-19 ของกลุ่มชาติพันธุ์ ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ของประชากรในตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

2 สถิติอนุมาน (Inferential Statistic) ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 ประชากรในตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ที่มีปัจจัยส่วนบุคคลต่างกัน น่าจะทำให้มีการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกัน โควิด-19 ต่างกัน ทดสอบด้วยสถิติ (Chi-square)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผู้ตอบแบบสอบถามในครั้งนี้จำนวน 400 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 203 คน (ร้อยละ 50.70) เพศชาย จำนวน 197 คน (ร้อยละ 49.30) มีอายุอยู่ในช่วง 15-30 ปี จำนวน 152 คน (ร้อยละ 38.00) นับถือศาสนาคริสต์จำนวน 203 คน (ร้อยละ 50.70) ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์อาข่า จำนวน 214 คน ไม่ได้รับการศึกษา จำนวน 136 คน (ร้อยละ 34.00) มีอาชีพเป็นเกษตรกรรม จำนวน 115 คน มีรายได้พอเพียงจำนวน 239 คน (ร้อยละ 59.80) มีไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 342 คน (ร้อยละ 85.50) เดินทางไปรับวัคซีนโควิด-19 ด้วยรถจักรยานยนต์ จำนวน 204 คน (ร้อยละ 51.00) ส่วนใหญ่เชื่อถือแหล่งข้อมูลเรื่องวัคซีนโควิด-19 จากบุคลากรทางการแพทย์มากที่สุด จำนวน 149 คน (ร้อยละ 37.30)

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละ ผลการวิเคราะห์การได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็ม โดยใช้สถิติ Exact test จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล (n=400)

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน (ร้อยละ)	ครบ (ร้อยละ)	ไม่ครบ	X^2	P-Value
เพศ				.014	.906
ชาย	197 (49.30)	184 (93.40)	13		
หญิง	203 (50.70)	189 (93.10)			
อายุ (ปี)					.000
15-30	152 (38.00)	148 (97.36)	4		
31-45	129 (32.25)	125 (96.89)	4		
46-60	70 (17.50)	65 (92.85)	8		
61 ปีขึ้นไป	49 (12.25)	35 (71.42)	11		
ศาสนา					.000
พุทธ	89 (22.25)	82 (92.13)	7		
คริสต์	249 (62.25)	251 (99.20)	2		

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน (ร้อยละ)	ครบ (ร้อยละ)	ไม่ครบ	X^2	P-Value
นับถือบรรพบุรุษ	60 (15.00)	37 (68.51)	17		
ไม่ได้นับถือศาสนา	2 (0.5)	3 (75.00)	1		
กลุ่มชาติพันธุ์					.000
อาข่า	214 (53.50)	208 (97.19)	6		
ลาหู่	93 (23.30)	93 (100)	-		
จีน	30 (7.50)	19 (63.33)	11		
ลีซู	21 (5.30)	21 (100)	-		
ม้ง	17 (4.30)	17 (52.94)	8		
กะเหรี่ยง	25 (6.10)	23 (92.00)	2		
ระดับการศึกษา					.000
ไม่ได้รับการศึกษา	136 (34.00)	116 (85.29)	20		
ประถมศึกษา	44 (11.00)	42 (95.45)	2		
มัธยมศึกษา	134 (33.50)	131 (97.76)	3		
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	86 (21.50)	84 (97.67)	2		
อาชีพ					.000
ไม่มีอาชีพ	62 (15.50)	46 (74.19)	16		
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	15 (3.80)	15 (100)	-		
เกษตรกรรม	115 (28.70)	113 (98.23)	2		
นักเรียน/นักศึกษา	55 (13.80)	54 (98.18)	1		
รับจ้างทั่วไป	111 (27.70)	105 (94.59)	6		
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	42 (10.50)	40 (95.23)	2		
รายได้				22.079	.000
ไม่พอเพียง	122 (30.50)	103 (84.42)	19		
พอเพียง	239 (59.80)	233 (97.48)	6		
เหลือเก็บ	39 (9.70)	37 (94.84)	2		
โรคประจำตัว					.091
ไม่มีโรคประจำตัว	342 (85.50)	322 (94.17)	20		
มีโรคประจำตัว	58 (14.50)	51 (87.93)	7		
การเดินทาง					.001
รถจักรยานยนต์	204 (51.00)	192 (94.17)	12		
รถยนต์	156 (39.00)	149 (95.51)	7		
รถรับจ้าง	35 (8.70)	30 (85.71)	5		
เดิน	5 (1.30)	2 (40.00)	3		
แหล่งข้อมูล					0.12

ข้อมูลส่วนบุคคล	จำนวน (ร้อยละ)	ครบ (ร้อยละ)	ไม่ครบ	X^2	P-Value
บุคคลในครอบครัว	44 (11.00)	43 (97.72)	1		
บุคลากรทางการแพทย์	149 (37.30)	136 (91.27)	13		
เพื่อน	10 (2.30)	9 (90.00)	1		
ผู้นำชุมชน	105 (26.30)	100 (95.23)	5		
อินเทอร์เน็ต	70 (17.50)	66 (94.28)	4		
วิทยุ	5 (1.30)	2 (40.00)	3		
โทรทัศน์	17 (4.30)	17 (100)	-		

กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับวัคซีนครบ 2 เข็ม กับเพศ มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าสถานการณ์โควิดเป็นเรื่องที่ส่งกระทบต่อทุกคนไม่ว่าจะเป็นเพศชายหรือเพศหญิงก็สามารถเกิดความเสี่ยงที่จะติดเชื้อโควิด-19 ได้ จึงทำให้ทุกคนต่างมีความต้องการที่จะได้รับฉีดวัคซีน เพื่อเป็นการป้องกันตัวเองให้มีภูมิคุ้มกันจากโรคโควิด 19 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ ดร.มนัสนันท์ ลิมปวิทยากุล , ดร.พาหุรัตน์ คงเมือง ทัยสุวรรณ์ (2558) กล่าวไว้ว่าจากการศึกษา การรับรู้ ความเสี่ยงและการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ในกลุ่มเสี่ยง โดยภาพรวม ของกลุ่มตัวอย่างที่เพศต่างกัน ทำ ให้การตัดสินใจการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.60) {10}

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็มกับช่วงอายุ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าอายุที่แตกต่างกันส่งผลถึงการรับรู้ การเรียนรู้ ความเชื่อ ทัศนคติ ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนมากผู้ที่อายุน้อยอาจจะมีการรับรู้ข้อมูล ข่าวสารได้ง่ายและรวดเร็ว มีความเชี่ยวชาญในการเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้มากกว่าผู้สูงอายุ จึงทำให้เกิดการเรียนรู้ การคิด วิเคราะห์ และการตัดสินใจที่แตกต่างกันไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดร.มนัสนันท์ ลิมปวิ ทยากุล , ดร.พาหุรัตน์ คงเมือง ทัยสุวรรณ์ (2558) กล่าวไว้ว่าจากการศึกษา การรับรู้ความเสี่ยงและการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ในกลุ่มเสี่ยงโดยภาพรวม ของกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุต่างกัน ทำให้การตัดสินใจการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.0001) {10}

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็มกับกลุ่มชาติพันธุ์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่ากลุ่มชาติพันธุ์ที่แตกต่างกัน มีวัฒนธรรม ค่านิยม ความเชื่อ ทัศนคติ ต่อการตัดสินใจรับวัคซีนที่ไม่เหมือนกัน อีกทั้งอุปสรรคต่อการเข้าถึงวัคซีนที่ไม่เหมือนกันส่งผลให้กลุ่มชาติพันธุ์มีการรับวัคซีนที่ต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็มกับระดับการศึกษา พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่า การศึกษาที่แตกต่างกัน ทำให้การรับรู้ข้อมูล การเข้าถึงแหล่งข้อมูล การวิเคราะห์ ประสบการณ์ การเรียนรู้ ความคิด ทัศนคติต่างกัน จึงส่งผลให้การตัดสินใจแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขนิษฐา ชื่นใจ ,บุฎกา ปัณฑุร อัมพร (2564) กล่าวไว้ว่า จากการศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโคโรนาไวรัส (Covid-19) ของประชากรในกรุงเทพมหานคร ทำให้การตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโคโรนาไวรัส (Covid-19) โดยภาพรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.0001) [11}

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็มกับอาชีพ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่า แต่ละอาชีพมีความเสี่ยงในการติดเชื้อโควิด 19 มากน้อยต่างกัน ซึ่งผู้ที่ประกอบ

อาชีพที่ต้องเจอผู้คนจำนวนมาก อยู่ในสถานที่แออัด หรือบุคลากรทางการแพทย์ มักจะมีโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อโควิด 19 ได้ง่าย เนื่องจากโรคโควิด 19 เป็นโรคที่ติดต่อได้ด้วยการสูดลมหายใจ ไอ จาม การสัมผัสสารคัดหลั่ง น้ำมูก น้ำลาย เสมหะ หรือการใกล้ชิดกับผู้ป่วย ดังนั้นหากผู้ที่ไม่ได้มีอาชีพที่ใกล้ชิดกับคนหมู่มากก็อาจจะมีความเสี่ยงในการติดโรคได้น้อยกว่า จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการตัดสินใจฉีด วัคซีนที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดร.มนัสนันท์ ลิมปวิทยากุล , ดร.พาหุ รัตน์ คงเมือง ทัยสุวรรณ์ (2558) กล่าวไว้ว่า จากการศึกษา การรับรู้ความเสี่ยงและการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ในกลุ่มเสี่ยง โดย ภาพรวม ของกลุ่มตัวอย่างที่มี อาชีพต่างกัน ทำให้การตัดสินใจการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.002) [10}

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็มกับรายได้ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่า แม้ว่าการบริการฉีดวัคซีนจะไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่อาจจะมีค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ เช่นค่าเดินทาง เพราะกลุ่มชาติพันธุ์ในตำบลวาวีอาศัยอยู่ในพื้นราบสูง การคมนาคมในหลายหมู่บ้านยังไม่สะดวก ขาดยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง และด้วยในสถานการณ์เศรษฐกิจในปัจจุบันที่คนตกงาน ไม่มีรายได้ หรือมีรายได้ที่ลดลงจากเดิม ทำให้มีความจำเป็นต้องเก็บเงินไว้ใช้ใน การยังชีพ ใช้อุปโภค บริโภค ในชีวิตประจำวัน จึงอาจเป็นสาเหตุให้ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขนิษฐา ชื่นใจ ,บุฏกา ปัณฑุร อัมพร (2564) กล่าวไว้ว่า จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโคโรนาไวรัส (Covid-19) ของประชากรในกรุงเทพมหานคร ประชากรในกรุงเทพมหานคร ที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่างกัน ทำให้การตัดสินใจฉีดวัคซีน ป้องกันโคโรนาไวรัส (Covid-19) โดยภาพรวมต่างกัน [11}

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็มกับการเดินทาง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผู้วิจัยคิดว่า การเดินทางไปรับวัคซีนเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่ง ที่อาจส่งผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีนของกลุ่มชาติพันธุ์ เพราะส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในพื้นที่ห่างไกลจากสถานบริการฉีดวัคซีน และไม่มียานพาหนะในการเดินทางเพื่อไปรับวัคซีน

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับวัคซีนโควิด-19 ครบ 2 เข็มกับการเดินทาง พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ปัจจุบันมีช่องทางการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัคซีนทุกช่องทาง ส่งผลให้ทุกคนสามารถเลือกสื่อที่ตนเองอยากสื่อสารได้ตรงกับความเหมาะสมของตนเอง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ (n=400)

ลำดับที่	แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1	ด้านการรับรู้ความรุนแรงของโรคโควิด-19	4.50	3.15	มาก
2	ด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโควิด-19	4.26	5.72	มาก
3	ด้านความคาดหวังในประสิทธิผลของการป้องกันโรคโควิด-19	4.17	5.40	มาก
4	ด้านการรับรู้อุปสรรค	4.36	4.16	มาก

จากตารางที่ 2 ด้านการรับรู้ความรุนแรงของโรค โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าข้อ 4 หากท่านมีกลุ่มโรคได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมัน หัวใจ โรคอ้วน โรคไต ฯลฯ จะเสี่ยงต่อการป่วยเป็นโรคโควิด-19 ได้ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64

ด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรค โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าข้อ 2 การ

สัมผัสน้ำมูก น้ำลายหรือเสมหะของผู้ป่วยที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งของเครื่องใช้จะทำให้ท่านป่วยเป็นโรคโควิด-19 ได้ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81

ด้านความคาดหวังในประสิทธิผลของการป้องกันโรค โดยภาพรวม อยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อ 2 การสวมหน้ากากอนามัย ไม่เพียงพอต่อการป้องกันโรคโควิด-19 ท่านจึงต้องป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 โดยการไปรับบริการฉีดวัคซีน อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.29 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.97

ด้านการรับรู้อุปสรรค ภาพรวมอยู่ในระดับ มาก เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าข้อ 6 ท่านดูแลตนเองหลังจากรับบริการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อน โดยการไปรับบริการฉีดวัคซีน อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67

4. บทสรุป

การวิจัยนี้เพื่อให้ประชาชนมีความรู้ ข้อมูลเกี่ยวกับการฉีดวัคซีน และให้ประชาชนเห็นความสำคัญและเข้าใจผลกระทบของการฉีดวัคซีนมากขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19 และสามารถนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มอัตราการฉีดวัคซีนป้องกันโรคโควิด-19ของประชากรคนไทย เพื่อให้การป้องกันการระบาดของโรคโคโรนาไวรัส (Covid-19) มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์หลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่คอยชี้แนะแนวทางสำหรับการจัดทำงานวิจัย ขอขอบคุณประชาชนตำบลริมกก อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย และกลุ่มชาติพันธุ์ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] องค์การอนามัยโลก. (2564). ความรู้เกี่ยวกับโคโรนาไวรัสโควิด-19. สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจาก https://www.who.int/thailand/emergencies/novel-coronavirus-2019/q-a-on-covid

[2] World Health organization Thailand. (2563). covid-19-what-we-know. สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจากhttps://www.who.int/docs/default-source/searo/thailand/update-28-covid-19-what-we-know---june 2020---thai.pdf?sfvrsn=724d2ce3_0

[3] กรมควบคุมโรค. (2564). สถานการณ์ทั่วโลก. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/

[4] กระทรวงสาธารณสุข. (2564). สถานการณ์ผู้ติดเชื้อ COVID-19 ในประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/covid19-dashboard/

[5] โรงพยาบาลพระราม 9. (2564). บทความสุขภาพ ข้อมูลวัคซีนโควิด-19.สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2564. สืบค้นจาก https://www.praram9.com/covid19-vaccine/

[6] โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ อินเตอร์เนชั่นแนล. (2564). วัคซีนป้องกันโรคโควิด-19. สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจาก https://www.bumrungrad.com/th/health-blog/february-2021/covid-19-vaccinations

[7] กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม. (2564). วัคซีนโควิด-19 สถานการณ์โลก ประเทศไทยและอาเซียน. สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจากhttps://www.mhesi.go.th/index.php/content_page/item/5029-641104Covid_19.html

[8] โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี. (2559). ข้อมูลพื้นฐานโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย. (126). สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจากhttps://www.hrdi.or.th/public/files/Areas-Profile/33-Areas/WaWee.pdf

[9] โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงวาวี. (2562). ข้อมูลประชากร เศรษฐกิจ และสังคม. สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2564, สืบค้นจาก https://web2012.hrdi.or.th/xtrp/basicinfo/social/329

[10] ดร.มนัสนันท์ ลิมปวิทยากุล, ดร.พาหุรัตน์ คงเมือง ทัยสุวรรณ์. (2558). การรับรู้ความเสี่ยงและการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ในกลุ่มเสี่ยง. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2564. สืบค้นจากhttp://klb.ddc.moph.go.th/dataentry/research/form/968

[11] ขนิษฐา ชื่นใจ,บุฏกา ปัณฑุร อัมพร (2564). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโคโรนาไวรัส (Covid-19) ของประชากรในกรุงเทพมหานคร. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2564. สืบค้นจาก https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/twin-9/6214154037.pdf

ความรู้และทัศนคติต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์ ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

Knowledge, Attitude and Cannabis Use in Ban Du Subdistrict, Mueang District, Chiang Rai Province

จิรานันท์ ศรียาหล้า[1] อัญมณี นาหล้า[1] กัลยาพร โพธ์เลิศ[1] อนุสรา บุญจิตร[1]
พิณัฏฐิณีย์ จิตคำ[1] และ วัชรพงษ์ เรือนคำ[1]

[1]สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ สาขาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
*Email: watcharapong_r@crru.ac.th.

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ศึกษาความรู้และทัศนคติต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์ 2) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ ทัศนคติต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์ ของประชาชนทั่วไปในตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย การศึกษาเชิงพรรณนา ณ จุดเวลาใด เวลาหนึ่งแบบตัดขวางภาคตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Study) กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนในตำบลบ้านดู่ จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามความรู้และทัศนคติโดยผ่านการตรวจสอบการหาความเชื่อมั่น ความรู้ ได้เท่ากับ 0.7 ทัศนคติ ได้เท่ากับ 0.86 และ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ ทัศนคติ การใช้กัญชาทาง การแพทย์โดยใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ เช่น Chi-square test และ Exact test ผลการวิจัยพบว่า 1)ปัจจัยส่วนบุคคลความรู้และทัศนคติกับการใช้กัญชาทางการแพทย์พบว่าความรู้ส่วน ใหญ่อยู่ในระดับสูง และทัศคติอยู่ในระดับปานกลาง 2)ปัจจัยส่วนบุคคลความรู้และทัศนคติ มีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

คำสำคัญ: ความรู้ ทัศนคติต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์

Abstract

The purposes of this research were 1) Study knowledge and attitudes towards medical marijuana use. 2) Study of the relationship between personal factors, knowledge, and attitudes towards medicinal cannabis of the general public in Ban Du Sub district, Chiang Rai Province. In this study, it was a cross-sectional descriptive study. The sample group was 400 people in Ban Du Sub-district. The tool used was a knowledge and attitude questionnaire which was tested for Cronbach's alpha of knowledge was 0.7 and Cronbach's alpha of attitude was 0.86 respectively. The data were analyzed by using descriptive statistics were frequency, percentage, mean, standard deviation. The personal factors such as knowledge, attitudes, cannabis drug user were analytical statistics such as Chi-square test and exact-test. The result revealed

that 1) Personal factors, knowledge and attitudes on medical marijuana use found that most of the knowledge was at a high level and the attitude was at a moderate level. 2) Personal factors, knowledge and attitudes there was not significant at the 0.5 level.

Keywords: Knowledge, Attitude towards medical marijuana use

1. บทนำ

พืชกัญชาเป็นพืชสมุนไพรดั้งเดิมที่มีมาเนิ่นนาน สำหรับประเทศไทยในอดีตพบว่ามีการลักลอบ ปลูกพืชกัญชาอยู่ทั่วประเทศตามพื้นที่ป่าเขา ส่วนสรรพคุณทางยานั้นพบว่าเป็นส่วนหนึ่งของตำรับยาโบราณมา ตั้งแต่สมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช โดยมีสรรพคุณแก้ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ช่วยทำให้นอนหลับ เจริญอาหารกัญชาเป็นพืชที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาที่ หลากหลายในพืชกัญชา จึงเป็นเหตุผลจำเป็นที่ต้องศึกษาถึงที่มาและปริมาณสารที่เหมาะสมในการนำพืชกัญชามา ใช้เป็นยาทางการแพทย์อีกมาก เพื่อมิให้เกิดการใช้ที่ผิดวิธีและส่งผลเสียต่อร่างกาย [1] ปัจจุบันพืชกัญชาจัดเป็นสาร เสพติด ประเภทที่ 5 และตามพระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 7) การศึกษาเกี่ยวกับพืชกัญชานับเป็น การศึกษาเชิงเกษตรยุคใหม่ ที่เริ่มเข้ามามีบทบาททางเศรษฐกิจและการแพทย์เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับปัจจุบันประเทศไทยมียุทธศาสตร์ชาติอันมุ่งเน้นการพัฒนาประเทศด้วยเศรษฐกิจฐานชีวภาพ (Bio-based Economy) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับสู่เกษตรสมัยใหม่ แล้วจึงต่อยอดไปสู่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ (Bio- based Product) ที่มีมูลค่าสูงของประเทศ กระแสความต้องการนำพืชกัญชามาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ใน ปัจจุบันอย่างถูกวิธี เป็นที่ยอมรับในหลายประเทศว่ามีสรรพคุณช่วยบำบัดรวมถึงรักษาโรคได้จริง รัฐบาลได้ปลดล็อกพืชกัญชาไม่ถือเป็นยาเสพติด และยกเลิกความผิดฐานผลิต นำเข้า หรือส่งออก มีไว้ในครอบครอง จำหน่ายมีไว้ในครอบครองเพื่อเสพ หรือเสพพืชกัญชา กัญชาถูกกฎหมาย[2] นับแต่วันที่ 9 มิ.ย.65 รัฐบาลได้ควบคุมการใช้กัญชา พิจารณาออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องสมุนไพรควบคุม (กัญชา) พ.ศ.2565 โดยให้กัญชา หรือสารสกัดจากกัญชา ซึ่งเป็นพืชในสกุล Cannabis เป็นสมุนไพรควบคุม, อนุญาตให้ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 20 ขึ้นไปสามารถครอบครอง ใช้ประโยชน์ ดูแล เก็บรักษา ขนย้าย จำหน่ายกัญชาได้ แต่ห้ามสูบในที่สาธารณะ ห้ามใช้ในสตรีมีครรภ์ หรือให้นมบุตร ห้ามจำหน่ายแก่ผู้มีอายุต่ำกว่า 20 ปี สตรีมีครรภ์ หรือให้นมบุตร

หากกล่าวถึงเขตพื้นที่ตำบลบ้านดู่มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางธรรมชาติที่หลากหลาย โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของทรัพยากรแต่ละพื้นที่ โดยพบว่าตำบลบ้านดู่เป็นหนึ่งในพื้นที่ซึ่งมีการเพาะปลูกพืช กัญชา คือ บริษัท Golden Triangle Group เป็นแหล่งปลูกและผลิตกัญชาสด เป็นสารสกัดที่ถูกกฎหมาย และ สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็นเครื่องสำอาง เครื่องดื่ม อาหาร จนถึงการใช้กัญชา ทางการแพทย์ เพื่อมอบสรรพคุณของสาร CBD โดยไม่ก่อให้เกิดอาการมึนเมา ทั้งนี้ก็เพื่อขับเคลื่อนนโยบาย เกี่ยวกับการนำพืชกัญชามาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และการศึกษาวิจัย พร้อมกับสนับสนุนวัตถุดิบพืชกัญชาใน การผลิตตำรับยาแผนไทยที่มีพืชกัญชาปรุงผสมอยู่ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการส่งเสริมองค์ความรู้

ข้อมูลเชิงวิชาการที่ถูกต้องซึ่งยังมีอยู่ไม่มากในปัจจุบัน เกี่ยวกับกระบวนการผลิต การเพาะปลูก สายพันธุ์ สภาพ ดิน การดูแลตามระบบมาตรฐาน ฯลฯ ภายใต้ความถูกต้องตามกฎหมาย ดังนั้นเพื่อให้ประชาชนสามารถเข้าถึงการ ใช้พืชกัญชาหรือสมุนไพรทางการแพทย์ได้อย่างปลอดภัยมากที่สุด จึงจำเป็นต้องเร่งศึกษาวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้พืชกัญชาทางการแพทย์ให้มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับในเวลาอันรวดเร็ว เพื่อเป็นโอกาส ในการรักษาโรคต่างๆ ให้กับผู้ป่วย รวมถึงเป็นทางเลือกใหม่ในการสร้างรายได้ให้แก่ประชาชนจากการผลักดันพืช[3] กัญชาให้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจ อันนำไปสู่ความก้าวหน้าและการเติบโตของประเทศอย่างไรก็ตามการศึกษามุมมองทางด้านความรู้และทัศนคติของประชาชนที่มีต่อพืชกัญชาไม่ใช่เรื่องง่ายเนื่องจากพืชกัญชาถูกมองว่าเป็นสารเสพติดและส่งผลกระทบในเชิงลบมาเป็นระยะเวลายาวนาน การ

เปลี่ยนแปลง ภาพลักษณ์ในเชิงลบดังกล่าวของพืชกัญชา จึงจำเป็นต้องอาศัยการส่งเสริมและสนับสนุนจากทั้งองค์กรของภาครัฐ และเอกชน ไม่ว่าจะเป็นการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร ความรู้เชิงวิชาการ การจัดงานประชุมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ รวม ไปจนถึงการพัฒนานวัตกรรมในขั้นตอนการเพาะปลูกและกระบวนการผลิต เพื่อเปลี่ยนแปลงความรู้และทัศนคติ หรือมุมมองของประชาชนที่มีต่อพืชกัญชา ภายใต้พื้นฐานของคุณธรรม จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม ทั้งนี้ในปัจจุบันรัฐบาลไทยมีการเผยแพร่ความรู้เชิงวิชาการและสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อทำการศึกษาค้นคว้าอย่าง จริงจังบ้างแล้ว เนื่องจากปัจจัยด้านสังคมและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงของภาคเศรษฐกิจ แต่ก็ยังมีประชากรจำนวนม่น้อยซึ่งยังไม่เข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้อง หรือ รับทราบถึงการส่งเสริมการศึกษาเกี่ยวกับพืชกัญชาในเชิงพืชสมุนไพรจากองค์กรภาครัฐ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ผู้ค้นคว้าสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมของประชากรในเขตพื้นที่ตำบลบ้านดู่ที่มีต่อพืช กัญชา[4]

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยความรู้และทัศนคติการใช้กัญชาทางการแพทย์ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย การวิจัยครั้งนี้เป็นรูปแบบการศึกษาเชิงพรรณนา ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่งแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Study)

พื้นที่เป้าหมาย

ประชากร

ประชากรคือประชากรในตำบลบ้านดู่ ที่อายุแต่18ปีขึ้นไป–65ปีบริบูรณ์ฯ(จำนวน10,047คน)

กลุ่มตัวอย่าง

คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรTaro Yamaneได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน399คนแต่เก็บจริง400คน

N = จำนวนประชากรตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย กลุ่มประชาชนทั่วไป จานวน 10,047คน n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 399

$$n = \frac{N}{1+Ne^{\wedge}2}$$

$$n = \frac{10,047}{1+(10,047x0.05x0.05)}$$

$$n = 399$$

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบสอบถามลงพื้นที่จริง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 9 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตร

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามทัศคติที่การใช้กัญชาทางการแพทย์ 13 ข้อ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า มี 5 ระดับ คือ เห็นด้วยด้วยมากที่สุดเท่ากับ 5 เห็นด้วยมากเท่ากับ 4 เห็นด้วยปานกลางเท่ากับ 3 เห็นด้วยน้อยเท่ากับ 2 และเห็นด้วยน้อยที่สุดเท่ากับ 1 ใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับคะแนนของเบสท์ (Best, 1977) จำนวน 13 ข้อ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละโดยจำแนกตามระดับความรู้**ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์**จำนวน คน 400 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจ**ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์**อยู่ในระดับสูง จำนวน 400 คน (ร้อยละ100.0)

ตารางที่1 แสดงจำนวนและร้อยละโดยจำแนกตามระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์n=(400)

ระดับความรู้	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับต่ำ (≥3)	0	0.0
ระดับปานกลาง (4-6)	0	0.0
ระดับสูง (≥7)	400	100.0
รวม	**400**	**100.0**

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละโดยจำแนกตามระดับทัศนคติที่กลุ่มตัวอย่างประชาชนทั่วไปในตำบลบ้านดู่n=(400)

ระดับทัศนคติ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับต่ำ (≥31)	5	1.3
ระดับปานกลาง (32-49)	301	75.3
ระดับสูง (≤50)	94	23.4
รวม	**400**	**100.0**

จากตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละโดยจำแนกตามระดับทัศนคติทกลุ่มตัวอย่างมีกลุ่มประชาชนทั่วไปในตำบลบ้านดู่จำนวน 400 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติระดับปานกลาง จำนวนคน301 (ร้อยละ75.1) รองลงมามีทัศนคติระดับสูง จำนวน94 คน (ร้อยละ23.4) และน้อยที่สุดอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 5 คน (ร้อยละ1.3)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์)n=(400

ปัจจัยส่วนบุคคล	การใช้กัญชาทางการแพทย์		x^2	P-Value
	เคย (จำนวน)	ไม่เคย (จำนวน)		
เพศ			**0.97**	**0.364**
ชาย	107	115		
หญิง	77	101		
อายุ			**0.1**	**0.822**
18-41	53	71		
30-41	63	73		
42-53	45	48		
54-65	23	24		
ระดับการศึกษา			**4.16**	**0.252**
ไม่ได้ศึกษา	8	3		
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	41	43		
ปวส./อนุปริญญา	62	84		
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	73	86		
สถานภาพสมรส			-	**0.952**

โสด	99	120		
สมรส	83	93		
หย่า/แยกกันอยู่	2	2		
หม้าย	0	1		
อาชีพ			**10.72**	**0.098**
ไม่มีอาชีพ	8	4		
เกษตรกรรม	29	21		
รับจ้างทั่วไป	15	27		
ค้าขาย	41	40		
ธุรกิจส่วนตัว	49	60		
นักเรียน/นักศึกษา	13	13		
อื่นๆ	29	51		
ที่อยู่อาศัย			-	**0.231**
บ้านตนเอง	148	179		
หอพัก/คอนโดมิเนียม	35	32		
บ้านเช่า/ห้องแถว	1	5		
อื่นๆ	0	0		
ศาสนา/ความเชื่อ			-	**1.00**
ศาสนาพุทธ	181	3		
ศาสนาคริสต์	212	4		
ศาสนาอิสลาม	0	0		
นับถือบรรพบุรุษ	0	0		
อื่นๆ	0	0		
รายได้เฉลี่ย			-	**0.090**
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ15,000	96	103		
15,000-20,000	69	78		
20,001-30,000	19	29		
30,001-40,000	0	6		
มากกว่า40,000ขึ้นไป	0	0		

*ระดับนัยสำคัญทาสถิติ.05

จากตารางที่3 ผลวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลต่อการใช้กัญชาทางการแพทย์พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

4.บทสรุป

การวิจัยเรื่อง ความรู้ และทัศนคติการใช้กัญชาทางการแพทย์ ในตำบลบ้านดู่ อำเภอเมืองจังหวัดเชียงราย ในการศึกษาความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ และทัศนคติที่มีเกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์ จาก

ประชาชนทั่วไป ความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้ ความเข้าใจ กับการใช้กัญชาทางการแพทย์และความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ของประชาชนทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่18ถึง65ปีจำนวน 400 คนผู้วิจัยขอนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. การศึกษา ปัจจัยส่วนบุคคล กับการใช้กัญชาทางการแพทย์ ของประชาชนทั่วไป ในตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย ประชาชนทั่วไป ส่วนใหญ่ ที่เคยใช้กัญชาทางการแพทย์ จะเป็นเพศชาย และประชาชนส่วนใหญ่ไม่เคยใช้ผลิตภัณฑ์กัญชาทางการแพทย์คิดเป็น ร้อยละ54.0 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย[5] หมายถึง ปัจจัยส่วนบุคคลประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับ การศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน และสถานภาพการสมรส ลักษณะส่วนบุคคลเป็นลักษณะที่ สำคัญ ที่สามารถช่วยในการกำหนดความต้องการ กลุ่มเป้าหมาย การบริโภค บริการ และอื่นๆ ทั้งนี้ประชาชนยังคิดว่า กัญชายังไม่ถูกปลดล็อค และไม่ถูกกฎหมาย จึงทำให้ประชาชนส่วนใหญ่ยังไม่เคยใช้กัญชาในการรักษา และทางการแพทย์

2. การศึกษา ความรู้ กับการใช้กัญชาทางการแพทย์ ของประชาชนในตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย อยู่ใน ระดับมาก ประชาชนส่วนใหญ่ ในตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย มีความรู้และความเข้าใจ เกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ[6] ศึกษาผลTHC ต่อเซลล์มะเร็งท่อน้ำดี (cholangio carcinoma cell) พบว่า สาร THC ในบนาดต่ำๆ 20-40 ไมโครโมล ยับยั้งการสร้างเซลล์มะเร็ง และในขนาดสูง 40-100 ไมโครโมล สามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ในชุมชนมีการตั้งของโรงงานกัญชา ในพื้นที่ รวมถึงการประชาสัมพันธ์จากสื่อ หรือข่าวสารต่างๆ จึงทำให้ประชาชนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสรรพคุณและฤทธิ์ของพืชกัญชา

3.การศึกษา ทัศนคติกับการใช้กัญชาทางการแพทย์ของประชาชน ในตำบลบ้านดู่ จังหวัดเชียงราย จากอยู่ใน ระดับปานกลาง อาจเนื่องจากความไม่ชัดเจนของกฎหมาย รูปแบบการใช้งาน หรือการออกฤทธิ์ของกัญชาจึงทำให้ประชาชนไม่มั่นใจ หรือยังไม่กล้าใช้กัญชา เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ[7] ได้กล่าวไว้ว่า ทัศนคติเป็นอารมณ์ความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ ของบุคคล ไม่ได้มีมาตั้งแต่เกิด อาจมีความความโน้มเอียง ตามสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น หรือพบเจอในขณะนั้น ซึ่งทัศนคติสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยการเปลี่ยนความเชื่อเดิมที่มีอยู่ ความเชื่อเปลี่ยนได้โดยการรับข้อมูลใหม่ๆ หากมีการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารที่เป็นจริง ให้ประชาชนได้รับทราบ มิใช่การโฆษณาชวนเชื่อ จะทำให้ประชาชนได้รับข้อมูลใหม่ๆเกิดการคิดอย่างมีสติและเหตุผลจะส่งผลถึงความเชื่อและการเปลี่ยนแปลงทัศคติในที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะประชาชนในชุมชน ยังคงรู้สึกว่า กัญชาเป็นสารเสพติด เมื่อใช้แล้วจะมีความต้องการ ในการใช้ในปริมาณที่มากขึ้น และมีโอกาสทำให้เสพติดได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์กรมโนจันทร์เพ็ญ.(2561).กัญชาถูกกฎหมายซื้อและบริโภคได้ที่ไหนบ้าง.สืบค้นจาก https://thestandard.co/where-is-marijuana-legal/.

[2] ผกาทิพย์ รื่นระเริงศักดิ์ .(2562) .กัญชากับการรักษาโรค.สืบค้นจาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/453/กัญชา./สำนักงาน

[3] ปลัดกระทรวงสาธารณสุข .(2562) .คู่มือแนวทางการพัฒนาระบบบริการสุขภาพ. Service Plan สาขาการใช้กัญชาทางการแพทย์ .กรุงเทพมหานคร :กองบริหารการสาธารณสุข.

[4] สำนักงานสถิติแห่งชาติ .(2563) . จำนวนประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามอายุ เพศ และจังหวัด

[5] กัญชาทางการแพทย์ .(2562).การน ากัญชามาใช้ทางการแพทย์อย่างเหมาะสม. สืบค้นจาก https://www.กัญชาทางการแพทย์.com/2019/04/Medical-use-of-Cannabis.html.

[6] นุศราพร เกษสมบูรณ์ และ วีรยา ถาอุปชิต รพ.ราชวิถี พ.ศ.2560 ศึกษาความรู้ทั่วไปของการใช้กัญชา กรุงเทพธุรกิจ . (2562) .กรมแพทย์แผนไทยฯ ขยับลงนามแหล่งปลูกกัญชา 5จังหวัด 4 ภูมิภาค. สืบค้นจาก https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/836975

[7] กองบรรณาธิการ HONESTDOCS. (2562). กัญชาคืออะไร. สืบต้นเมื่อวัน ธันวาคม6,2562. จาก https://www.honestdocs.co/what-is-caabi-dica เมดไทย. (2560).

การบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ถ่านกัมมันต์เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล

Dye decolorization by photocatalytic process using titanium dioxide coated activated carbon as catalyst and Micro/Nanobubble aeration

ณิชารีย์ เอกชาตรี[1] ธรรมศักดิ์ โรจน์วิรุฬห์[1*] อรวรรณ โรจน์วิรุฬห์[1] และ สัญญา สิริวิทยาปกรณ์[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]Email: thammasak@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านกัมมันต์เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ (AC/TiO_2) ในกระบวนการโฟโตคะตะลิติก โดยทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกในถังปฏิกรณ์แบบแบทช์ที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2, UVA และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการโฟโตคะตะลิติกด้วยการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล (Micro/Nanobubbles, MNBs) ซึ่งดำเนินการทดลองอย่างเป็นระบบภายใต้สภาวะการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) ของสีย้อม Indigo Carmine (IC) และเปรียบเทียบกับสภาวะการควบคุมต่างๆ โดยประเมินประสิทธิภาพบำบัดสีย้อมของกระบวนการโฟโตคะตะลิติกที่มีการเติมอากาศขนาด MNBs (AC/TiO_2+UVA+MNBs) และไม่มีการเติมอากาศขนาด MNBs (AC/TiO_2+UVA) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเติมอากาศขนาด MNBs สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม IC ของกระบวนการโฟโตคะตะลิติก ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม IC โดยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกสำหรับ AC/TiO_2+UVA+MNBs และ AC/TiO_2+UVA เท่ากับ 69.06%, 42.47% ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 10 µM ในส่วนของจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการบำบัดสีย้อม IC สามารถอธิบายโดยแบบจำลองจลนศาสตร์ของ Langmuir-Hinshelwood เมื่อเปรียบเทียบค่าคงที่อันดับปฏิกิริยาที่หนึ่งของการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก พบว่ากระบวนการโฟโตคะตะลิติกที่มีการเติมอากาศขนาด MNBs สูงกว่ากระบวนการโฟโตคะตะลิติกที่ไม่มีการเติมอากาศขนาด MNBs 1.28 เท่า

คำสำคัญ: อินดิโกคาร์มีน, การเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล, โฟโตคะตะลิติกออกซิเดชัน, เทคนิคโซล-เจล

Abstract

This research aimed to develop a hybrid titanium dioxide coated activated carbon (AC/TiO_2) as a photocatalyst for the photocatalytic process. The decolorization efficiency of the photocatalytic process was tested in a batch reactor with AC/TiO_2 with UVA. The efficiency of the photocatalytic process was enhanced by micro/nanobubbles aeration (MNBs). The experiments were systematically carried out under various combinations of the initial Indigo Carmine (IC) dye concentrations (C_0) and compared with the different control conditions. The dye degradation performances of the photocatalytic process with MNBs

(AC/TiO_2+UVA+MNBs) and without MNBs (AC/TiO_2+UVA) were evaluated. The results showed the MNBs could enhance the IC dye degradation efficiency of the photocatalytic process. The IC decolorization efficiencies of AC/TiO_2+UVA+MNBs and AC/TiO_2+UVA were 69.06% and 42.47%, respectively, at the initial IC dye concentration of 10 μM. The Langmuir-Hinshelwood kinetics model was used to describe the kinetics of the dye decolorization reaction of IC dyes. The pseudo first-order decolorization rate constants of the photocatalytic process with MNBs were 1.28 times higher than those without MNBs.

Keywords: Indigo carmine, Micro/Nanobubble, Photocatalytic oxidation process, Sol-Gel

1. บทนำ

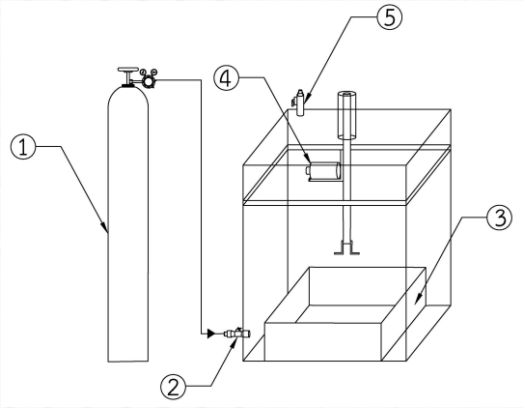
น้ำทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมจัดได้ว่าเป็นแหล่งน้ำทิ้งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อุตสาหกรรมฟอกย้อมจัดว่าเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการปล่อยระบายน้ำเสียออกจากกระบวนการผลิต ซึ่งมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์และโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียที่ปล่อยระบายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องบำบัดน้ำเสียดังกล่าวก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยผ่านกระบวนการบำบัดที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์และสารกลุ่มโลหะหนักเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทางน้ำ [1-3] ทั้งนี้กระบวนการโฟโตคะตะลิติกเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีศักยภาพสูงสามารถประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมได้เป็นอย่างดีโดยกระบวนการดังกล่าวจะเป็นกระบวนการที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับแสงอาทิตย์หรือแสงที่มีความเข้มแสงมากเพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาซึ่งผลิตภัณฑ์หลักที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าว ได้แก่ ออกซิเจนอะตอมเดี่ยว ($^1O_2$), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2), ไฮดรอกซิลเรดิคอล (•OH) และซูเปอร์ออกไซด์เรดิคอล (O_2^-) ซึ่งมีความสามารถในการออกซิไดซ์สารปนเปื้อนต่างๆ ได้เป็นอย่างดี [4-6] สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ที่มีคุณสมบัติทั้งในส่วนของการดูดติดผิวและสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นอย่างดีโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงหลอด UVA ที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 1,250 μW.cm^{-2} ทำการทดลองในถังปฏิกรณ์แบบแบทช์ โดยมีการเติมอากาศขนาด MNBs เพื่อสร้างสภาวะที่มีออกซิเจนละลายในปริมาณมากก่อนจะเริ่มกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ทำได้โดยชุบเคลือบสารละลายตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2 ที่เตรียมขึ้นด้วยเทคนิคโซล-เจลซึ่งเตรียมจากสารตั้งต้นไทเทเนียมเตตระไอโซโพรพรอกไซด์ (TTIP) ต่อตัวทำละลายไอโซโพรพานอล (C_3H_8O) ด้วยอัตราส่วนโดยปริมาตรเท่ากับ 1:15 ปรับ pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 2-3 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl) และกวนผสมสารละลายที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 hr และไล่ออกซิเจนด้วยแก๊สไนโตรเจนตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 hr ในตู้ที่มีการรักษาอุณหภูมิ 4 °C นำ AC ที่ผ่านการคัดขนาดโดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 (2.36 mm) และค้างตะแกรงเบอร์ 10 (2.00 mm) นำไปแช่กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่มีความเข้มข้น 20% เป็นเวลา 24 hr แล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water, DI) จนกระทั่งน้ำที่ล้างไม่มีสิ่งเจือปน จากนั้นนำ AC ไปล้างด้วยน้ำที่เติมอากาศขนาด MNBs ให้ pH เท่ากับ 7 สำหรับขั้นตอนในการชุบเคลือบ นำ AC มาชุบเคลือบด้วยสารละลาย TiO_2 ด้วยอุปกรณ์ชุบเคลือบดังแสดงในภาพที่ 1 โดยใช้ความเร็วในการชุบเคลือบเท่ากับ 5 mm.min^{-1} ชุบเคลือบในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนภายในอุปกรณ์ชุบเคลือบโดยไล่ออกซิเจนด้วยแก๊สไนโตรเจน หลังจากการชุบเคลือบ นำ AC มาอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 hr ทำการชุบเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งหมด 3 รอบ หลังจากนั้นนำ AC ที่ผ่านการชุบเคลือบไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 2 hr และปล่อยตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

ให้เย็นในเตาเผาเป็นเวลา 1 hr แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้ดูดความชื้นก่อนนำไปใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการโฟโตคะตะลิติกต่อไป



1. ถังแก๊สไนโตรเจน
2. วาล์วทางเข้าของแก๊สไนโตรเจน
3. สารละลายตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2
4. มอเตอร์ไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำ
5. วาล์วระบายอากาศ

ภาพที่ 1 อุปกรณ์ Dip coating

2.2 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

สำหรับพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพของพื้นผิว องค์ประกอบของธาตุบนพื้นผิว ขนาดพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตรและขนาดรูพรุนบนพื้นผิวของ AC และตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ซึ่งมีรายละเอียดวิธีวิเคราะห์และเครื่องมือวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของ AC และตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

พารามิเตอร์	อุปกรณ์วิเคราะห์	ผู้ผลิต
1. ลักษะทางกายภาพของพื้นผิวของ AC และตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2	Scanning electron microscope: SEM	JEOL Electron Microscope : SEM model JSM-5410LV
2. องค์ประกอบของธาตุบนพื้นผิวของ AC และตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2	X-Ray Fluorescence (XRF)	Oxford Energy Dispersive X-ray Spectrometer: EDS model INCA-350
3. ขนาดพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตรและขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2	Brunauer-Emmett-Teller Method (BET Surface Area)	Quantachrome: model Autosorb-1

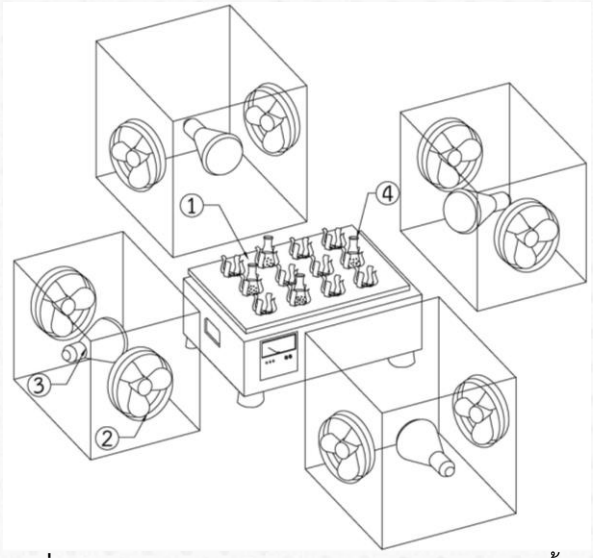
2.3 การประเมินประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

การประเมินประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติก โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อม IC ที่เตรียมขึ้นโดยเจือจางให้สีมีความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 10, 25, 50, 75 และ 100 µM ด้วยน้ำ DI ที่มีการเติมอากาศขนาด MNBs ด้วยเครื่องอัดอากาศ RMUTT-MNBs model MCH-505S ที่สามารถสร้างฟองอากาศขนาด MNBs โดยอัดอากาศผ่านหัวฉีด (Nozzle) ที่มีอัตราการไหลของน้ำสูงสุด 20-80 $L.min^{-1}$ และแรงดัน 220–230 kPa เป็นเวลา 15 min ดังแสดงภาพที่ 2 ซึ่งมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) เริ่มต้นเท่ากับ 10-12 $mg.L^{-1}$ ทำการทดลองในถังปฏิกรณ์แบบแบทช์ แสดงดังภาพที่ 3 ขณะทำการทดลองให้แสง UVA ที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 1,250 $\mu W.cm^{-2}$ ตลอดการทดลอง จากนั้นเริ่มเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 10, 30, 60, 90, 120 และ 180 min ตามลำดับ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสี IC ในน้ำเสียสังเคราะห์ตลอดการทดลอง และนำไปหาประสิทธิภาพการบำบัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์ โดย

นำไปทดสอบค่าการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยอุปกรณ์ Spectrophotometer รุ่น Single Monochrome Type U-3900 และทำการทดลองในชุดทดลองที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ร่วมกับแหล่งกำเนิดแสง UVA และการเติมอากาศขนาด MNBs เปรียบเทียบกับชุดทดลองในสภาวะควบคุม 6 ชุด ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการทดลองในสภาวะต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องเติมอากาศขนาด MNBs



1. เครื่องเขย่าสาร
2. พัดลมระบายอากาศ
3. แหล่งกำเนิดแสง
4. ขวดทดลองบรรจุสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์กับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

ภาพที่ 3 ถังปฏิกรณ์แบบแบทช์สำหรับการบำบัดสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์กระบวนการโฟโตคะตะลิติก

ตารางที่ 2 ชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	AC	AC/TIO_2	UVA	MNBs
ชุดทดลอง	✗	✓	✓	✓
ชุดควบคุมที่ 1	✗	✓	✓	✗
ชุดควบคุมที่ 2	✗	✓	✗	✓
ชุดควบคุมที่ 3	✓	✗	✓	✓
ชุดควบคุมที่ 4	✓	✗	✓	✗
ชุดควบคุมที่ 5	✓	✗	✗	✓
ชุดควบคุมที่ 6	✓	✗	✗	✗

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 เปรียบเทียบกับลักษณะทางกายภาพของพื้นผิว AC ด้วยอุปกรณ์ SEM ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะพื้นผิวของ AC และตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ลักษณะกายภาพโดยอุปกรณ์ดังกล่าวแม้ว่าสามารถสังเกตเห็นผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยา TiO_2 แต่ด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์ยังทำให้ไม่สามารถยืนยันองค์ประกอบธาตุบนพื้นผิวของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของพื้นผิว (ก) AC, (ข) ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

3.2 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ ขนาดพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตรและขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

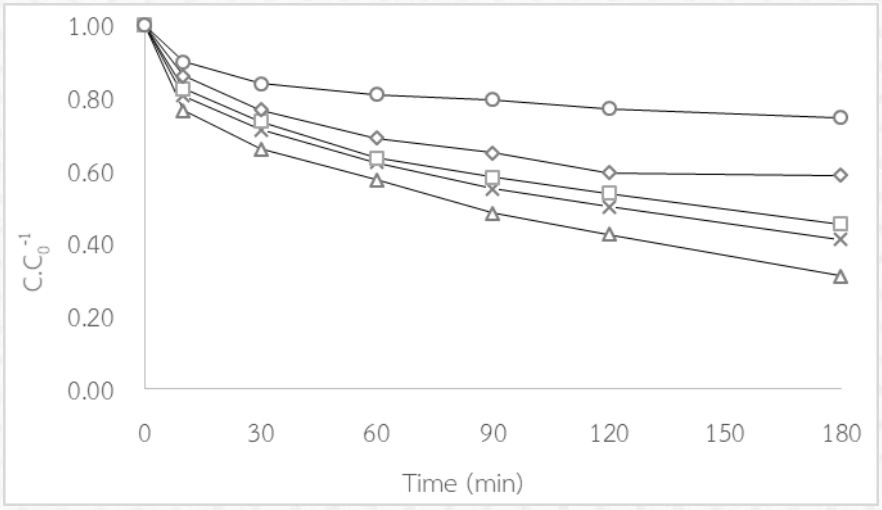
เนื่องจากข้อจำกัดทางอุปกรณ์ SEM ดังที่กล่าวไปเบื้องต้นส่งผลให้จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุบนพื้นผิวของตัวอย่างเพื่อพิสูจน์ว่ามีการเคลือบสารละลาย TiO_2 บนพื้นผิวของ AC ด้วยอุปกรณ์ XRF โดยผลจากการวิเคราะห์พบว่าสามารถเคลือบสารละลาย TiO_2 บนพื้นผิวของ AC โดยมีองค์ประกอบของธาตุ Ti ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ในประมาณ 0.74% โดยน้ำหนัก ส่วนการวิเคราะห์ขนาดพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตรและขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ด้วยด้วยอุปกรณ์ BET เพื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของ AC ที่เปลี่ยนไปในแง่ของพื้นที่ผิวเฉพาะ ปริมาตรและขนาดรูพรุน พบว่าขนาดพื้นผิวเฉพาะปริมาตรและขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 มีค่าลดลงเนื่องจากโครงสร้างของ TiO_2 เกิดการทับซ้อนกันบนพื้นผิวภายนอกและภายในรูพรุนของ AC แสดงให้เห็นว่าสามารถเคลือบสารละลาย TiO_2 บนพื้นผิวของ AC [7-8]

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ ขนาดพื้นผิวเฉพาะ ปริมาตรและขนาดรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2

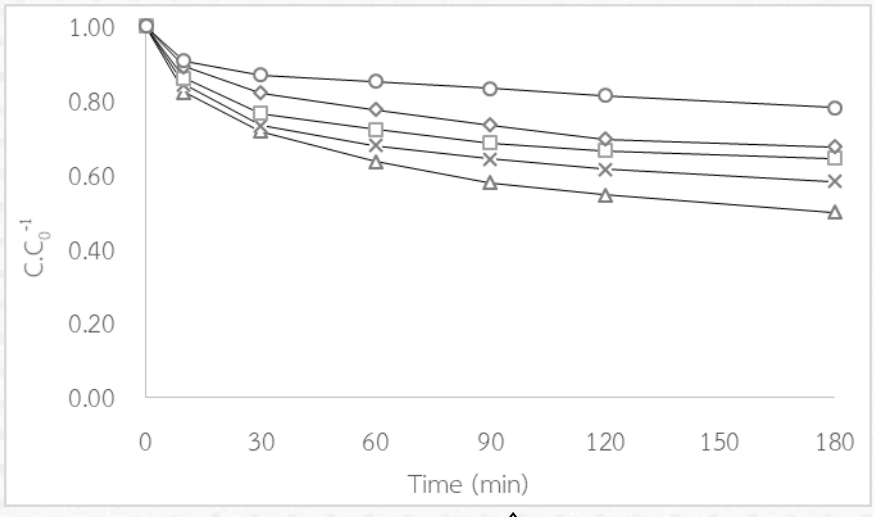
ตัวเร่งปฏิกิริยา	องค์ประกอบธาตุ				ขนาดพื้นผิวเฉพาะ ($m^2.g^{-1}$)	ปริมาตรรูพรุน ($mL.g^{-1}$)	ขนาดรูพรุน (Å)
	C	SI	TI	O			
AC	27.26	0.40	-	72.54	1.981×10^{2}	1.832×10^{-1}	6.235×10^{1}
AC/TiO_2	26.83	0.21	0.74	72.21	1.603×10^{2}	1.704×10^{-1}	4.253×10^{1}

3.3 การหาประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

ในการทดลองหาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม IC ในน้ำเสียสังเคราะห์ในชุดทดลอง (AC/TiO_2+UVA+MNBs) และชุดควบคุมที่ 1 (AC/TiO_2+UVA) โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสีย้อม IC ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาขณะทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 5 และ 6 พบว่าความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม IC 10, 25, 50, 75 และ 100 µM มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 10 นาทีแรก เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 มีพื้นผิวและรูพรุนที่สะอาดทำให้ปฏิกิริยาการดูดติดผิวของสีย้อม IC กับตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 เกิดขึ้นได้ดี [9,10] นอกจากนี้เมื่อพิจารณาสภาวะการทดลองที่กำหนดให้มีการเติมอากาศขนาด MNBs พบว่าการลดลงของความเข้มข้นของสีย้อม IC ในชุดทดลองมีค่ามากกว่าชุดควบคุมที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการเติมอากาศขนาด MNBs ช่วยสนับสนุนกระบวนการโฟโตคะตะลิติกในการการย่อยสลายสีย้อม IC โดยสามารถส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ได้ดียิ่งขึ้น [11-13]



ภาพที่ 5 ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม IC กับความเข้มข้นที่เวลานั้นๆ ของชุดการทดลอง (AC/TiO_2+UVA+MNBs)



ภาพที่ 6 ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม IC กับความเข้มข้นที่เวลานั้นๆ ของชุดการทดลอง (AC/TiO_2+UVA)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม IC ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกที่มี AC/TiO_2 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับการเติมอากาศขนาด MNBs พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม IC ในสภาวะที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับแสง ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าชุดทดลองมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการบำบัดน้ำเสียสีย้อม IC เท่ากับ 69.09% และชุดควบคุมที่ 1 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสีย้อม IC เท่ากับ 50.22% ตามลำดับ และเมื่อนำผลการทดลองดังกล่าวเปรียบเทียบกันระหว่างการทดลองในชุดทดลองกับชุดควบคุมที่ 1 พบว่า ชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม IC เพิ่มมากขึ้นจากชุดควบคุมที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด รวมถึงปริมาณของ DO เริ่มต้นก่อนเข้ากระบวนการโฟโตคะตะลิติกมีค่าเท่ากับ 10.14 $mg.L^{-1}$ เมื่อเข้ากระบวนการดังกล่าวแล้วปริมาณ DO สุดท้ายอยู่ที่ 6.25 $mg.L^{-1}$ แสดงให้เห็นว่าในกระบวนการโฟโตคะตะลิติกมีการใช้ O_2 เป็นตัวส่งเสริมให้เกิด •OH และ $•O_2^-$ ซึ่ง •OH และ $•O_2^-$ เป็นตัวออกซิไดซ์ที่สามารถย่อยสลายสารปนเปื้อนได้ดี เมื่อมีการเติมอากาศขนาด MNBs ในกระบวนการโฟโตคะตะลิติกจะช่วยสนับสนุนให้เกิด •OH และ $•O_2^-$ ส่งผลให้เกิดการออกซิไดซ์เพิ่มขึ้น ดังสมการที่ (1)-(3) [14-17] ส่วนในสภาวะที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับแสง ได้แก่ ชุดควบคุมที่ 2 (AC/TiO_2+MNBs) ชุดควบคุมที่ 3 (AC+UVA+MNBs) และชุดควบคุมที่ 4 (AC+UVA) ชุดควบคุมที่ 5 (AC+MNBs) ชุดควบคุมที่ 6 (AC) มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการบำบัดน้ำเสียสีย้อม IC ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 1.57%-41.36% ซึ่งชุดควบคุมดังกล่าวเป็นชุดควบคุมในสภาวะที่ไม่มีการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก แต่จะเกิดปฏิกิริยาการดูดซับเนื่องจากมี AC เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยา ซึ่ง AC มีคุณสมบัติในการดูดซับเพราะขนาดพื้นผิว และปริมาตรรูพรุนจำนวนมาก [18-20] โดยมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ 1-6 ในการบำบัดสีย้อม IC ดังแสดงในภาพที่ 7

สำหรับชุดควบคุมที่ 2 (AC/TiO_2+MNBs) มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม IC เท่ากับ 54.78% ซึ่งมีค่าสูงเป็นลำดับที่ 3 จากสภาวะที่มีการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก (ชุดทดลอง และชุดควบคุมที่ 1 ตามลำดับ) ซึ่งชุดควบคุมที่ 2 ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสง UVA ทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก แต่ชุดควบคุมดังกล่าวมีตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ร่วมกับการเติมอากาศ MNBs อาจทำให้เกิดกลไกบางอย่างที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) จากการเติมอากาศขนาด MNBs ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยาบางอย่างบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 และช่วยส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมเช่นกัน

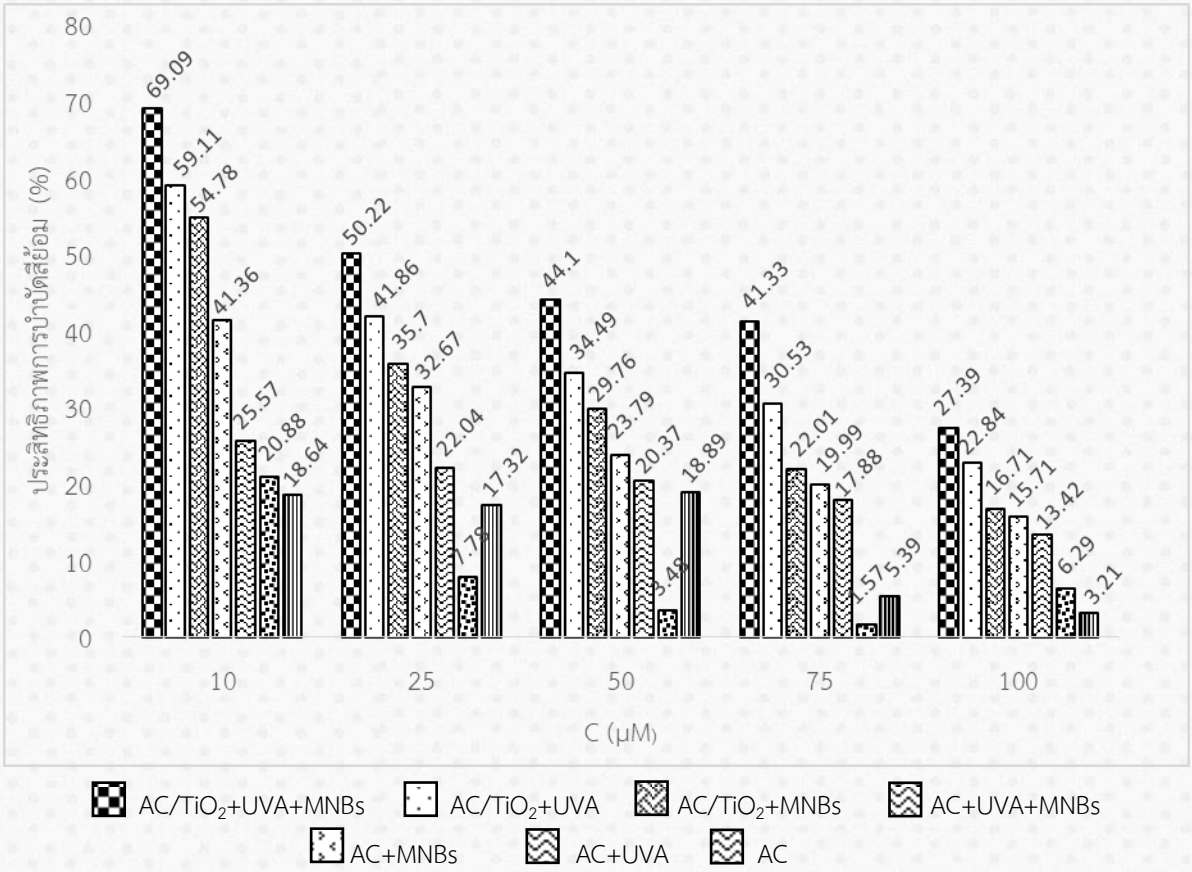
$$TiO_2 + hv \longrightarrow e^- + h^+ \quad (1)$$

$$h^+ + H_2O \longrightarrow •OH \quad (2)$$

$$O_2 + e^- \longrightarrow •O_2^{-1} \quad (3)$$

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม IC ของชุดทดลอง และชุดควบคุมที่ 1

ความเข้มข้น (μm)	ประสิทธิภาพการบำบัดเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2	
	ประสิทธิภาพการบำบัด ± SD (n = 3)	
	ชุดทดลอง	ชุดควบคุมที่ 1
10	69.06±0.10	50.22±0.84
25	61.55±0.37	42.35±0.30
50	55.53±0.21	36.66±0.24
75	37.93±0.05	32.67±0.02
100	25.27±0.10	21.31±0.12



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม IC ในสภาวะที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 7เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม IC ในสภาะที่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม IC ในชุดทดลองมีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนชุดควบคุมที่ 1- 6มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม IC ลดลงตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม IC พบว่า ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นมีค่าต่ำแสดงให้เห็นการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกได้เป็นอย่างดี เนื่องจากในสภาวะดังกล่าวความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม IC ส่งผลต่อการส่องผ่านของแสง UVA ที่เป็นปัจจัยหลักที่สามารถกระตุ้นให้ e^- เคลื่อนที่เข้าสู่แถบการกระตุ้นและเกิด h^+ ในแถบเวเลนซ์ซึ่งเป็นกลไกหลักของการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก หากความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมมีค่าสูงมากจะทำให้แสง UVA ส่องผ่านไปยังตัวเร่งปฏิกิริยาได้ยากขึ้นทำให้การเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกเกิดได้ยากขึ้น [21-22] นอกจากนี้เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม IC มีค่าสูงส่งผลกระทบต่อพื้นผิวที่เกิดปฏิกิริยา)Active site(เนื่องจากโมเลกุลของสีย้อม IC เข้าไปเกาะบนพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TIO_2 มากเกินไป ส่งผลให้เกิดการแข่งขันในพื้นที่การเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกบนพื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TIO_2 ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเกิด •OH และ $•O^{2-}$ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่ดี โดยเป็นข้อจำกัดของการเกิดปฏิกิริยา (Reaction limit rate) [23-24]

3.4 จลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

ในส่วนของการหาจลนพลศาสตร์ของการบำบัดน้ำสีย้อม IC ใช้สมการ Langmuir Hinshelwood (L-H) ในการอธิบายกลไกการเกิดกระบวนการโฟโตคะตะลิติกจากสมการที่ (1) และ (2) โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยากับความเข้มข้นของสีย้อม IC ของชุดทดลอง และชุดควบคุมที่ 1 ดังรูปที่ 8 และ 9 ตามลำดับ

$$-\frac{dC}{dt} = \frac{kKC}{(1+KC)} \quad (1)$$

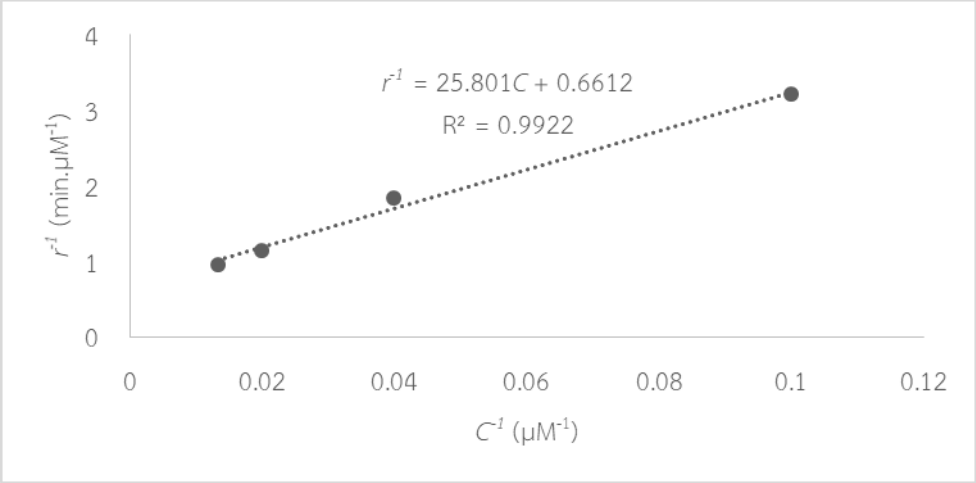
$$\frac{1}{r} = \frac{1}{kKC} + \frac{1}{k} \quad (2)$$

r = อัตราการเกิดปฏิกิริยา ($\mu M \cdot min^{-1}$)

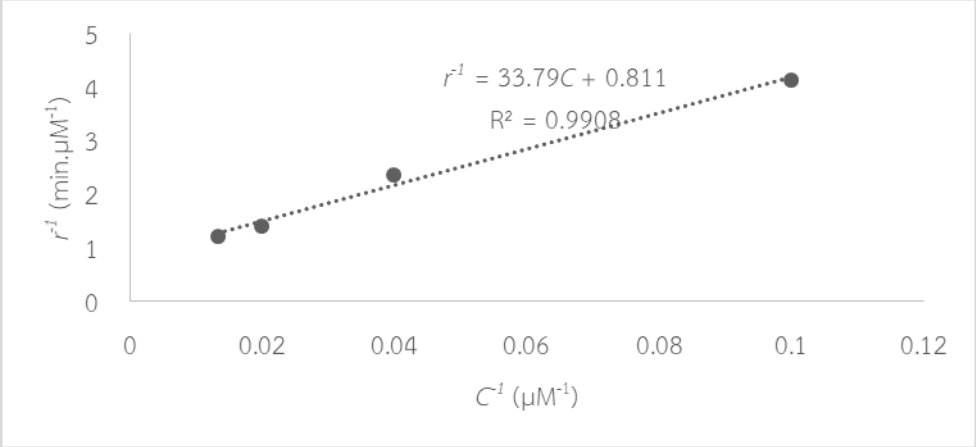
C = ความเข้มข้นของสี (μM)

k = ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา ($\mu M \cdot min^{-1}$)

K = ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาดูดติดผิว (μM^{-1})



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง r_0^{-1} กับ C^{-1} สำหรับสีย้อม IC ของชุดทดลอง



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง r_0^{-1} กับ C^{-1} สำหรับสีย้อม IC ของชุดควบคุมที่ 1

จากรูปที่ 8 และ 9 สามารถหาค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก (k) ของชุดทดลอง เท่ากับ 1.512 $\mu M.min^{-1}$ และชุดควบคุมที่ 1 เท่ากับ 1.233 $\mu M.min^{-1}$ รวมทั้งค่าคงที่ในปฏิกิริยาดูดติดผิว (K) ของชุดทดลอง เท่ากับ 0.025 μM^{-1} และชุดควบคุมที่ 1 เท่ากับ 0.024 μM^{-1} เมื่อพิจารณาค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก พบว่าการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว

ในชุดทดลองมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าชุดควบคุมที่ 1 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าคงที่ดังกล่าวกับงานวิจัยอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกกับงานวิจัยอื่น

ตัวเร่งปฏิกิริยา	สี	k, μM·min^{-1}	K, μM^{-1}	kK, min^{-1}	เอกสารอ้างอิง
AC/TiO_2	IC	1.512	0.025	3.78×10^{-2}	งานวิจัยนี้
TiO_2	IC	-	-	1.67×10^{-2}	[25]
TiO_2	IC	-	-	5.08×10^{-2}	[26]

จากตารางที่ 8 แสดงถึงการเปรียบเทียบค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น พบว่าค่าคงที่ในการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ซึ่งค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกอยู่ในช่วง 10^{-2} min

4. บทสรุป

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกที่มีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC/TiO_2 ร่วมกับการเติมอากาศขนาด MNBs เมื่อทำการเปรียบเทียบผลของชุดทดลอง และชุดควบุมที่ 1 พบว่าชุดทดลอง มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม IC ที่ความเข้มข้นต่ำสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 69.06% ซึ่งประสิทธิภาพมากกว่าชุดควบคุมที่ 1 ถึง 1.168 เท่า ส่วนในแง่จลนพลศาสตร์กระบวนการโฟโตคะตะลิติกที่มีการเติมอากาศขนาด MNBs มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่ากระบวนการโฟโตคะตะลิติกที่ไม่มีการเติมอากาศขนาด MNBs 1.28 เท่าเนื่องจากการเติมอากาศขนาด MNBs เป็นตัวช่วยส่งเสริมให้เกิด •OH และ $\bullet O_2^-$ ในปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก เมื่อมีการเกิด เกิด •OH และ $\bullet O_2^-$ เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้สามารถย่อยสลายสีย้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และบริษัท กรีน ซัสเทนอะบิลิตี้ คอนเซ้าท์แทนท์ จำกัด ที่ให้ความสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือทดสอบ และอุปกรณ์สำหรับการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ให้สามารถทำงานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ

6. เอกสารอ้างอิง

[1]. S. Mani, P. Chowdhary, R. N. Bharagava. Textile Wastewater Dyes: Toxicity Profile and Treatment Approaches. Emerging and Eco-Friendly Approaches for Waste Management. (2019)219–244.

[2]. S. Suresh. Treatment of textile dye containing effluents. *Journal of Current Environmental Engineering*. 1(2015)162-184.

[3]. V. Katheresan, J. Kansedo, S. Y. Lau. Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: a review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 6(2018)4676-4697.

[4]. R. Pobletea, E. Cortesa, G. Salihoglub, N. K. Salihoglub. Ultrasound and heterogeneous photocatalysis for the treatment of vinasse from pisco production. *Journal of Ultrasonics Sonochemistry*. 61(2019)104825.

[5]. M. Hussein Abdurahman, A. Z. Abdullah, N. F. Shoparwe. A comprehensive review on sonocatalytic, photocatalytic, and sonophotocatalytic processes for the degradation of antibiotics in water: synergistic mechanism and degradation pathway. Journal of Chemical Engineering. (2020).

[6]. J. J. Rueda-Marquez, I. Levchuk, P. Fernández Ibañez, M. Sillanpää. A critical review on application of photocatalysis for toxicity reduction of real wastewaters. *Journal of Cleaner Production*. 258(2020)120694.

[7]. N. M. Zain, C. M. Lim, A. Usman, N. Keasberry, R. Thotagamuge, A. H. Mahadi. Synergistic effect of TiO_2 size on activated carbon composites for ruthenium N-3 dye adsorption and photocatalytic degradation in wastewater treatment. *Journal of Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 16(2021)100567.

[8]. M. Vedichi, S. Mani. Enhanced microwave and photocatalytic decomposition of synthetic lignin wastewater by TiO_2 nanoparticles coated on activated carbon. *Journal of Materials Today: Proceedings*. 47(2021)800-806.

[9]. M. Padminia, T. Balaganapathia, P. Thilakan. Rutile-TiO_2. post heat treatment and its influence on the photocatalytic degradation of MB dye. *Journal of Ceramics International*. 48(2022)16685-16694.

[10]. N. Aliaa Razali, S. Amira Othman. Sol-gel technique in study of titanium dioxide (TiO_2) photocatalytic activity-a short review. *Journal of Materials Today: Proceedings*. (2022).

[11]. G. S. Arcanjo, A. H. Mounteer, C. R. Bellato. Heterogeneous photocatalysis using TiO_2 modified with hydrotalcite and iron oxide under UV-visible irradiation for color and toxicity reduction in secondary textile mill effluent. *Journal of Environ Manage*. 211(2018)154-163.

[12].M. Awaisa, S. Khursheeda, R. Tehreema, S., Y. SunMokb, G. U. Siddiqui. pH regulated rapid photocatalytic degradation of methylene blue dye via niobium-nitrogen co-doped titanium dioxide nanostructures under sunlight. *Journal of Applied Catalysis A: General*. 645(2022)118764.

[13]. P. Archana Rao, S. V. Satyanarayana. Improvement in photocatalytic activity of titanium dioxide nanoparticles through doping and calcination for textile wastewater treatment under visible light. *Journal of Materials Today: Proceedings*. 57(2022)1918-1923.

[14]. K. Sirirerkratana, P. Kemacheevakul, S. Chuangchote. Color removal from wastewater by photocatalytic process using titanium dioxide-coated glass, ceramic tile, and stainless steel sheets. *Journal of Cleaner Production*. 215(2019)123-130.

[15]. M. N. Chongab, Y. J. ChoaPhaik, P. E. Poh, B. Jin. Evaluation of titanium dioxide photocatalytic technology for the treatment of reactive Black 5 dye in synthetic and real greywater effluents. *Journal of Cleaner Production*. 89(2015)196-202.

[16]. A. Kumar. A review on the factors affecting the photocatalytic degradation of hazardous materials. *Journal of Material Science & Engineering International Journal.* 1(2017).

[17]. A. J. Haider, Z. N. Jameel, Imad H. M. Al-Hussaini. Review on: titanium dioxide applications. *Journal of Energy Procedia*. 157(2018)17-29.

[18]. G. Sethia, A. Sayari. Activated carbon with optimum pore size distribution for hydrogen storage. *Journal of Carbon*. 99(2016)289-294.

[19]. L. Li, F. Sun, Fei, J. Gao, L.Wang, X. Pi, G. Zhao. Broadening the pore size of coal-based activated carbon: via a washing-free chem-physical activation method for high-capacity dye adsorption. *Journal of RSC Advances*. 8(2018)14488-14499.

[20]. M. S. Reza, Ch. S. Yun, S.Afroze, N. Radenahmad, M.S. Abu Bakar, R. Saidur, J. Taweekun, A.K. Azad. Preparation of activated carbon from biomass and its' applications in water and gas purification, a review. *Journal of Basic and Applied Sciences*. 27(2020)208-238.

[21]. O. Rojviroon, T. Rojviroon. Photocatalytic process augmented with micro/nano bubble aeration for enhanced degradation of synthetic dyes in wastewater. *Journal of Water Resources and Industry*. 27(2022)100169.

[22]. U. G. Akpan, B. H Hameed. Parameters affecting the photocatalytic degradation of dyes using TiO_2-based photocatalysts: a review. *Journal of Hazardous Materials*. 170(2009)520-529.

[23]. S. Banerjee, A. Debnath, B. Allam, N. Musa. Adsorptive and photocatalytic performance of perovskite material for the removal of food dye in an aqueous solution. *Journal of Environmental Challenges*. 5(2021)100240.

[24]. R. Klaewkla, M. Arend, W. Hölderich. A review of mass transfer controlling the reaction Rrte in heterogeneous catalytic systems. United Kingdom. 29(2011).

[25]. M. Abdel-Messih, M. Ahmed, A. Soltan, S. Anis. Facile approach for homogeneous dispersion of metallic silver nanoparticles on the surface of mesoporous titania for photocatalytic degradation of methylene blue and indigo carmine dyes. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry.* 335(2016)01-11.

[26]. R. Oriol, L. Sirés, E. Brillas, A. De, R. Rodrigues. A hybrid photoelectrocatalytic/photoelectro-fenton treatment of Indigo carmine in acidic aqueous solution using TiO_2 nanotube arrays as photoanode. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 248(2019)113088.

ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านกัมมันต์เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เจือด้วยเงินร่วมกับการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล

Dye decolorization efficiency of photocatalytic process using hybrid AC/TiO_2 doped with Ag and Micro/Nanobubble aeration

ยุวดี ลีเลิศ[1] ธรรมศักดิ์ โรจน์วิรุฬห์[1*] อรวรรณ โรจน์วิรุฬห์[1] และ สัญญา สิริวิทยาปกรณ์[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]Email : thammasak@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีคุณสมบัติที่สามารถดูดติดผิวและเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีในกระบวนการโฟโตคะตะลิติก ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมขึ้นถูกเตรียมจากถ่านกัมมันต์เคลือบผิวด้วยถ่านกัมมันต์ (AC) เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เจือด้วยเงิน 0.1% ปริมาณโดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมรีแอคทีฟแบล็ค 5 (Reactive Black 5, RB5) ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมขึ้นในสภาวะที่มีการเติมและไม่มีการเติมอากาศขนาดไมโคร/นาโนบับเบิ้ล ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในสภาวะการทดลองที่ใช้ 0.1%AC/Ag-TiO_2 ที่มีและไม่มี MNBs ในกระบวนการโฟโตคะตะลิติกมีประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมที่ 81.76% และ 68.72% ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า MNBs สามารถเพิ่มศักยภาพของกระบวนการโฟโตคะตะลิติกได้ สำหรับจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการบำบัดสีย้อม RB5 อธิบายโดยแบบจำลอง Langmuir-Hinshelwood (LH) โดยมีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) และค่าคงที่สมดุลการดูดซับ (K) คือ 0.275 $\mu M \cdot min^{-1}$ และ 0.485 μM^1 ตามลำดับสำหรับสภาวะการทดลองที่ใช้ 0.1%AC/Ag-TiO_2 ที่มี MNBs ในกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

คำสำคัญ: การเติมอากาศไมโครนาโนบับเบิ้ล, โฟโตออกซิเดชัน, รีแอคทีฟแบล็ค 5, เทคนิคโซล-เจล

Abstract

This research aimed to prepare a photocatalyst with adsorption properties and good photocatalytic processes. The photocatalyst was prepared by coating activated carbon (AC) with titanium dioxide (TiO_2) with 0.1% silver doped by weight (0.1%AC/Ag-TiO_2). In addition, the degradation efficiency of Reactive Black 5 dye (RB5) in a synthetic wastewater was analyzed under the photocatalytic process using the prepared photocatalyst with and without micro/nanobubbles (MNBs) aeration. The results showed that the experimental conditions of the 0.1%AC/Ag-TiO_2 with and without MNBs in the photocatalytic

process have the degradation efficiency of 81.76% and 68.72%, respectively. The results can be concluded that MNBs can enhance the potential of the photocatalytic process. The Langmuir-Hinshelwood (LH) model was used to explained the kinetics of the degradation reaction of RB5 dye. The reaction rate constant (*k*) and the adsorption equilibrium constant (*K*) were 0.275 μM·min^{-1} and 0.485 μM^{-1}, respectively, for the experimental conditions of the 0.1%AC/Ag-TiO_2 with MNBs in the photocatalytic process..

Keywords: Micro/Nanobubble, Photo-oxidation process, Reactive Black 5, Sol-Gel

1. บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอและฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดอุตสาหกรรมหนึ่ง เนื่องจากอุตสาหกรรมดังกล่าวในกระบวนการผลิตมีการใช้น้ำและสารเคมีในกระบวนการฟอกย้อมเป็นส่วนสำคัญ [1] ส่งผลให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต เมื่อถูกปล่อยระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะยังคงมีปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยากในปริมาณมาก [2-4] ด้วยสาเหตุนี้ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ดังกล่าว เมื่อปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำส่งผลกระทบกับระบบนิเวศ และอาจจะเป็นสาเหตุของการสะสมสารพิษชนิดต่างๆ ในแหล่งน้ำ

สำหรับกระบวนการโฟโตคะตะลิติก (Photocatalytic process) เป็นกระบวนการหนึ่งที่มีศักยภาพในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์และสารมลพิษต่างๆที่มีความเข้มข้นสูง [5,6] กระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยอาศัยการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับแสงอาทิตย์หรือแสง UV [7,8] ที่มีความเข้มแสงสูงมากพอ ซึ่งจะทำให้เกิดผลพลอยได้ของปฏิกิริยาคือตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง ได้แก่ hydroxyl radicals (•OH), superoxide radicals (•O_2^-), hydrogen peroxide (H_2O_2) และ singlet oxygen ($^1O_2$) [9,10] ในส่วนของงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะบำบัดสีย้อมซึ่งเตรียมได้จากน้ำเสียสังเคราะห์ปนเปื้อนสีย้อม RB5 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1% ร่วมกับการเติมอากาศ MNBs เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการ ในกรณีที่มีการเติมอากาศในรูปของฟองอากาศขนาดเล็ก โดยมีการทดลองเปรียบเทียบกับกระบวนการโฟโตคะตะลิติกแบบทั่วไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา AC/Ag-TiO_2

เตรียม AC ขนาด 2.00-2.36 mm ด้วยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ #8 และค้างตะแกรงเบอร์ #10 นำ AC มาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water, DI) จำนวน 10 รอบ และแช่ด้วย 20% กรดซัลฟิวริค (H_2SO_4) เป็นเวลา 24 hr นำไปล้างต่อด้วยน้ำ DI จนสะอาดแล้วนำมาแช่ด้วยน้ำที่ผ่านการเติม MNBs ต่อเป็นเวลา 15 min และนำ AC ไปอบให้แห้งเป็นเวลา 2 hr ที่อุณหภูมิ 105 °C เสร็จแล้วนำไปเข้าตู้ดูดความชื้น 1 hr

เตรียมสารละลายตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%Ag-TiO_2 ด้วยเทคนิคโซล-เจล [11] โดยผสมไทเทเนียมเตตระไอโซโพรพรอกไซด์ (TTIP) ในตัวทำละลายไอโซโพรพานอล (C_3H_8O) ด้วยอัตราส่วน 1:15 โดยปริมาตรผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง และปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วง 2-3 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เติมซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ในอัตราส่วน 0.1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและกวนผสมเป็นเวลา 1 hr แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 24 hr ก่อนนำมาใช้งาน

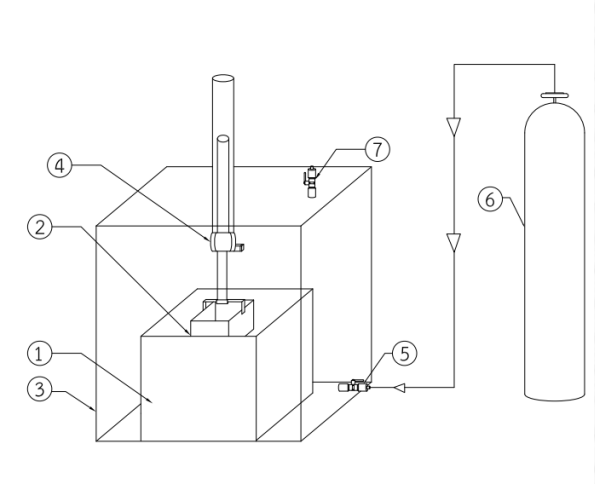
2.2 การเคลือบสารละลายตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%Ag/TiO_2 บนพื้นผิวของ AC

นำสารละลายตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%Ag/TiO_2 ที่ได้จากการเตรียมในข้อ 2.1 มาเคลือบผิว AC ด้วยอุปกรณ Dip Coating แสดงดังภาพที่ 1 ความเร็วรอบในการชุบเคลือบ 5 mm/min^{-1} ขณะทำการเคลือบ AC อยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจนโดยการเติมแก๊สไนโตรเจนเพื่อไล่ออกซิเจน หลังจากนั้นนำ AC ที่ผ่านการเคลือบแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 hr แล้วชุบเคลือบ

โดยวิธีการเดิมซ้ำทั้งหมด 3 รอบ เมื่อทำการเคลือบครบ 3 รอบแล้วนำ AC ดังกล่าวไปเผาที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 2 hr ทิ้งไว้ให้เย็นจะได้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ทำการเก็บรักษาตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ในตู้ดูดความชื้นก่อนนำไปใช้งาน

2.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ที่เตรียมขึ้นด้วยอุปกรณ์ SEM สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบปริมาณธาตุทำการวิเคราะห์ X–ray Fluorescence Spectroscopy, XRF ด้วยอุปกรณ์ Oxford Energy Dispersive X-ray Spectrometer: EDS model INCA-350 และวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดและปริมาตรรูพรุนด้วยวิธี Brunauer Emmett and Teller, BET Surface Area ด้วยอุปกรณ์ Quantachrome: model Autosorb-1



1. ภาชนะบรรจุสารละลายตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%Ag-TiO_2
2. ภาชนะบรรจุ AC
3. ชุดอุปกรณ์ Dip Coating
4. มอเตอร์ไฟฟ้า
5. วาวล์ควบคุมแก๊ส
6. ถังแก๊สไนโตรเจน
7. วาวล์ระบายอากาศ

ภาพที่ 1 อุปกรณ Dip Coating

2.3 การหาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

สำหรับการทดลองหาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับ MNBs โดยทำการทดลองในสภาวะการทดลองที่แตกต่างกัน ได้แก่ ชุดควบคุมที่ 1 ประกอบด้วย AC, แสง UVA และ MNBs ชุดควบคุมที่ 2 AC ร่วมกับ MNBs ชุดควบคุมที่ 3 ใช้ AC อย่างเดียว ชุดควบคุมที่ 4 AC ร่วมกับแสง UVA ชุดควบคุมที่ 5 ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 และ MNBs ชุดควบคุมที่ 6 ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับแสง UVA และในชุดการทดลองใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับแสง UVA และการเติมอากาศ MNBs แสดงดังตารางที่ 1

ทั้งนี้การเติมอากาศ MNBs ในน้ำ DI ด้วยอุปกรณ์ RMUTT-MNB รุ่น MCH-505S อัตราการไหลสูงสุด 20-80 $L.min^{-1}$ และความดัน 220–230 kPa แสดงดังภาพที่ 2 เป็นเวลา 15 นาที เติมอากาศจนกระทั่งมีค่า DO มีค่า 10-12 $mg.L^{-1}$ นำน้ำ DI ที่ผ่านการเติมอากาศแล้วมาเตรียมสีย้อม RB5 เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 10, 25, 50, 75, และ 100 µM และใช้แสง UVA ความเข้มแสง 1,250 $\mu W.cm^{-2}$ เป็นแหล่งกำเนิดแสงโดยทำการทดลองในถังปฏิกรณ์แบบแบทช์ (ภาพที่

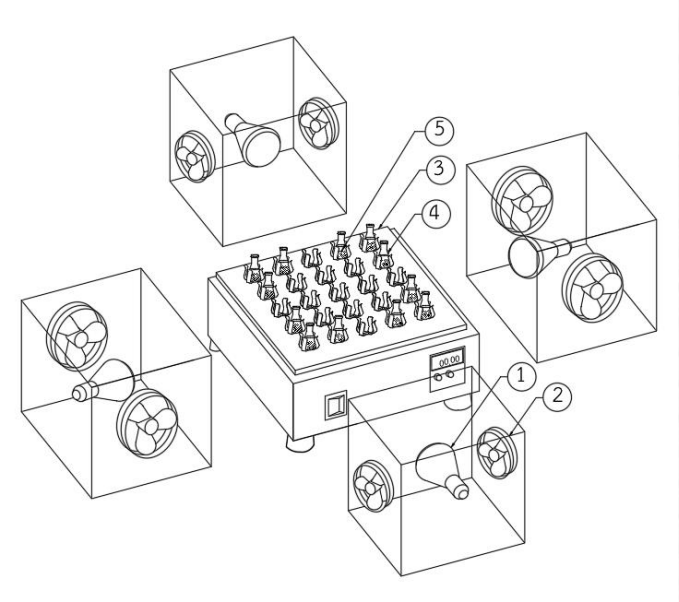
3) โดยเก็บน้ำตัวอย่างในช่วงเวลา 0, 10, 30, 60, 90, 120 และ 180 min ตามลำดับ หลังจากนั้นวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของสี RB5 ตลอดระยะเวลาการทดลองด้วยอุปกรณ์ Spectrophotometer รุ่น Single Monochrome type U-3900

ตารางที่ 1 รูปแบบการทดลองชุดควบคุมในสภาวะต่างๆ

การทดลอง	AC	0.1%AC/Ag-TiO_2	UVA	MNBs
ชุดการทดลอง	✖	✓	✓	✓
ชุดควบคุมที่ 1	✖	✓	✓	✖
ชุดควบคุมที่ 2	✓	✖	✓	✓
ชุดควบคุมที่ 3	✓	✖	✖	✓
ชุดควบคุมที่ 4	✓	✖	✖	✖
ชุดควบคุมที่ 5	✓	✖	✓	✖
ชุดควบคุมที่ 6	✖	✓	✖	✓



ภาพที่ 2 อุปกรณ์เติมอากาศ RMUTT-MNB



1. แหล่งกำเนิดแสง UVA
2. พัดลมระบายอากาศ
3. เครื่องเขย่าสาร (shaker)
4. ขวดทดลองบรรจุสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์
5. ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2

ภาพที่ 3 ชุดถังปฏิกรณ์การบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงผลวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยอุปกรณ์ SEM โดยเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ AC ก่อนทำการเคลือบและหลังจากการเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 จากภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการเกิดผลึกของตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 บนผิวของ AC หลังจากผ่านการเคลือบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าว ซึ่งข้อจำกัดของการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยอุปกรณ์ดังกล่าวประกอบกับภาพที่ปรากฏให้เห็นมีลักษณะโครงสร้างพื้นผิวที่คล้ายคลึงกันไม่สามารถระบุได้ว่าสารที่เคลือบอยู่บนผิว AC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 ที่ต้องการเคลือบบนผิวของ AC หรือไม่ ทั้งนี้ในการพิสูจน์หาปริมาณองค์ประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 ที่เคลือบบนผิว AC สามารถวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ XRF เพื่อหาปริมาณองค์ประกอบของ AC ก่อนที่ทำการเคลือบและหลังจากการเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 2



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ (ก) AC, (ข) 0.1%AC/Ag-TiO_2

ตารางที่ 2 ปริมาณโดยน้ำหนักและปริมาณองค์ประกอบธาตุ

ตัวเร่งปฏิกิริยา	ปริมาณองค์ประกอบธาตุโดยน้ำหนัก (%)					
	Ti	Ag	C	Al	Si	O
AC	-	-	27.06	-	0.40	72.54
AC-Ag/TiO_2	1.76	0.08	26.15	0.22	0.36	71.44

จากข้อมูลในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงปริมาณองค์ประกอบหลักได้แก่ ธาตุ C ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ AC และสามารถสังเกตุเห็นว่ามีปริมาณองค์ประกอบของธาตุ Ti และ Ag รวมทั้งองค์ประกอบของธาตุอื่นๆ ตามลำดับ พบว่าการเจือ Ag มีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่มีการเติมลงไปในตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 ที่เตรียมขึ้น จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 สามารถเคลือบบนพื้นผิวของ AC ได้

จากตารางที่ 3 ในส่วนของการวิเคราะห์ลักษณะพื้นที่ผิวเฉพาะ ขนาดและปริมาตรรูพรุน AC และตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 ด้วยวิธี Brunauer Emmett and Teller, BET Surface Area พบว่าพื้นที่ผิวเฉพาะของ AC มีค่า 1.980×10^2 $m^2.g^{-1}$

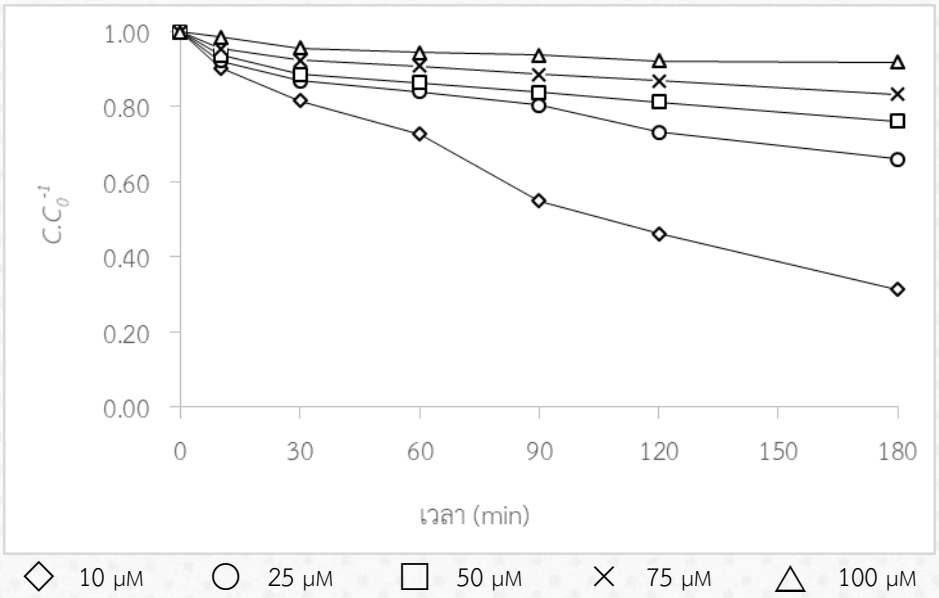
หลังเคลือบผิวด้วยสารละลายตัวเร่งปฏิกิริยา Ag-TiO_2 พื้นที่ผิวเฉพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.116×10^{2} $m^2.g^{-1}$ เกิดจากการเกาะและทับซ้อนกันของผลึก Ag-TiO_2 อยู่บริเวณรอบพื้นที่ผิวเฉพาะ [12] ส่งผลให้ขนาดและปริมาตรรูพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา AC/Ag-TiO_2 มีขนาดเล็กลง

ตารางที่ 3 พื้นที่ผิวเฉพาะ ขนาดและปริมาตรรูพรุน

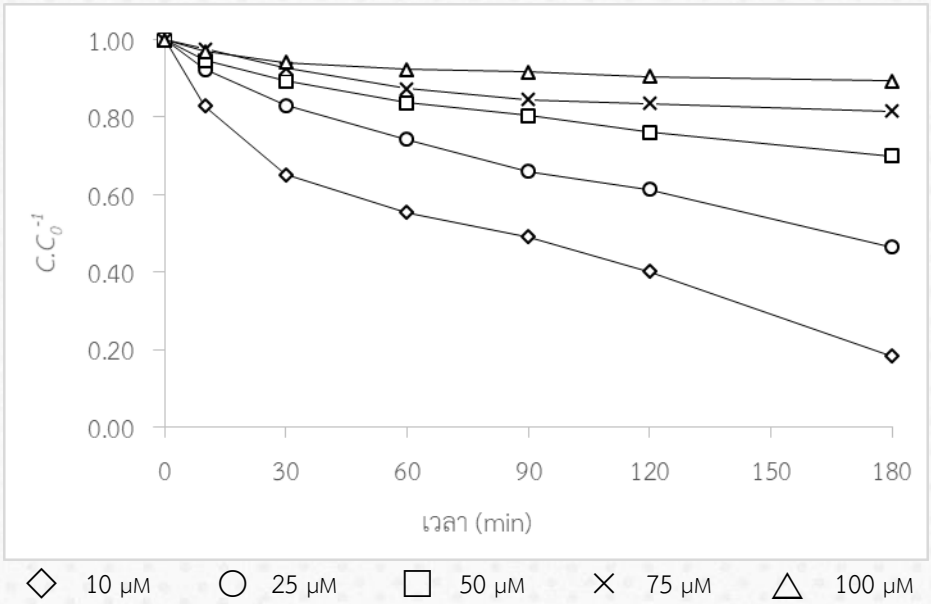
ตัวเร่งปฏิกิริยา	พื้นที่ผิวเฉพาะ ($m^2.g^{-1}$)	ปริมาตรรูพรุน ($m^3.g^{-1}$)	ขนาดรูพรุน (nm)
AC	1.980×10^{2}	1.632×10^{-1}	6.235×10^{1}
AC-Ag/TiO_2	2.116×10^{2}	1.338×10^{-1}	2.531×10^{1}

3.2 การประเมินประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์

ในการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติก โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับ MNBs เมื่อติดตามค่าความเข้มข้นของสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในขณะทำการทดลอง จากภาพที่ 5 และ 6 หลังจากทำการทดลองการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ของชุดการทดลองและชุดควบคุมที่ 1 พบว่าค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม RB5 ในน้ำสียสังเคราะห์ที่เปลี่ยนแปลงไปในเวลาต่างๆ ในช่วงเวลาการทดลองที่ 10 นาทีแรก ค่าความเข้มข้นของสีย้อม RB5 เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากปัจจัยของ Mass Transfer Limit [13] โดยพื้นที่ผิวตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ที่ยังมีความสะอาดส่งผลให้กระบวนการการดูดติดผิวหน้าของตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปส่งผลให้พื้นที่ผิวตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 การดูดติดผิวหน้าของตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดการชะลอตัว



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของ $C.C_0^{-1}$ กับเวลาของชุดควบคุมที่ 1 ที่ผ่านกระบวนการบำบัดสีย้อม RB5



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของ $C.C_0^{-1}$ กับเวลาของชุดการทดลอง ที่ผ่านกระบวนการบำบัดสีย้อม RB5

จากตารางที่ 4 ข้อมูลประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ชุดทดลอง แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์สูงสุดในทุกค่าความเข้มข้นเริ่มต้นโดยมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 81.76%, 53.63%, 29.95%, 18.42% และ 10.62% ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 10 µM, 25 µM, 50 µM, 75 µM และ 100 µM ตามลำดับ สำหรับชุดควบคุมที่ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุมที่เกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกที่มีการใช้เพียงตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับแสง UVA พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าเท่ากับ 68.72%, 33.98%, 23.86%, 16.61% และ 8.15% ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 10 µM, 25 µM, 50 µM, 75 µM และ 100 µM ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างชุดทดลองกับชุดควบคุมที่ 1 (ภาพที่ 7) พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดังกล่าว ชุดทดลองที่ 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดเท่ากับ 81.76% [14,15] และชุดควบคุมที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 68.72% ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม RB5 มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากปัจจัยความเข้มข้นเริ่มต้นของสีและการเติมอากาศ MNBs ของสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าสูงทำให้เกิดอุปสรรคต่อการส่องผ่านของแสง UVA ที่ไปกระตุ้นพื้นผิว [16,17] ของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ซึ่งเป็นกลไกหลักที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก ในการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ของกระบวนการดังกล่าว ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 สามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสง UVA ได้ดี และช่องว่างพลังงานที่มีขนาดแคบลงส่งผลให้อิเล็กตรอนจากชั้น Valance Band ไปยังชั้น Conduction Band ได้ง่ายขึ้นจึงเกิดปฏิกิริยาได้ดี [18] ในส่วนของชุดทดลองมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับแสง UVA และการเติมอากาศ MNBs ที่ส่งผลให้สามารถเกิด •OH และ $\bullet O_2^-$ ได้มากขึ้น โดย •OH และ $\bullet O_2^-$ มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ชิงเอเจนท์ที่มีความรุนแรงในการเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้การเติมอากาศ MNBs สามารถอธิบายได้ตามสมการที่ (5) - (8)

$$Ag\text{-}TiO_2 + h\nu \longrightarrow Ag\text{-}TiO_2\,(e^-_{cb}) + Ag\text{-}TiO_2\,(h^+_{vb}) \quad (1)$$

$$Ti^{3+} \longrightarrow Ti^{4+} + e^- \quad (2)$$

$$h^+ + H_2O \longrightarrow \bullet OH \quad (3)$$

$$e^- + Ag \longrightarrow Ag^+ \quad (4)$$

$$Ag^+ + O_2 \longrightarrow \bullet O_2^- \quad (5)$$

$$\bullet O_2^- + e^- + 2H \longrightarrow H_2O_2 \quad (6)$$

$$H_2O_2 + e^- \longrightarrow OH\bullet + OH \quad (7)$$

$$dye + OH\bullet \longrightarrow Degradation\ products \quad (8)$$

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์

การทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน (% ± SD ; n = 3)				
	10 µM	25 µM	50 µM	75 µM	100 µM
ชุดการทดลอง	81.76±0.96	53.63±0.90	29.95±0.52	18.42±0.40	10.62±0.27
ชุดควบคุมที่ 1	68.72±0.67	33.98±0.24	23.86±0.33	16.61±0.30	8.15±0.23
ชุดควบคุมที่ 2	3.80±0.20	3.28±0.19	4.17±0.33	2.46±0.19	1.54±0.51
ชุดควบคุมที่ 3	4.63±0.36	5.95±0.05	1.95±0.40	1.45±0.19	2.54±0.40
ชุดควบคุมที่ 4	18.84±0.32	18.39±0.82	3.92±0.01	1.11±0.69	3.72±0.10
ชุดควบคุมที่ 5	1.89±0.07	3.16±1.41	5.50±0.11	1.63±0.48	0.77±0.15
ชุดควบคุมที่ 6	53.72±0.16	32.00±0.14	20.04±0.36	14.67±0.51	6.60±0.62

ในส่วนของชุดควบคุมที่ 2-5 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ในทุกค่าความเข้มข้นเริ่มต้น พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมดังกล่าวมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการใช้ AC ที่ไม่มีการเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ทำให้ไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระบวนการโฟโตคะตะลิติกได้ โดยไม่สามารถเกิด e^- และ h^+ ตามกลไกการหลักในปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก [19,20] เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในชุดการควบคุม 2-5 ซึ่งใช้ AC ที่ไม่มีการเคลือบตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติก พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 จะเกิดขึ้นโดยกลไกของปฏิกิริยาดูดติดผิวและดูดซับภายในโมเลกุลของ AC เท่านั้น แต่ไม่สามารถปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโมเลกุลของสีย้อมได้ นอกจากนี้สำหรับชุดควบคุมที่ 6 ซึ่งมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับการเติมอากาศ MNBs และไม่ใช้แสง UVA มีประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์เท่ากับ 53.72% ทั้งนี้สำหรับการเติมอากาศ MNBs อาจส่งผลทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) เกิดขึ้นและทำปฏิกิริยากับพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ซึ่งเป็นปัจจัยเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ให้เกิดได้ดียิ่งขึ้น

3.3 จลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตคะตะลิติก

การหาจลนพลศาสตร์ของการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับการใช้แสง UVA ที่มีการเติมอากาศและไม่มีการเติมอากาศขนาด MNBs (ชุดการทดลองและชุดควบคุมที่ 1) กลไกการเกิดกระบวนการโฟโตคะตะลิติกสามารถใช้สมการที่ (9) และ (10) อธิบายการบำบัดสีย้อม RB5 ซึ่งเป็นไปตามสมการ Langmuir-Hinshelwood การวิเคราะห์ค่าการดูดติดผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาสามารถวิเคราะห์หาค่าคงที่ได้จากสมการดังนี้ [21,22]

$$-\frac{dC}{dt} = \frac{kKC}{(1+KC)} \quad (9)$$

จัดรูปสมการใหม่ดังนี้

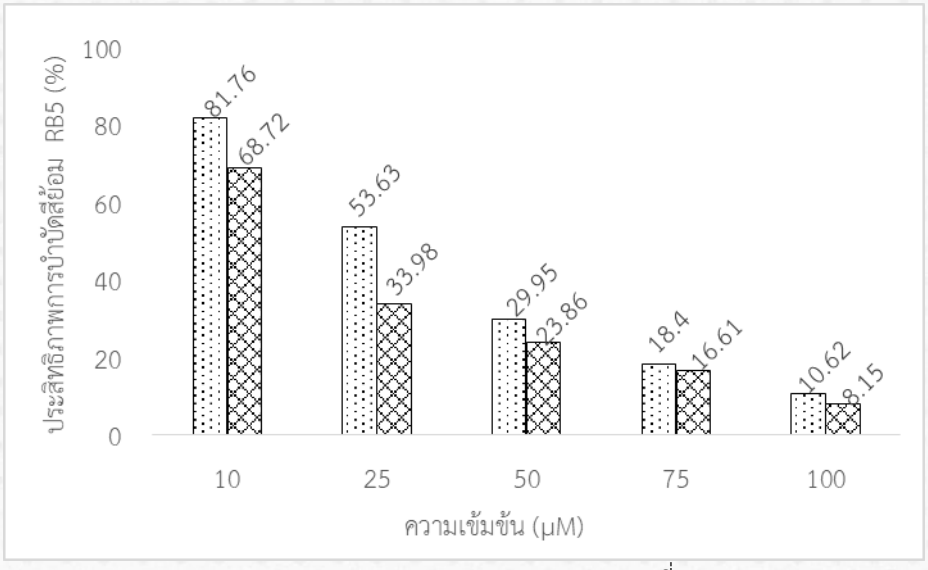
$$\frac{1}{r} = \frac{1}{kKC} + \frac{1}{k} \quad (10)$$

r = อัตราการเกิดปฏิกิริยา ($\mu M \cdot min^{-1}$)

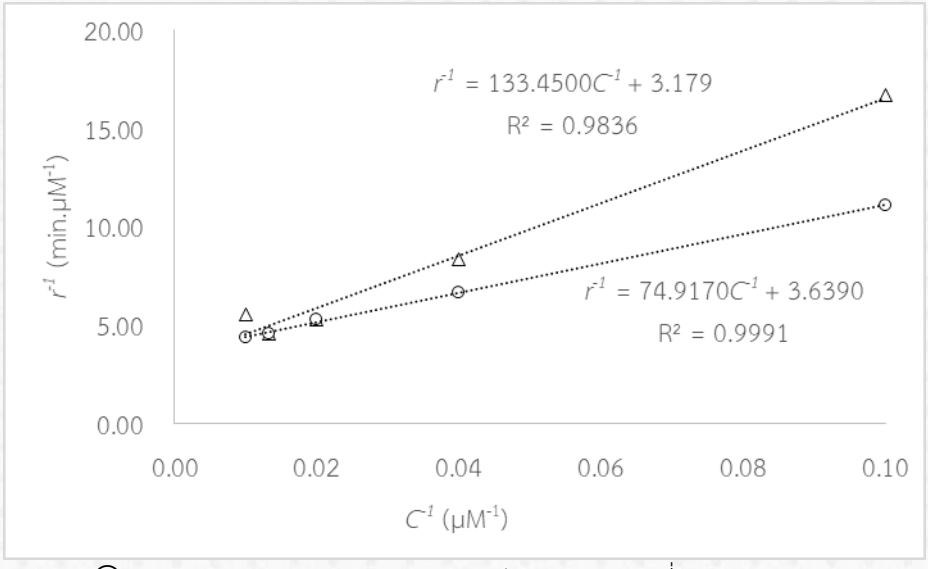
k = ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยา ($\mu M \cdot min^{-1}$)

K = ค่าคงที่การเกิดปฏิกิริยาดูดติดผิว (μM^{-1})

C = ความเข้มข้นของสี (μM)



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ของชุดทดลองและชุดควบคุมที่ 1



ภาพที่ 8 จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาในการบำบัดสี RB5

จากภาพที่ 8 สามารถหาค่าจลนพลศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยาในการบำบัดสี RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์สำหรับชุดการทดลอง และชุดควบคุมที่ 1ได้จากสมการ Langmuir-Hinshelwood ทั้งนี้จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าจลนพลศาสตร์ในชุดทดลองที่มีการเติมอากาศขนาด MNBs สามารถเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิติกที่มีประสิทธิภาพการบำบัดได้สูงกว่าชุดควบคุมที่ 1 ซึ่งไม่มีการเติมอากาศขนาด MNBs

ตารางที่ 5 จลนพลศาสตร์ของการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์

การทดลอง	*k*, $\mu M \cdot min^{-1}$	*K*, μM^{-1}	*kK*, min^{-1}
ชุดการทดลอง	0.275	0.485	1.300×10^{-2}
ชุดควบคุมที่ 1	0.315	0.024	0.7×10^{-2}

จากตารางที่ 6 เปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาตามรูปแบบสมการ Langmuir-Hinshelwood และ Pseudo First Order กับงานวิจัยอื่นพบว่าค่าคงที่ในการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในช่วงที่มีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 6 ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชันกับงานวิจัยอื่น

สี	ตัวเร่งปฏิกิริยา	*k*, $\mu M \cdot min^{-1}$	*K*, μM^{-1}	*kK*, min^{-1}	เอกสารอ้างอิง
RB5	0.1%AC/Ag-TiO_2	0.275	0.485	1.300×10^{-2}	งานวิจัยนี้
RB5	TiO_2	1.800	0.067	0.120×10^{-2}	[16]
RB5	TiO_2	-	-	1.51×10^{-2}	[23]

4. บทสรุป

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะลิติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1%AC/Ag-TiO_2 ร่วมกับการเติมอากาศ MNBs เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของชุดทดลองกับชุดควบคุมที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ของชุดทดลองมีประสิทธิภาพสูงถึง 81.76% และชุดควบคุมที่ 1 มีประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 เท่ากับ 68.72% แสดงให้เห็นว่าในชุดทดลองที่มีการเติมอากาศ MNBs ส่งเสริมให้เกิด •OH และ $\bullet O_2^-$ โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม RB5 ในน้ำเสียสังเคราะห์ได้มากถึง 1.19 เท่า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และขอขอบคุณบริษัท กรีน ซัสเทนอะบิลิตี้ คอนเซ้าท์แทนท์ จำกัด (GSC) สำหรับความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์และอุปกรณ์ต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] R. Vital Kandisa, N. Saibaba KV, K. Beebi Shaik, R. Gopinath. Dye removal by adsorption: a review. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*. 7(2016).

[2] D. A. Yaseen, M. Scholz. Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology.* 16(2019)1193-1126.

[3] S. Mahmood, A. Khalid, M. Arshad, T. Mahmood and D.E. Crowley. Detoxification of azo dyes by bacterial oxidoreductase enzymes. *Crit Rev Biotechnol*. 36(2016) 639-51.

[4] P. Tatiana Almazan-Sanchez, I. Linares-Hernandez, M. J. Solache-Rios and V. Martínez-Miranda. Textile wastewater treatment using iron-modified clay and copper-modified carbon in batch and column systems. *water, air, & soil pollution.* 227(2016)100.

[5] Y. M Hunge, A. A Yadav. Basics and advanced developments in photocatalysis – a review. *International Journal of Hydrology.* 2(2018)539-540.

[6] M. Bagheri, N. Rostami Najafabadi, E. Borna. Removal of reactive blue 203 dye photocatalytic using ZnO nanoparticles stabilized on functionalized MWCNTs. *Journal of King Saud University – Science.* 32(2019)799-804.

[7] S. Asha, C. Hentry, M. R Bindhu, A. M Al-Mohaimeed, M. Ragab AbdelGawwad, M. S Elshikh. Improved photocatalytic activity for degradation of textile dyeing wastewater and thiazine dyes using $PbWO_4$ nanoparticles synthesized by co-precipitation method. *Environmental Research.* 200(2021)111721.

[8] L. Wang, J. Ali, Z. Wang, N.A. Oladoja, R. Cheng, C. Zhang, G. Mailhot and G. Pan. Oxygen nanobubbles enhanced photodegradation of oxytetracycline under visible light: synergistic effect and mechanism. *Chemical Engineering Journal.* 388(2020)124227

[9] K. Yasui, T. Tuziuti, W. Kanematsu. Mysteries of bulk nanobubbles (ultrafine bubbles); stability and radical formation. *Ultrasonics Sonochemistry.* 48(2018)259-266.

[10] O. Rojviroon, T. Rojviroon. Photocatalytic process augmented with micro/nano bubble aeration for enhanced degradation of synthetic dyes in wastewater. *Water Resources and Industry*. 27(2022)100169

[11] T. Rojviroon and S. Sirivithayapakorn. Properties of TiO_2 thin films prepared using sol–gel process. *Surface Engineering*. 29(2013)77–80.

[12] S. Thiripuranthagan, V. Rupa. Detoxification of carcinogenic dyes by noble metal (Ag, Au, Pt) Impregnated Titania Photocatalysts. in Gold Nanoparticles - Reaching New Heights. London, 2018

[13] B. Evandro, Ar. Guelli Ulson de Souza Selene Maria, V. José Alexandre Borges and d. Silva Adriano. Sensitivity of the turbulent Schmidt number and the turbulence models to simulate catalytic and photocatalytic processes with surface reaction limited by mass transfer. *Chemical Engineering Research and Design.* 170(2021)90-106

[14] S. Marimuthu, A. Jayanthi Antonisamy, S. Malayandi, K. Rajendran, P. Tsai, A. Pugazhendhi, V. Kumar Ponnusamy. Silver nanoparticles in dye effluent treatment: A review on synthesis, treatment

methods, mechanisms, photocatalytic degradation, toxic effects and mitigation of toxicity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.* 205(2020)11823

[15] R. Shan, L. Lu, J. Gu, Y. Zhang, H. Yuan, Y, Chen, B. Luo. Photocatalytic degradation of methyl orange by Ag/TiO_2/biochar composite catalysts in aqueous solutions. *Materials Science in Semiconductor Processing.* 114(2020)105088.

[16] K. Sahel, N. Perol, H. Chermette, C. Bordes, Z. Derriche, C. Guillard. Photocatalytic decolorization of remazol black 5 (RB5) and procion red mx-5b—isotherm of adsorption, kinetic of decolorization and mineralization. *Applied Catalysis B: Environmental.* 77(2007)100-109

[17] D. K. Bhatt, U. D. Patel. Photocatalytic degradation of reactive black 5 using Ag_3PO_4 under visible light. *Journal of Physics and Chemistry of Solids.* 149(2021)109768.

[18] J. Kong, C. Song, W. Zhang, Y. Xiong, M. Wan, and Y. Wang. Enhanced visible-light-active photocatalytic performances on Ag nanoparticles sensitized TiO_2 nanotube Arrays. *Superlattices and Microstructures.* 109(2017)579-587.

[19] S. Rabhi, L. Mahtout, M. Bououdina, L. Khezami, H. Belkacemi, A. Kerrami, E. Sakher. Tuning the photocatalytic activity of TiO_2 by Ag loading: experimental and modelling studies for the degradation of amlodipine besylate drug. *Ceramics International.* 47(2021)21509-21521.

[20] P. Gonzalez-Garcia. Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 82(2018)1393-1414.

[21] K. Vasanth Kumar, K. Porkodi and F. Rocha. Langmuir–Hinshelwood kinetics – A theoretical study. *Catalysis Communications.* 9(2008)82-84

[22] A. S. Petsas, M. C. Vagi. Photocatalytic degradation of selected organophosphorus pesticides using titanium dioxide and uv light. in Titanium dioxide - material for a sustainable environment. London, United Kingdom, 2017.

[23] Evaluation of TiO_2 photocatalytic technology for the treatment of reactive black 5 dye in synthetic and real greywater effluents. *Journal of Cleaner Production.* (2014)1-7.

ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด 19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Knowledge, knowledge and attitude in preventing risks from COVID-19 of students from Chiang Rai Rajabhat University

ทิพรัตน์ เพ็ชรประดับ[1] สิรธีร์ จอมศรีลา[1*] ศิริสุดา พุ่มจำปา[1] วัชรพงษ์ เรือนคำ[1]
อนุสรา บุญจิตร[1] และ สุเนตรา สมกำลัง[1]

[1]แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: 621473028@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลความรู้ และทัศนคติเกี่ยวกับการติดเชื้อไวรัสโควิด-19 กับพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัส โควิด-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำนวน 383 คน โดยใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่ากลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คณะมนุษศาสตร์ สถานที่พักอาศัย หอพักนอกมหาวิทยาลัย มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อโควิด-19 อยู่ในระดับดีมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : เชื้อไวรัสโควิด 19, นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, พฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด-19

Abstract

Research on knowledge, attitudes and behaviors in self-protection from coronavirus infection 19 of Chiang Rai Rajabhat University students Its purpose is to study the relationship between factors of personal knowledge. and attitudes about COVID-19 infection and self-protection behavior from COVID-19 infection among students of Chiang Rai Rajabhat University The sample group in this research was Student at Chiang Rai Rajabhat University by using a questionnaire As a tool for collecting data, it was found that 383 respondents were mostly female. Faculty of Humanities place of residence off-campus dormitories Have knowledge and understanding about self-protection from COVID-19 infection At a good level, there was a statistically significant correlation at the 0.05 level.

Keywords: Covid-19 virus, Chiang Rai Rajabhat University students, self-protection behavior from COVID-19 infection

1.บทนำ

โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด-19 (Coronavirus Disease 2019(COVID-19)) ที่กำลังระบาดหนักอยู่ในขณะนี้ จัดอยู่ในกลุ่มเชื้อไวรัสโคโรนาซึ่งเป็นเชื้อไวรัสที่มีรูปร่างคล้ายมงกุฎพบครั้งแรกกลางทศวรรษที่ 1960 แต่ยังไม่ทราบแหล่งที่มาอย่างชัดเจนว่ามาจากที่ใด เป็นไวรัสที่สามารถติดเชื้อได้ทั้งในมนุษย์และสัตว์ ปัจจุบันมีการค้นพบไวรัสสายพันธุ์นี้แล้วทั้งหมด 6 สายพันธุ์ส่วนสายพันธุ์ที่กำลังแพร่ระบาดหนักทั่วโลกตอนนี้เป็นสายพันธุ์ที่ยังไม่เคยพบมาก่อนคือ สายพันธุ์ที่ 7 จึงถูกเรียกว่าเป็น “ไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019” และในภายหลังถูกตั้งชื่ออย่างเป็นทางการว่าโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด-19 (Coronavirus Disease 2019(COVID-19)) เริ่มต้นขึ้นในเดือนธันวาคม พ.ศ.2562 แรกเริ่มถูกค้นพบจากสัตว์ โดยเป็นสัตว์ทะเลที่มีการติดเชื้อไวรัสนี้แล้วคนที่อยู่ใกล้ชิดคลุกคลีกับสัตว์เหล่านี้ก็ติดเชื้อไวรัสมาอีกที โดยเริ่มต้นจากเมืองอู่ฮั่น เมืองหลวงของมณฑลหูเป่ย์ประเทศจีน อันตรายที่ทำให้เสี่ยงถึงชีวิต จะเกิดขึ้นเมื่อระบบภูมิต้านทานโรคของเราไม่แข็งแรง หรือเชื้อไวรัสเข้าไปทำลายการทำงานของปอด โดยเชื้อไวรัสจะแพร่กระจายลุกลามอย่างรวดเร็วและเพิ่มมากขึ้นจนทำให้ปอดเกิดการเสียหายและสุญเสียการทำงานหากไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงทีจะทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้อย่างรวดเร็ว (คู่มือการบริหารความเสี่ยงต่อสถานการณ์การแพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19)ของสำนักงานสรรพสามิตพื้นที่หนองคาย;2563)

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้ประกาศให้การระบาดนี้เป็นภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุขระหว่างประเทศ ในวันที่ 30 มกราคม พ.ศ.25632และประกาศให้เป็นโรคระบาดทั่วไป ในวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ.2563และวันที่ 15 มกราคม 2564 มีผู้ติดเชื้อยืนยันแล้วมากว่า93,612,520 คน ใน 213 ประเทศมีผู้เสียชีวิตจากโรคบาดแล้วมากกว่า 2,004,449 คนและมีผู้หายป่วยแล้วมากว่า 66,917,580 คน (พระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ.2548 (ฉบับที่ 1))

ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจในเรื่องพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด 19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ซึ่งจะศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการป้องกันโรค COVID-19 ของของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จำแนกตาม เพศ อายุ รายได้ อาชีพ ระดับการศึกษา สถานภาพ และตำแหน่งงานปัจจุบัน และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรค COVID-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพื่อแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการป้องกันโรค COVID-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่จำแนกตามปัจจัยต่างๆ มีความแตกต่างกันหรือไม่ และปัจจัยด้านใดบ้างที่ส่งผลให้นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย มีพฤติกรรมการป้องกันโรค COVID-19 โดยข้อมูลที่ได้หลังจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยจะเป็นโอกาส เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้นำเอาข้อมูลงานวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และส่งเสริมให้เกิดพฤติกรรมการป้องกันโรค COVID-19 รวมถึงการป้องกันโรคที่เกิดจากไวรัสอื่นต่อไป

2.วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเพื่อสำรวจความรู้ทัศนคติและพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อ โควิด-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ตัวแปรต้น

1. ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ระดับชั้นปี ที่อยู่อาศัยขณะศึกษา
2. ปัจจัยนำ ได้แก่ ความรู้ ทัศนคติต่อพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อโควิด-19

ตัวแปรตาม

คือ พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อโควิด-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

1. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

ประเภทและลักษณะของเครื่องมือแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1.1 แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล

1.2 แบบสอบถามปัจจัยนำ

2. การพัฒนาเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งได้รับการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบ ปรับปรุง แก้ไขให้เกิดความสมบูรณ์ มีค่า IOC มากกว่า 0.5 และนำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ (Try out) กับประชาชน ในวิทยาลัยเทคนิคเชียงรายโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวกจำนวน 40 คน มีค่า Reliability มากกว่า 0.7

การวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามได้ครบตามจำนวนแล้วจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statics)

โดยการใช้การแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลส่วนตัวค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ใช้วิเคราะห์ปัจจัยส่วนบุคคลปัจจัยนำและปัจจัยตาม

2.สถิติเชิงวิเคราะห์(Analysis Statistics) โดยใช้ Chi-square หรือ Exact Test เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อ โควิด-19 ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยกำหนดระดับนัยยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

แสดงข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมมูลความสัมพันธ์ระหว่าง อายุกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อโควิด-19 (n=387)

ระดับพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำ	84	21.70
ปานกลาง	269	69.50
ดี	34	8.80
รวม	**387**	**100**

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมมูลความสัมพันธ์ระหว่าง สถานที่พักอาศัยกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อโควิด-19 (n=387)

ระดับพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำ	84	21.70
ปานกลาง	269	69.50
ดี	34	8.80
รวม	**387**	**100**

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมมูลความสัมพันธ์ระหว่าง ความรู้กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อโควิด-19 (n=387)

ระดับพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำ	84	21.70
ปานกลาง	269	69.50
ดี	34	8.80
รวม	**387**	**100**

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเชื้อโควิด-19

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์ระหว่างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโควิด-19 กับระดับพฤติกรรม โดยการใช้ chi-square (n=-387)

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเชื้อโควิด-19	ระดับพฤติกรรม			x^2	P-Value
	ไม่เคย	บางครั้ง	บ่อยครั้ง		
น้อย	2	21	16		
ปานกลาง	80	243	12	18.873	0.072
มาก	2	5	6		

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางส่วนที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโควิด-19 กับระดับพฤติกรรม พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทัศนคติเกี่ยวกับการแพร่ระบาดเชื้อโควิด-19

ตารางที่ 7 ผลวิเคราะห์ระหว่างทัศนคติเกี่ยวกับเชื้อโควิด-19 กับระดับพฤติกรรม โดยการใช้ chi-square (n=-387)

ทัศนคติเกี่ยวกับเชื้อโควิด-19	ระดับพฤติกรรม			x^2	P-Value
	ไม่เคย	บางครั้ง	บ่อยครั้ง		
น้อย	9	9	11		
ปานกลาง	60	250	14	19.508	0.103
มาก	15	10	3		

**ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จากตารางส่วนที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างด้านทัศนคติเกี่ยวกับเชื้อโควิด-19 กับระดับพฤติกรรม พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. บทสรุป

1.ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 207 คน ร้อยละ 53.49 อยู่ในช่วงอายุ 20 ปี จำนวน 124 คน ร้อยละ 32.04 ช่วงชั้นปี 3 จำนวน 127 คน ร้อยละ 32.82 อยู่คณะมนุษยศาสตร์ จำนวน 81 คน ร้อยละ 20.93 และพักอาศัยหอพักนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 345 คน ร้อยละ 89.15

2.การป้องกันตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรม ในการป้องกันตนเองของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการป้องกันตนของนักมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ด้านความรู้ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ 0.79 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.25

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการป้องกันตนของนักมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ด้านทัศนคติ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ 4.34 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.08

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการป้องกันตนของนักมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ด้านพฤติกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ 2.48 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.18

3.จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการป้องกันตนของนักมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ด้านพฤติกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ 2.48 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.18

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลือ แก้ไข ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ด้วยความเอาใจใส่มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์และนักศึกษาในแต่ละคณะของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลในพื้นที่เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

ขอขอบคุณพระคุณอาจารย์สุพรรณ วินิชปริญญากุล คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และคณาจารย์ทุกท่าน ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในการอนุมัติลงเก็บข้อมูล

ท้ายสุดนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์และนักศึกษาวิทยาลัยเชียงราย นายกองค์การบริหารนักศึกษาและประธานสโมสรทั้ง 13 คณะมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บวิจัยเป็นอย่างดีและผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย ผู้เขียนบทความ ผู้แต่งหนังสือทุกท่านที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมโรค. โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019: Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2563

[2] กรมอนามัย. คู่มือมาตรการและแนวทางในการดูแล ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ในสถานการณ์การระบาด ของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2563.

[3] กรมควบคุมโรค. (2564ข). รายงานสถานการณ์โควิด-19. สืบค้น 1 มกราคม 2564, จาก https://covid19.ddc.moph.go.th/

[4] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (ม.ป.ป.). คู่มือการตรวจวินิจฉัยโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (covid19) ทางห้องปฏิบัติการ. สืบค้น 1 ธันวาคม 2563, จากhttps://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/guidelines/G37.pdf?fbclid=IwAR0Vd1kdtxQpgQmXLNDFYQifJFJKJHtbiTpeL5E7RUbAv8REhkCCJHzoo

[5] กรมควบคุมโรค. ข้อมูลสำหรับการป้องกันตนเองจากไวรัสโคโรน่าสายพันธุ์ใหม่ 2019 [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2563 [เข้าถึงเมื่อ 25 มิ.ย. 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/introduction/introduction01.pdf

[6] กิตติพร เนาว์สุวรรณ, นภชา สิงห์วีรธรรม, และนวพร ดำแสงสวัสดิ์. (2563). ความสัมพันธ์ระหว่าง การรับรู้ความรุนแรงของโรคต่อบทบาทการดำเนินงานควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในชุมชนของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ในประเทศไทย.วารสารสถาบันบำราศนราดูร, 14(2), 25-36.

[7] กำธร มาลาธรรม, ศิริลักษณ์ อภิวาณิชย์. คู่มือปฏิบัติงานการควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล 2558. กรุงเทพมหานคร: คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี; 2558. ข้อมูลสำหรับการป้องกันตนเองจากไวรัสโคโรนาสายพันธ์ใหม่ 2019 กรมควบคุมโรค กระทรวง สาธารณสุข วันที่ 28 มกราคม 2563

[8] คู่มือการบริหารความเสี่ยงต่อสถานการณ์การแพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด-19) ของสำนักงานสรรพสามิตพื้นที่หนองคาย สาขาเมืองหนองคาย จัดทำวันที่ 1 มีนาคม 2563

[9] จารุวรรณ แหลมไธสง. (2559). ปัจจัยทำนายพฤติกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อทางเดินหายใจของผู้ดูแลเด็กปฐมวัยในศูนย์เด็กเล็ก กรุงเทพมหานคร. สาขาวิชาการพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน คณะพยาบาลศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา. แนวทางปฏิบัติด้านสาธารณสุขเพื่อการจัดการภาวะระบาดของโรคโควิด-19 ในข้อกำหนดออกตาม ความในมาตรา 9 แห่งพระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ.2548 (ฉบับที่ 1) แนวทางการดำเนินงาน เฝ้าระวังและสอบสวนโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ฉบับที่ 4 ธันวาคม 2563 กรมควบคุมโรค

[10] ดวงฤดี กิตติจารุดุลย์. (2557). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทัศนคติและความตระหนักด้านการบริหารจัดการความเสี่ยง กรณีศึกษา: บริษัทนำเข้าส่งออกแห่งหนึ่ง. ค้นคว้าอิสระ บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเนชั่น.

[11] ธวัชชัย ยืนยาว, และเพ็ญนภา บุญเสริม. (2563). ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติต่อพฤติกรรม การป้องกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (covid-19) ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) หญิงในจังหวัดสุรินทร์. วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 35(3), 555-564.

[12] ประเทือง ฉ่ำน้อย. (2559). การศึกษาระดับความรู้ การรับรู้ และพฤติกรรมการดำเนินงานควบคุมโรค ไข้เลือดออกของอาสาสมัครสาธารณสุข กรณีศึกษา อำเภอพรานกระต่าย จังหวัด กำแพงเพชร

[13] ภัคณัฐ วีรขจร, โชคชัย ขวัญพิชิต, กิตติพร เนาว์สุวรรณ์, และนภชา สิงห์วีรธรรม. การรับรู้และ พฤติกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (covid19) ของกำลังพลที่ปฏิบัติงาน สายแพทย์ ศูนย์อำนวยการแพทย์ จังหวัดชายแดนภาคใต้. วารสารสาธารณสุขและ วิทยาศาสตร์สุขภาพ, 3(3), 106-117.

[14] วรรษมน จันทรเบ็ญจกุล. (2563). การป้องกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). เอกสารประกอบการบรรยายเวทีจุฬาเสวนาครั้งที่ 23 เรื่อง ตระหนักดีกว่าตระหนักเรียนรู้และป้องกันโคโรนาไวรัส 2019.ภาควิชากุมารเวชศาสตร์คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[15] ศูนย์ปฏิบัติการด้านข่าวโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. (2563). รายงานข่าวกรณีติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 วันที่ 15 มีนาคม 2563.กระทรวงสาธารณสุข. ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2563, จาก https//www.moph.go.th.

[16] ศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉิน กรมอนามัย. รายงานสถานการณ์โรค ติดต่อเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ฉบับที่ 179 วันที่ 30 มิถุนายน 2563. [อินเตอร์เน็ต] 2563.

[17] ศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉิน กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2563). ข้อมูลสำหรับการป้องกันตนเองจากโรค COVID-19 เอกสารเผยแพร่สำหรับประชาชน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

[18] สุมาลี จุทอง การจัดการภัยพิบัติโรคระบาดโควิด 19 ในพื้นที่ชุมชนริมคลองหัวหมากน้อย สำนักงาน เขตบางกะปิ

[19] สุรชัย โชคครรชิตไชย. (2563). โควิด-19: การระบาดระลอกใหม่ในประเทศไทยปลายปี 2563. วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย, 10(3), 1-2.

[20] สวรรยา สิริภคมงคล และสำราญ สิริภคมงคล. (2559). ปัจจัยด้านประชากร สังคม และ ปัจจัยด้านสุขภาพที่มีผลต่อความรู้และพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ของผู้ป่วยเบาหวาน กรณีศึกษาจังหวัดนครสวรรค์. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์ กรมควบคุมโรค, กระทรวงสาธารณสุข.

[21] สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย. (2563). รายงานประชากรอาสาสมัครสาธารณสุข. สุโขทัย: สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย. (2564). รายงานสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จังหวัดสุโขทัย. สุโขทัย: สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด.

[22] อวาทิพย์ แว COVID-19 กับการเรียนรู้สู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพในวันนี้ วารสารสมาคม วิชาชีพสุขศึกษา ปีที่ 35 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน พ.ศ.2563

[23] อุทิศ สุภาพ. (2563). มาตรการในการควบคุมและป้องกันโรคโควิด-19 COVID-19. ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2563, จาก https://www.matichon.co.th/article/news_2073848

[24] ฮูดา แวหะยี. (2563). การรับรู้ความรุนแรงและพฤติกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 (โควิด-19) ของวัยรุ่นในเขตตำบลสะเตงนอก อำเภอเมือง จังหวัดยะลา. วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน, 6(4), 158-168.

ระบบจองห้องประชุม
Meeting Room Reservation System

อิทธินัน วะเจดีย์[1*] พงศกร เซ็นสมบูรณ์[1] จารุวัฒน์ สุวรรณนิช[1] ยศัสกร ประมวลทรัพย์[1]
และ สงกรานต์ จรรจลานิมิตร[1]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[*]Email: sunevent7@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบการจองห้องประชุม 2)เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้ระบบจองห้องประชุม โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาขั้นตอนในการจองห้องประชุม และสร้างรูปแบบการจองห้องประชุมที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ผลการวิจัยพบว่าการจองห้องประชุมที่สะดวกและรวดเร็ว ต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการจอง ซึ่งโปรแกรมที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบการจองห้องประชุมนั้น คือโปรแกรม Visual Basic ในการพัฒนา และใช้โปรแกรม Access ในการจัดเก็บข้อมูล รูปแบบในการพัฒนา จะเน้นไปที่ความสะดวก รวดเร็วในการทำงาน เพื่อลดระยะเวลาในการจองห้องประชุมในรูปแบบเดิม ที่มีการใช้รูปแบบขียนคำขอและต้องรอการอนุมัติจากผู้ดูแล ผลการประเมินการพึงพอใจประสิทธิภาพของระบบการจองห้องประชุมแบบใหม่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.01 ซึ่งอยู่ในระดับดี จากบุคคลกรผู้ใช้งานโปรแกรมจำนวน 35 คน

คำสำคัญ: การจองห้องประชุม ระบบบริหารจัดการ การจอง

Abstract

This research aims to 1) to Develop a meeting room reservation system 2) to Study the satisfaction of using the meeting room reservation system. The results showed that booking a quick and convenient meeting room was not a good idea. The program used to develop the conference room reservation system is visual basic. To develop and use Access to store data The development model focuses on ease of operation, speed of work, to reduce the time it takes to book a meeting room in the same format where requests are written and requires approval from the administrator. Evaluation of satisfaction of the performance of the meeting room reservation system The average was 4.01, which was good for 35 users of the program.

Keywords: Meeting Room Reservation, Management System, Reservation

1. บทนำ

เทคโนโลยีการสื่อสารและโทรคมนาคมมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทในการส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการจัดการบริหารการงานในหลากหลายประเภท ทั้งในส่วนของการสนับสนุนการให้บริการงานและงานประชาสัมพันธ์เพื่อให้ผู้รับบริการมีความประทับใจและเกิดความชื่นชมองค์กร อันเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีแก่องค์กรและเบื้องหลังความสำเร็จของทุกหน่วยงานนำมาใช้ในการวางแผนในการบริหารทรัพย์ยากรทางธุรกิจ เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานให้กับพนักงานในองค์กร เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้งานบริการเกิดความเที่ยงตรง ความสะดวกสบาย และรวดเร็วมากยิ่งขึ้น [1]

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต มีความต้องการในการเพิ่มประสิทธิภาพการให้งานบริการจองห้องประชุม เพื่อให้ผู้รับบริการเกิดความพึงพอใจในการใช้บริการในส่วนของการอำนวยความสะดวกการติดต่อสอบถามสถานะของให้ประชุม การติดต่อขอใช้ห้องประชุม ซึ้งในรูปแบบเดิมนั้นผู้รับบริการต้องเดินทาง หรือโทรศัพท์มาสอบถามด้วยตนเอง ซึ่งเป็นข้อจำกัดในเรื่องของเวลา ให้ผู้บริการที่ผู้รับบริการสามารถสอบถามข้อมูลในห้องประชุมในช่วงเวลาทำการเท่านั้นและข้อมูลของห้องประชุมที่ได้รับไปนั้น สามารถเคลื่อนได้เนื่องจากการเปลี่ยนผ่านของช่วงเวลา ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับนั้นไม่เป็นปัจจุบัน ทำให้เกิดการขอใช้งานห้องประชุมในช่วงเวลา ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับนั้นไม่เป็นปัจจุบัน ทำให้เกิดการขอใช้งานห้องประชุมในช่วงเวลาที่ซับซ้อนกัน อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในส่วนของการจัดเก็บบันทึกข้อความขอใช้ห้องประชุมที่หากมีการเปลี่ยนถ่ายผู้ดูแลหรือมีการจัดเก็บบันทึกที่กระจัดกระจาย ช่วงเวลาในการสืบค้นต้องใช้เวลานาน มีความเสี่ยงในการสูญหายและหากต้องการสรุปรายงานการให้บริการก็ต้องใช้เวลาในการรวบรวมเอกสารทั้งหมดนี้จึงเป็นข้อจำกัดในการให้บริการงานจองห้องประชุมที่ดี โดยมีผลการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์ระบบจองห้องประชุมออนไลน์ พบว่าต้องมีการพัฒนาระบบจองห้องประชุมออนไลน์ขึ้นมาใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับองค์กรในการดำเนินงานทำให้องค์กรเกิดความสะดวกและเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบระบบพบว่าเกิดความง่ายสะดวกในการใช้งาน ไม่สับสนในระบบ การพัฒนาระบบพบว่ามีกระบวนการและขั้นตอนใน การทำอยู่ 7 ขั้นตอนคือ 1) การกำหนดปัญหา 2) การศึกษาความเป็นไปได้ 3) การวิเคราะห์ระบบ 4) การออกแบบระบบ 5) การ สร้างและพัฒนาระบบ 6) การทดสอบและติดตั้งระบบ 7) การประเมินและการบำรุงรักษาระบบและการนำระบบไปใช้ พบว่าผู้ใช้ สามารถใช้งานได้ง่ายและทำการจองห้องประชุมได้รวดเร็วยิ่งขึ้น[2]

การศึกษาครั้งนี้มุ่งให้ความสำคัญกับแนวคิดในการพัฒนาระบบบริหารจัดการงานจองห้องประชุมของ มหาวิทยาลัยเกษมบันฑิตเพื่อให้บริการงานจองห้องประชุมเป็นที่พึ่งพอใช้อย่างสูงทีสุด โดยสามารถเก็บรงบรวมข้อมูลในรูปแบบที่สืบค้นได้ง่าย สามารถสิบค้นข้มูลสถานะของห้องประชุมจากข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน สมารถขอใช้บริการห้องประชุมแบบขอจองล่วงหน้าโดยไม่จำกัดสถานที่และตอบสนองการขอใช้ในทุกทีทุกเวลา ช่วยลดขั้นตอนในการให้บริการของเจ้าหน้าที่และอำนวยความสะดวกให้ผู้บริหารสามารถนำข้อมูลการสรุปผลการใช้บริการห้องประชุมไปวางแผนต่อยอดการบริการในอนาคตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้

1.กำหนดการประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นผู้บริหาร อาจารย์ เจ้าหน้าที่ ของมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1

1.กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคัดเลือกจากบุคลากร และ 2อาจารย์ ที่มีจำนวน 35คน ที่ใช้งานห้องประชุม

2.วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อพัฒนาระบบการจองห้องประชุม

2)เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้ระบบจองห้องประชุม

3.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้รับความสนใจนำมาใช้งานในหลายลักษณะและเกือบทุก ธุรกิจ โดยที่พัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศได้ส่งผลกระทบในวงกว้างไปทุกวงการทั้งภาคเอกชน และราชการ ซึ่งระบบสารสนเทศสามารถช่วยสร้างประโยชน์ต่อการด าเนินงานขององค์กรไม่ว่าจะเป็น ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงสารสนเทศที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์ ช่วยในการกำหนดเป้าหมายกลยุทธ์และการวางแผนปฏิบัติการ ช่วยในการตรวจสอบการดำเนินงาน ช่วยในการศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ช่วยให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นและช่วยลดค่าใช้จ่าย[4]

การพัฒนาระบบการจองห้องประชุมเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับคณะครูอาจารย์และผู้ดูแลที่ต้องการจองห้องประชุม ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์โดยจะได้รับความสะดวกสบายในการใช้งานสามารถเห็นขนาดของห้องประชุมและอุปกรณ์ต่างๆที่สำคัญของการประชุมนั้น ก่อนการตัดสินใจจอง

วงจรการพัฒนาระบบด้วย SDLC 7 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 กำาหนดปัญหา (Problem Definition) เป็นขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตของปัญหาและศึกษา ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบใหม่ มีการกำหนดความต้องการ โดยรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การรวบรวมเอกสาร การสัมภาษณ์และการใช้แบบสอบถาม เพื่อสรุปเป็นข้อกำหนดที่ชัดเจน

3.2 วิเคราะห์ระบบ (Analysis) เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์การดำเนินงานโดยนำ Requirement Specification

จากขั้นตอนแรกมาวิเคราะห์ในรายละเอียดเพื่อสร้างกระแสไหลของข้อมูล และคำอธิบายประมวลผล ข้อมูล

3.3 ออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนที่ได้จากผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์มาจำลองข้อมูล ออกแบบรายงาน ออกแบบจอรูปในการติดต่อกับการใช้งาน ออกแบบฐานข้อมูล จัดทำพจนานุกรมข้อมูลและสร้างต้นแบบ ซึ่งในขั้นตอนของการวิเคราะห์และออกแบบนี้จะมุ่งเน้นการแก้ปัญหาอะไร และแก้ปัญหาอย่างไร

3.4 พัฒนาระบบ (Development) เป็นขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมด้วยการเขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้าง ระบบงาน โดยการพัฒนานั้นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้เทคโนโลยี

3.5 ทดสอบระบบ (Testing) เป็นขั้นตอนทดสอบระบบงานก่อนที่จะนำไปใช้งานจริงหากมีข้อผิดพลาด เกิดขึ้นจะต้องย้อนกลับไปยังขั้นตอนปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม

3.6 ติดตั้งระบบ (Implementation) เมื่อมั่นใจว่าระบบงานสามารถใช้งานได้จริงให้ดำเนินการติดตั้งระบบ โดยจะต้องศึกษาสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่จะติดตั้ง และจัดทำคู่มือการใช้งาน

3.7 บำรุงรักษาระบบ (Maintenance) เป็นขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขระบบงานหลังจากที่ได้มีการติดตั้ง และใช้งานแล้ว เนื่องจากอาจเกิดปัญหาของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมเมอร์จะต้องทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง หรือเกิดความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการเพิ่มโมดูลโนการทำงานอื่นๆ [5]

4. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดำเนินงานด้วยวงจรการพัฒนาระบบจองห้องประชุม 7 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 กำหนดปัญหา (Problem Definition) ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดขอบเขตของปัญหาและศึกษาความ

เป็นไปได้ในการพัฒนาระบบใหม่ มีการกำหนดความต้องการ โดยรวบรวมข้อมูล รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นและสำรวจการ ดำเนินงานหรือระบบการทำงานของการจองห้องประชุมเดิม

4.2 วิเคราะห์ระบบ (Analysis) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์การดำเนินงานโดยนำ Requirement Specification จากขั้นตอนการกำหนดปัญหามาวิเคราะห์เพื่อสร้างกระแสไหลของข้อมูลและคำอธิบายประมวลผลข้อมูล ดังนี้ วิเคราะห์ระบบงานเดิม กำหนดความต้องการของระบบงานใหม่สร้างแบบจำลอง UML Model ประกอบด้วย Data Flow Diagram Level0, Data Flow Diagram Levol1, Flow Chart และสร้างพจนานุกรมข้อมูล

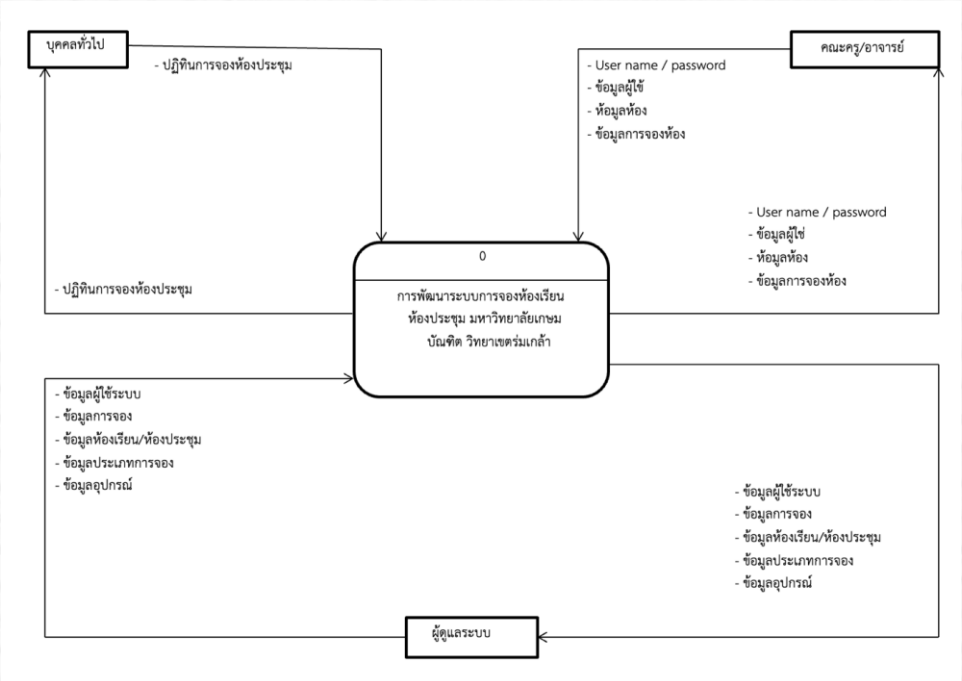
4.3 ออกแบบ (Design) ผู้วิจัยดำเนินการนำผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์มาจำลองข้อมูล ออกแบบรายงาน ออกแบบจอรูปในการติดต่อกับการใช้งาน ออกแบบฐานข้อมูล ดังนี้การออกแบบจอภาพ การออกแบบข้อมูล นำเข้า และรูปแบบการรับข้อมูล การออกแบบผังระบบ และการออกแบบฐานข้อมูล

4.4 พัฒนาระบบ (Development) ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบบริหารจัดการจองห้องประชุมที่ผู้ศึกษาได้นำการออกแบบและวิเคราะห์ข้อมูลมาทำการพัฒนาระบบโดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา คือ โปรแกรม Visual Basic ภาษาที่ใช้พัฒนา คือ Visual Basic และใช้ฐานข้อมูลในการเก็บข้อมูล คือ Access

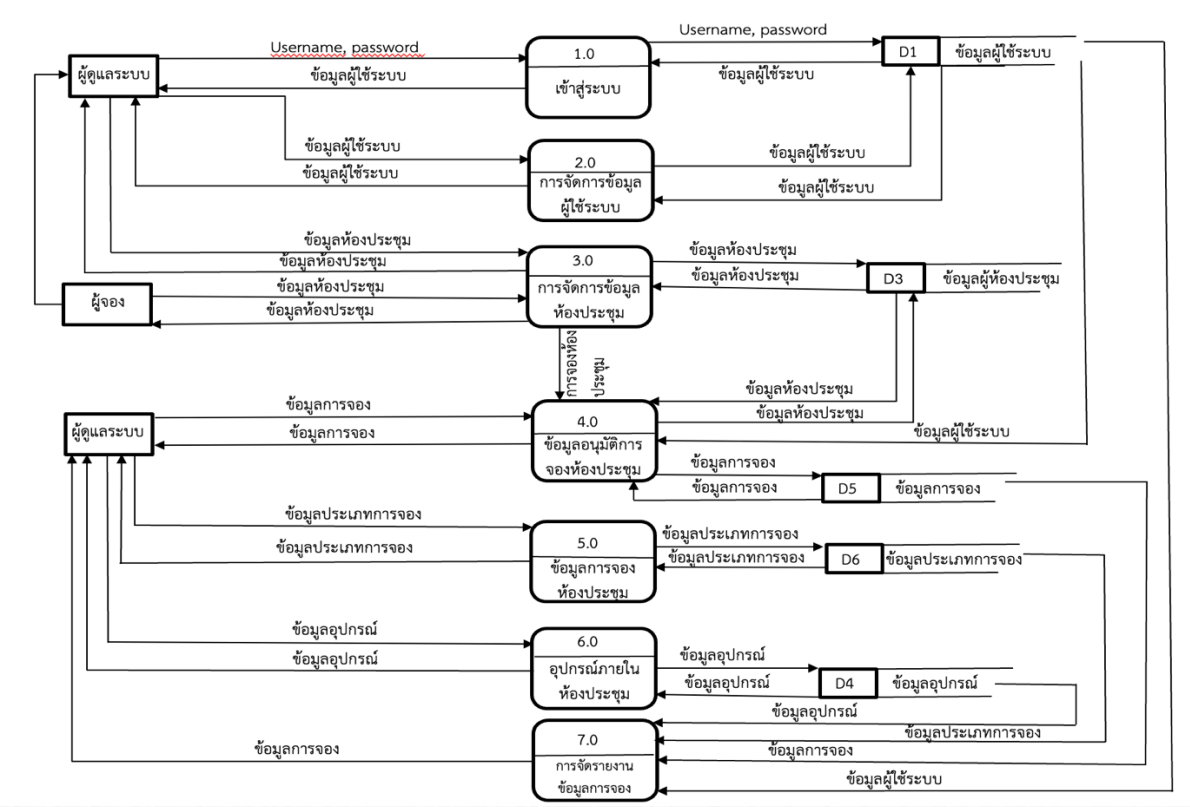
4.5 ทดสอบระบบ (Testing) ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบระบบที่ได้ทำการพัฒนาไว้ ก่อนที่จะนำไปใช้งานจริงหากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจะต้องย้อนกลับไปปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม จากนั้น นำระบบไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน

4.6 ติดตั้งระบบ (Implementation) เมื่อทำการพัฒนาระบบเสร็จสิ้นสมบูรณ์ผู้วิจัยจะทำการติดตั้งระบบบริหารจัดการจองห้องประชุม โดยใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 35 คน นำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ทำการประเมินผล ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จัดทำคู่มือการใช้งาน สรุปรายงานผลเป็นรูปเล่ม

4.7 บำรุงรักษาระบบ (Maintenance) เมื่อทำการติดตั้งและเริ่มใช้งานระบบเรียบร้อย ควรมีการดูแลและคอยอัพเดตข้อมูลให้มีความทันสมัย



ภาพที่ 1 DFD เลเวล 0 ระบบการจองห้องประชุม



ภาพที่ 2 DFD เลเวล 1 ระบบการจองห้องประชุม

5.ผลการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย ประกอบด้วย ผู้ใช้บริการ จำนวน 35 คนซึ่งใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายและสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) เป็น ค่าที่ใช้ส าหรับหาค่ากึ่งกลางข้อมูลแบบต่อเนื่องหรือข้อมูลที่สามารถมีค่าเป็นเลขทศนิยมได้ และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Standard deviation: S.D. หรือ S) เป็นค่าที่ใช้ส าหรับหาค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยของคะแนนแต่ละ คนจากค่ากึ่งกลางของข้อมูลหรือความแตกต่างของคะแนนแต่ละคนในกลุ่มโดยเฉลี่ย และนำมาจัดลำดับแบ่งเป็น ช่วงเท่าๆ กัน ดังนี้

ค่าคะแนนช่วง 4.50 - 5.00 หมายถึง อยู่ในระดับดีมากที่สุด

ค่าคะแนนช่วง 3.50 - 4.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีมาก

ค่าคะแนนช่วง 2.50 - 3.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีปานกลาง

ค่าคะแนนช่วง 1.50 - 2.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีน้อย

ค่าคะแนนช่วง 1.00 - 1.49 หมายถึง อยู่ในระดับดีน้อยที่สุด

สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจองห้องประชุมจะเห็นได้ว่าผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก[6]

6. สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการประเมินความพึงพอใจ คือ ผู้ใช้บริการ โดยเลือก กลุ่มตัวอย่างแบบง่าย จำนวน 30 คนประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบขอใช้บริการห้องประชุม

ตาราง ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ 35 คน

เรื่องที่ประเมิน	$\overline{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้บริการ	4.37	0.60	มาก
2. ด้านการท างานตามฟังก์ชั่นของระบบ	4.43	0.60	มาก
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.49	0.58	มาก
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ	4.57	0.59	มากที่สุด
ภาพรวมการใช้งานระบบ	4.46	0.59	มาก

ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจแต่ละด้าน ดังนี้ ด้านการตรงตามความต้องการของ ผู้ใช้บริการอยู่ในระดับพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 ด้านการท างานตามฟังก์ชั่นของระบบอยู่ในระดับพึง พอใจมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบอยู่ในระดับพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบอยู่พึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 ซึ่งโดยรวมแสดงให้เห็น ภาพรวมการใช้งานระบบอยู่ในระดับพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46[6]

7. อภิปรายผลการวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้นเป็นส่วนที่ทำให้มนุษย์สะดวกสบายมากขึ้น และในสถานที่ต่างๆได้นำเทคโนโลยีเข้ามาใช้มากขึ้น ตัวอย่างเช่น ห้างร้าน บริษัท หรือแม้กระทั่งสถานที่ราชการ ทั้งเทคโนโลยีการสื่อสาร เทคโนโลยีประมวลผล ทำให้กระบวนการทำงานที่เป็นระบบ และรวดเร็ว ตัวอย่างเทคโนโลยีที่นำมาใช้เกี่ยวกับการทำงาน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ สื่อวีดีทัศน์ เครื่องฉายภาพ เป็นต้น และเนื่องด้วยในปัจจุบันการจองห้องประชุมนั้นจะต้องดำเนินการต้องเข้ามาติดต่อเพื่อขอใช้ห้องด้วยตัวเอง หรือการโทรศัพท์เพื่อสอบถามทำให้เป็นการยุ่งยากในการอธิบายข้อจำกัดในการใช้หลายๆครั้ง อีกทั้งยังมีการจัดเก็บข้อมูลด้วยการจดบันทึก ซึ่งไม่มีระบบรองรับการทำงานในส่วนนี้

ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดที่จะจัดทำระบบการจองห้องระชุมขึ้น เพื่อให้การทำงานในส่วนนี้มีความเป็นระบบ ลดความยุ่งยากในการตอบคำถามและการบันทึกข้อมูล และเหมาะสมกับการทำงานมากที่สุด

8. บทสรุป

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้พบว่าระบบบริหารจัดการการจองห้องประชุม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของคณะครูอาจารย์ และส่วนของผู้ดูแลระบบ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และมีผลความพึงพอใจของ ผู้ใช้งานที่มีต่อระบบบริหารจัดการการจองห้องประชุม โดยรวมอยู่ในระดับดีมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็น เพราะว่า ระบบพัฒนาขึ้นได้ดำเนินการตามขั้นตอนกระบวนการ SDLC 7 ขั้น มีการเก็บรวบรวมข้อมูล และมีการสอบถามความต้องการของผู้ใช้เพื่อใช้ในการออกแบบ ซึ่งในการพัฒนาระบบทุกขั้นตอน ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง โดยอาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือเพื่อให้คำแนะนำในการใช้ระบบบริหารจัดการจัดการการจองห้องประชุมไว้อย่างชัดเจน มีการนำเสนอเนื้อหาตามลำดับขั้นตอนใช้งาน ได้ทำ

การ วิจัยเรื่อง ระบบบริหารจัดการจองห้องประชุมออนไลน์ ซึ่งเว็บไซต์ที่ได้จากการพัฒนานั้น มีความสะดวกในการประชาสัมพันธ์ มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพเรียกใช้งานง่าย รวมไปถึงช่วยลดการทำสำเนาอีกด้วย

9. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ อย่างดีด้วยคำแนะนำปรึกษาและคอยดูแลจาก อาจารย์สงกรานต์ จรรจลานิมิตที่ปรึกษาโครงการร่อม คอยสอน ให้ความดูแลเอาใจใส่ แนะนำ ให้ความช่วยเหลือเสมอมา ตลอดการศึกษา ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างสูง รวมถึง มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตที่ให้ความกรุณายืมอุปกรณ์ของทางมหาวิทยาลัย ในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ บิดามารดาและบุคคลในครอบครัวอันเป็นที่เคารพรักซึ่งเป็นผู้ที่ให้กำลังใจและให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

10. เอกสารอ้างอิง

[1] วงวงศ์ ยุทธไกร, ไพรัช, สุขหวาน, โอภาส, คำคอนสาร, และ ไพทูล. การออกแบบและสร้างเครื่องตั้งลูก กอล์ฟโดยระบบกลไก. วารสาร วิชาการ อุตสาหกรรม ศึกษา. 3(2010)65-71.

[2] กชพรรณ โทอกุล. การพัฒนาระบบจองห้องประชุมออนไลน์สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัด ขอนแก่น. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2(2019)7-12.

[3] มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. ระบบการบริหารจัดการงานจองห้องประชุม สำนักวิทยาบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ. 6(2022)37-58

[4] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดพิษณุโลก. การพัฒนาระบบการจองห้องประชุมออนไลน์. 7(2022)263-275

[5] วราพร กรีเทพ. การพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านอิเล็กทรอนิกส์เซอร์วิส. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ (ออนไลน์). 5(2021)1-19.

[6] นฤทธิ์ แสงเปี่ยม. การพัฒนาระบบขอใช้บริการห้องประชุมออนไลน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ (The Journal of Science and Technology RMUTSB), 3(2020), 8-8.

ผลของการสังเคราะห์แคลเซียมจากกระดูกสัตว์สำหรับการประดิษฐ์แก้วสี

Effect of Synthesis Calcium from Bone Animals For Fabricate color Glass

ณัฐกานต์ สุขสมร[1] ธนาพร บุญชู[1] อานนท์ ไกรป๊อก[2] และ วิไลวรรณ ลีนะกุล[1*]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[*]Email: wilaiwan.l@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะทำการประดิษฐ์แก้งคริสตัลที่สังเคราะห์แคลเซียมจากธรรมชาติ โดยเลือกใช้เป็นกระดองหมึก โดยทำการเปรียบเทียบของสมบัติทางด้านกายภาย เคมีและ โครงสร้างของเฟสองค์ประกอบ เพื่อหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก้ว การเตรียมโดยการเผาเพียงอย่างเดียวที่อุณหภูมิ 900°C,1000°C และ 1100°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำสารจากกระดองหมึกที่ได้จากการเผามาเป็นสารตั้งต้นในการหลอมแก้วคริสตัลสี จากการทดลองพบว่าแก้วคริสตัลที่ได้จากการเผา ที่ใช้แคลเซียมจากระดองหมึกเป็นส่วนประกอบหลักในการหลอม แก้วมีความใส แวววาว และนำแก้วที่ได้จากการเผามาทำการทดสอบต่างเพื่อหาผลที่ดีที่สุดจาแก้วที่ได้ทำการเติมสารที่ได้จากการเผากระดอวหมึก งานวิจัยนี้มีจุดเด่นคือสังเคราะห์แคลเซียมจากระดองหมึกทำเป็นแก้วคริสตัลสี โดยทั้งนี้เป็นการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติให้คุ้มค่า และเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตที่ใช้ในการซื้อสารที่เป็นสารประกอบในการประดิษฐ์แก้ว

Abstract

This research aims to fabricate natural calcium-synthesized crystal cavities by choosing to use as an octopus by comparing the physical, chemical, and structural properties of the component phases. To find the best conditions for use as a substrate in glass production. Preparation by sintering alone at 900°C, 1000°C and 1100°C for 4 hours and the substance from the sintered ink shell is used as a starting material for melting colored crystal glass. From the experiment, it was found that the crystal glass obtained by burning using calcium from the ink rod as the main component in the melt, the glass is clear and shiny and sintered glass was tested in different ways to determine the best result from the glass in which the substance obtained from the squid was added. The highlight of this research is the synthesis of calcium from the ink to make colored crystal glass. This is a cost-effective use of natural resources. and to reduce the cost of production used in the purchase of compounds in glass fabrication.

Keywords: Calcium oxide, Bone Animals, glass

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมด้านแก้วนั้นแก้วเป็นวัสดุวัสดุอสัณฐานประเภทหนึ่งที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแก้วคริสตัลที่จะทำนี้มีสมบัติเฉพาะตัวในเรื่องของความโปร่งใส ความ แข็งแกร่ง และความมันวาว ซึ่งเป็นสมบัติที่วัสดุอื่นทดแทนไม่ได้แก้ว นอกจากนั้นยังเป็นวัสดุที่มีค่าดรรชนีหักเหสูง (high refractive index) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุประเภทแก้ว ซึ่งมีโครงสร้างเป็นวัสดุอสัณฐาน เมื่อกล่าวถึงความเป็นประกาย ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของประเภทนี้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะผลิตแก้วคริสตัลสีโดยมีจุดเด่น คือจะนำสารตั้งต้นที่สังเคราะห์จากวัสดุธรรมชาติ นั่นคือกระดองหมึกมาทำการสังเคราะห์ให้ได้แคลเซียม เนื่องด้วยกระดองดองหมึกที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติเหลือใช้เป็นจำนวนมาก และจากการศึกษา [1] งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแครงด้วยกระบวนการตกตะกอน และการเผาด้วยอุณหภูมิสูงพบว่าการเตรียมแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแครง ด้วยกระบวนการตกตะกอนโดยความเข้มข้นตัวแปรที่ใช้ในการตกตะกอนที่เหมาะสม คือ ความเข้นของกรดไฮโดรคลอริก [2] การศึกษาผงเปลือกไข่และการดัดแปรเปลือกไข่ด้วยความร้อนและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างผลึก สมบัติทางความร้อนและ การกระจายของขนาดอนุภาคและลักษณะรูปร่างของอนุภาคผงเปลือกไข่และการดัดแปรเปลือกไข่ด้วยความร้อนและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างผลึก สมบัติทางความร้อนและ การกระจายของขนาดอนุภาคและลักษณะรูปร่างของอนุภาค ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะทำการสังเคราะห์แคลเซียมจากกระดองหมึก ด้วยวิธีการนำกระดองหมึกไปเผาในอุณหภูมิที่ต่างๆ กันและนำกระดองหมึกที่ได้จากการเผาไปทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบต่างๆ และนำไปใช้เป็นสารประกอบในการเผาเพื่อทำแก้วคริสตัลสี นำแก้วที่ได้จากการเผามาทำการทดสอบต่างเพื่อหาผลที่ดีที่สุดจาแก้วที่ได้ทำการเติมสารที่ได้จากการเผากระดองหมึก งานวิจัยนี้มีจุดเด่นคือสังเคราะห์แคลเซียมจากกระดองหมึกทำเป็นแก้วคริสตัลสี โดยทั้งนี้เป็นการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติให้คุ้มค่า และเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตที่ใช้ในการซื้อสารที่เป็นสารประกอบในการประดิษฐ์แก้ว

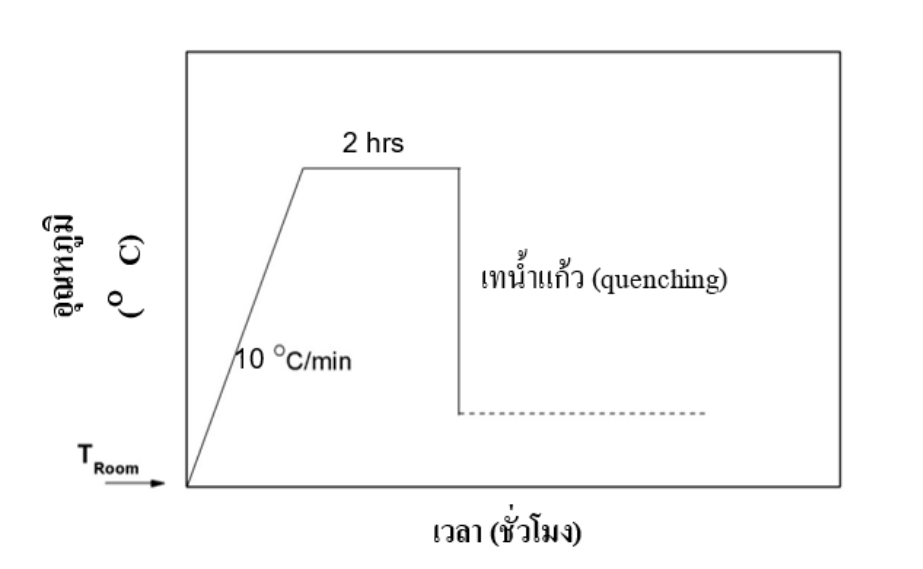
2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

- เตรียมกระดองหมึก โดยนำไปต่างแห้ง/อบ เพื่อไล่ความชื่นในตัวกระดองหมึก
- ใส่กระดองหมึกลงในถ้วย crucible ขนาดใหญ่ แล้วไปเผาด้วยเงื่อนไขที่ต่างกัน นั่นก็คือเผาที่อุณหภูมิ 900,1000 และ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น-ลงของอุณหภูมิ คือ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที
- นำกระดองหมึกที่เผาที่อุณหภูมิต่างๆ มาวิเคราะห์เฟสด้วยวิธีการ XRD,XRF และ SEM
- เมื่อได้กระดองหมึกที่ผ่านการเผาด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกันแล้ว นำมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก้วตามปริมาณที่แสดงในตารางที่ 2.1 โดยใช้อุณหภูมิในการหลอมที่อุณหภูมิ 1350 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- นำชิ้นงานแก้วที่ได้วัดสมบัติทางความแข็ง

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนของสารตั้งต้นที่ใช้สำหรับเตรียมแก้ว

ส่วนผสม	wt%
SiO_2	42
K_2O	14

Na_2O	3
Borax	1
$BaCO_3$	8
CaO	12
สารอื่นๆ	20



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงเงื่อนไขของอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอม

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การทดสอบลักษณะทางกายภาพ (Physical properties)



รูปที่ 3.1 กระดองหมึกที่ยังไม่ผ่านการเผา

(ก) (ข) (ค)



รูปที่ 3.2 แสงเถ้ากระดองหมึก จากการผาที่อุณหภูมิ 900°C (ก) , 1000°C (ข) และ 1100°C (ค)

หลังจาการสังเคราะห์กระดองหมึกด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน พบว่าลักษณะของเถ้ากระดองหมึกที่ได้มีความละเอียดที่แตกต่างกัน โดยที่ ที่อุณหภูมิ 900°C จะพบว่ามีความหยาบ สีขาว และเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1000 °C มีความละเอียดเพิ่มสูงขึ้น และมีความละเอียดสูงที่สุดที่เงื่อนไขในการเผาที่ 1100°C

3.2 การวิเคราะห์องประกอบธาตุด้วยเทคนิคเอกซเลย์ฟลูออเรสเซนต์ (XRF) ของกระดองหมึกที่ผ่านการเผาด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

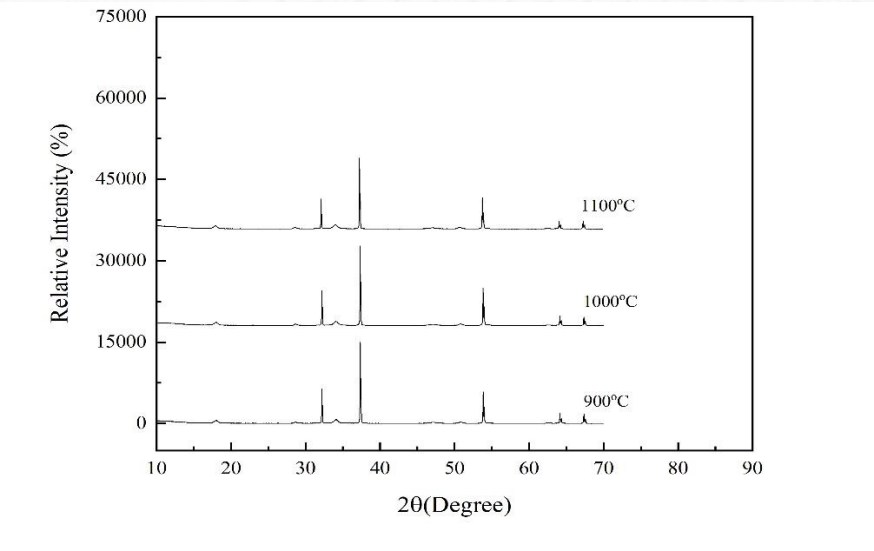
ตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบของธาตุในกระดองหมึกที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900°C ,1000°C และ 1100°C

เผาที่อุณหภูมิ 900°C		เผาที่อุณหภูมิ 1000°C		เผาที่อุณหภูมิ 1100°C	
องค์ประกอบสารเคมี	%w/w	องค์ประกอบสารเคมี	%w/w	องค์ประกอบสารเคมี	%w/w
CaO	99.173	CaO	99.162	CaO	99.192
Cr_2O_3	0.005	Cr_2O_3	0.003	Cr_2O_3	0.009
Fe_2O_3	0.006	Fe_2O_3	0.007	Fe_2O_3	0.007
CuO	0.002	CuO	0.003	CuO	0.002
ZnO	0.036	ZnO	0.043	ZnO	0.034
SrO_2	0.640	SrO_2	0.637	SrO_2	0.620
MoO_3	0.137	MoO_3	0.145	MoO_3	0.136

จาตาราง 3.2 แสดงองค์ประกอบของธาตุในกระดองหมึกที่ผ่านเงื่อนไขในการเผาที่แตกต่างกัน เมื่อทำการเผากระดองหมึกที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสพบว่า ได้สารประกอบแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นปริมาณสูงสุดที่ 99%w/w รองลงมาได้แก่สารสตอนเทียมออกไซด์ (SrO_2) โดยผลที่ได้ดังกล่าวมีความสอดคล้องกันกับการเตรียมกระดองหมึกโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 1000 และ 1100 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าแคลเซียมมีความบริสุทธิ์สูงที่สุดจากการเผากระดองหมึกที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 1100°C โดยได้ปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 99.192 %w/w

3.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ของกระดองหมึกที่ผ่านการเผาด้วเงื่อนไขที่ต่างกัน

หลังจากทำการเผากระดองหมึกที่เงื่อนไขต่างกันพบว่าที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900-1100 องศาพบแนวโน้มการเกิดเฟสองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน โดยเฟสที่เกิดขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบของเฟสแคลเซียมคาร์ด้วยกัน โดยเฟสหลักได้แก่เฟสของ CaO โดยพบว่าเมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นที่ 1000 องศาเซลเซียส ปริมาณพีคของ CaO ปริมาณสูงขึ้นและมีค่าสูงที่สุดที่เงื่อนไขการเผากระดองหมึกที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส

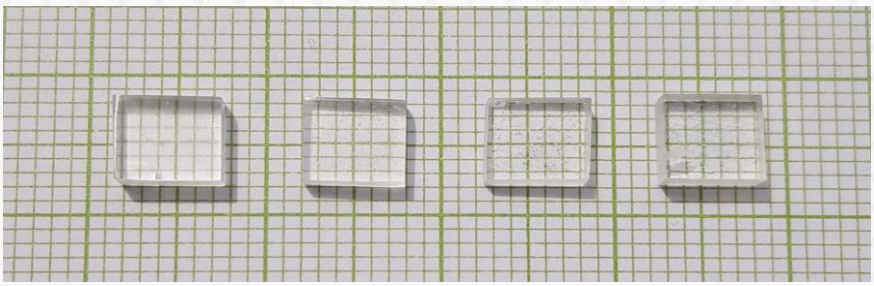


รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของกระดองหมึกที่ผ่านเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

3.4 สีของแก้วคริสตัลที่สังเคราะห์ได้

จากผลการทดลองที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกสารตั้งต้นแคลเซียมออกไซด์จากกระดองหมึกที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 เงื่อนไขได้แก่ แคลเซียมจากสารเคมี แคลเซียมจากการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1100 องศาเซลเซียสมาทำการหลอมแก้ว ซึ่งผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.4

จากผลที่ได้พบว่าแก้วที่ได้มีลักษณะเป็นสีขาวไส เหมือนกันทุกชิ้นงาน แต่มีปริมาณฟองที่แตกต่างกัน โดยที่ฟองอากาศซึ่งเป็นตำหนิในแก้วพบมากที่สุดที่เงื่อนไขการใช้กระดองหมึกที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส

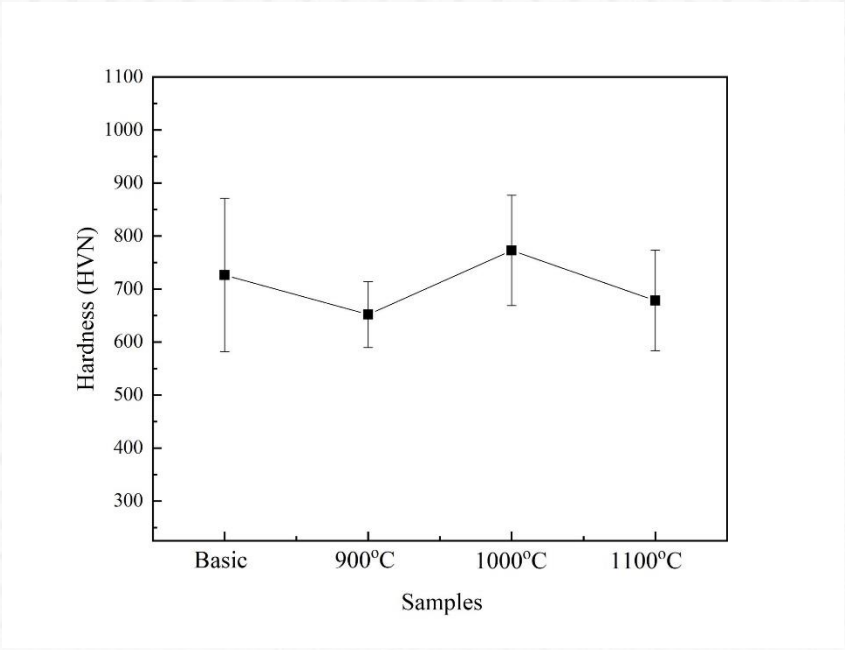


(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 3.4 แสดงรูปแก้วคริสตัลที่สังเคราะห์ได้จากการเตรียมกระดองหมึกที่ผ่านเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

3.5 ผลการทดสอบวัดค่าความแข็ง (Hardness) ของกระดองหมึกที่ผ่านการเผาด้วเงื่อนไขที่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาสมบัติทางความแข็งของแก้วที่ผ่านหลอมพบว่า ค่าสมบัติความแข็งที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แตกต่างกันเล็กน้อย โดยค่าความแข็งที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 650-720 HVN โดยค่าที่มากที่สุดได้มาจากชิ้นงานแก้วที่ใช้แคลเซียมจากกระดองหมึกที่เผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นชิ้นงานที่พบฟองอากาศภายในเนื้อแก้วจำนวนน้อยที่สุด และค่าความแข็งมีค่าน้อยที่สุดได้มาจากชิ้นงานแก้วที่ใช้แคลเซียมจากกระดองหมึกที่เผาที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เป็นผลมาจากการมีฟองอากาศมากภายในชิ้นงานเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่เงื่อนไขการเผาอื่น



รูปที่ 3.5 แสดงสมบัติความแข็งของชิ้นงานแก้วที่ได้จากกระดองหมึกที่เผาในเงื่อนไขอุณหภูมิที่ต่างกัน

4. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้สามารถสังเคราะห์แคลเซียมจากกระดองหมึกได้ความบริสุทธิสูง โดยเงื่อนไขที่ดีที่สุดได้มาจากการเผากระดองหมึกที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และเมื่อนำมาทำการหลอมเป็นแก้วคริสตัล พบว่าการเผากระดองหมึกทุกเงื่อนไข สามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นในการหลอมแก้วได้ และค่าความแข็งของแก้วที่ให้สมบัติทางกลที่ดีที่สุดได้มากจากการใช้กระดองหมึกที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณการทำวิจัยจากงบประมาณภายใต้ทุนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ 2564 และทุนภายใต้โครงการวิจัย การพัฒนาความเป็นเลิศของสถาบันอุดมศึกษาและการผลิตกำลังคนขั้นสูงด้าน ววน. เพื่อขับเคลื่อนการพลิกโฉมสถาบันอุดมศึกษาตามกลุ่มยุทธศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2565 รวมไปถึงคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5 “เทคโนโลยี นวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ” ในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เอกวิทย์ เพียรอนุรักษ และชุติมา แกมกิจ “การเตรียมนาโนแคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยแครงเพื่อใช้เป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติ” รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 2561.

[2] วมิลลกัษณ์ สุตะพนัธ์,ผศ.ดร. ยุพาพร รักสกุลพิวัฒน์ และ ผศ.ดร. นิธินาถ ศุภกาญจน์ “รายงานการวิจัย การเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิทจากเปลือกไข่ไก” 2564 หน้า 4-5.

[3] ภาวิตา จินตนานฤมิตร,ทวีศักดิ์เตชะเกรียงไกร และพรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์ “คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของไบโอแคลเซียมจากก้างปลาทูน่าโดยวิธีการสกัด” วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 2564 หน้า 22.

เว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก

Website selling products for Pangpond woven from plastic strands.

ธิดารัตน์ บุญมาศ[1*] ฟิตรียะ สูแลแม[1] และ ศิวพร นาคอุดม[1]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
[*]Email: 6211317002@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

เว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก พัฒนาขึ้นโดยมีจุดประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก 2) เพื่อขยายช่องทางในการจำหน่ายสินค้าผ่านทางระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) เว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก โดยใช้โปรแกรม Word press 2) แบบประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ด้านเนื้อหา สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 5 คน และบุคคลทั่วไปที่เข้าใช้งาน จำนวน 40 คน โดยเข้าไปทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมเว็บไซต์ผ่านทางคิวอาร์โค้ดที่หน้าเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากผลการวัดความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.54, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.58) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 2 ด้าน โดยเรียงจากค่าเฉลี่ยพบว่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านประโยชน์และการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.55 และระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์มีค่าเฉลี่ย 4.52 สรุปได้ว่าการพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติกที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับความต้องการใช้งานของผู้ใช้ระบบ สามารถนำไปใช้ในการจำหน่ายสินค้าที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าใช้งานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ระบบซื้อขายออนไลน์ เว็บไซต์ จักสานจากเส้นพลาสติก เวิร์ดเพรส

Abstract

Website selling products for Pangpond woven from plastic strands purpose built. 1) Build a website for selling Pangpond woven products from plastic strands. 2) Created to expand sales channels through technology systems. 3) Study the satisfaction of website visitors. research tools. Consisting of 1) a website selling Pangpond woven products made from plastic threads by using Word press, which is a packaged program in the CMS group. 2) Website Content Quality Assessment Form For content professionals. 3) Website visitor satisfaction assessment form The samples used in the research were 40 guests By entering the website audience satisfaction assessment form via QR code on the website selling

Pangpond woven products made from plastic strands. The statistics used in the data analysis were mean and standard deviation.

From the results of the satisfaction measurement of website visitors Their overall satisfaction was at a very good level (mean = 4.54, standard deviation = 0.58) When considering the subjects assessed in 2 aspects, sorted from the average, it was found that the satisfaction level was the highest is, in terms of usefulness and usability, has an average of 4.55 and the level of satisfaction with the design and layout of the website was an average of 4.52 It can be concluded that the development of a website that sells woven products made from plastic strands has been developed. Is consistent with the needs of users of the system Can be used to sell products that are beneficial to users as well.

Keywords: Online Shopping System, Website, Woven from plastic strands, Word press

1. บทนำ

เทคโนโลยีในปัจจุบันมีการพัฒนาและคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามาเสริมปัจจัยพื้นฐานต่อการดำรงชีวิตทำให้การค้าและการดำเนินธุรกิจมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆเริ่มพยายามเปลี่ยนแปลงให้เข้าสู่ยุคของการค้ารูปแบบใหม่คือการนำหลักการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีต้นทุนต่ำและสามารถเข้าถึง ผู้บริโภคได้อย่างทั่วถึงจึงเป็นช่องทางการตลาดที่สะดวกและรวดเร็วเหมาะแก่การนำมาใช้ในการติดต่อสื่อสารกับผู้บริโภค

ปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติกก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2560 โดยนางปิยะนุช อรุณแสง ตั้งอยู่ที่บ้านเลขที่ 98/1 หมู่ 4 ตำบลบ้านเกาะ อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช เริ่มต้นเกิดจากเจ้าของกิจการถนัดในงานฝีมือและมีความสนใจผลิตภัณฑ์จักสานจากเส้นพลาสติก เลยมีโอกาสได้ไปศึกษาต่อกับผู้มีความรู้ในด้านนี้โดยตรงจนสามารถผลิตและจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้เสริมให้กับครอบครัว จากการเก็บข้อมูลพบว่าในปัจจุบันปังปอนด์จักสานเส้นพลาสติกยังไม่มีเว็บไซต์เข้ามาใช้อย่างเป็นรูปธรรม ส่วนใหญ่จะใช้จะใช้วิธีโพสต์ขายทาง Facebook ส่วนตัวของเจ้าของกิจการและผ่านการบอกปากต่อปาก นอกจากนั้นยังมีเพจของร้านซึ่งไม่ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า ทางร้านเลยต้องการมีเว็บไซต์เพื่อเพิ่มช่องทางในการจำหน่ายสินค้า

ดังนั้นผู้จัดทำจึงพัฒนาเว็บไซต์เพื่อบริการให้กับลูกค้าที่ไม่สะดวกเดินทาง สามารถสั่งซื้อและเห็นหน้าตาสินค้าได้ อีกทั้งเว็บไซต์จะเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่ช่วยทำให้ปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติกเป็นที่รู้จักมากขึ้น

2. วิธีการวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร ได้แก่ ประชากรที่มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 1,549,344 คน

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 5 คน ใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง และบุคคลทั่วไปที่เข้าใช้งานเว็บไซต์ จำนวน 40 คน ใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง

2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1) ตัวแปรอิสระ คือ การใช้เว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก

2) ตัวแปรตาม คือ

- การประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
- ความพึงพอใจของผู้เข้าใช้งานเว็บไซต์

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามออนไลน์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 45 ชุด โดยการใช้คิวอาร์โค้ดที่หน้าเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติกในการกระจายแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกการวิเคราะห์หาคุณภาพของเว็บไซต์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 5 คน และส่วนที่สองการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ ที่ประเมินโดยบุคคลทั่วไปจำนวน 40 คน โดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด (1) น้อย (2) ปานกลาง (3) มาก (4) และมากที่สุด (5)

2.4 ขั้นตอนการพัฒนาเว็บไซต์

ในการพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก ผู้วิจัยมีวงจรการทำงานที่เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจนตั้งแต่ต้นว่าเริ่มทำอะไรบ้าง และเมื่อพัฒนาเสร็จแล้วจะต้องบำรุงรักษาหรือดูแลระบบต่อไปอย่างไร เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ซึ่งปกติมักจะแบ่งเป็นขั้นตอนหรือกลุ่มงานสำคัญ เพื่อให้ง่ายต่อการลงมือปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้จะสัมพันธ์กันตลอดเวลาจนกว่าระบบงานจะเสร็จสิ้น จึงเรียกว่าวงจรการพัฒนาระบบหรือ SDLC ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ ๆ ดังนี้

1) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาระบบเดิมของร้านปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก พบว่าทางร้านมีช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าที่น้อยและไม่ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า ทำให้ลูกค้ามีความยุ่งยากในการสั่งซื้อสินค้า ผู้วิจัยได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบใหม่ขึ้นมา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำหน่ายสินค้าและลดระยะเวลาในการดำเนินงาน ในการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคโนโลยี ด้านการปฏิบัติงานและด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าทางร้านปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติกยังไม่มีความพร้อม

2) วิเคราะห์ระบบการศึกษาความต้องการของผู้ใช้โดยการสัมภาษณ์เจ้าของธุรกิจ พบว่าในปัจจุบันปังปอนด์จักสานเส้นพลาสติกยังไม่มีเว็บไซต์เข้ามาใช้อย่างเป็นรูปธรรม ส่วนใหญ่จะใช้จะใช้วิธีโพสต์ขายทางเฟสบุ๊คของเจ้าของกิจการและผ่านการบอกปากต่อปาก นอกจากนั้นยังมีเพจของร้านซึ่งไม่ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้า เจ้าของธุรกิจเลยต้องการมีเว็บไซต์เพื่อเพิ่มช่องทางในการจำหน่ายสินค้า

3) ออกแบบระบบ ผู้วิจัยทำการสร้างแบบจำลองข้อมูล โดยการสร้างแผนภาพ ER-Diagram ออกแบบการนำข้อมูลเข้าและออก การออกแบบหน้าจอเว็บไซต์และการออกแบบเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

4) พัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเป็นเว็บแอพพลิเคชั่น โดยใช้โปรแกรม Word press ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาเว็บไซต์ และลดขั้นตอนความยุ่งยากในการบริหารจัดการเว็บไซต์

5) ทดสอบระบบ หลังจากที่พัฒนาระบบเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบก่อนนำไปใช้จริง โดยเป็นการทดสอบการเข้าใช้งาน การสั่งซื้อสินค้า การอัพเดทข้องมูลของสินค้าและข้อมูลของร้าน และตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

6) ติดตั้งระบบ หลักจากทำการทดสอบระบบเสร็จผู้วิจัยทำการติดตั้งระบบโดยนำเว็บไซต์ขึ้นเซิร์ฟเวอร์จริง และจดโดเมนเนมในชื่อ https://pangpondwoven.com

7) การบำรุงรักษาระบบ โดยการดูแลระบบให้มีประสิทธิภาพ หากมีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบก็จะมีการปรับแก้ไขให้ถูกต้อง

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการประเมินระบบจะต้องมีการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผลก่อนจะนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ซึ่งการหาคุณภาพของเครื่องมือสามารถจำแนกได้หลายประเด็น แต่ผู้วิจัยจะเลือกใช้วิธีการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เนื่องจากเป็นการหา ค่าความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อคำถามแต่ละข้อ วัดได้ตรงตามความต้องการเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์มากน้อยเพียงใด

โดยใช้เกณฑ์การประเมิน โดยให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามตรงตามการวัดจุดประสงค์นั้น ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจข้อคำถามตรงตามการวัดจุดประสงค์นั้น และให้ะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่ตรงตามการวัดจุดประสงค์นั้น แล้วนำข้อมูลที่ได้ จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) จากสูตร

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ ΣR แทนผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่า 0.50 ขึ้นไปแสดงว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์หรือตรงตามเนื้อหานั้นแสดงว่าข้อคำถามข้อนั้นใช้ได้

ตารางที่ 1 เกณฑ์ประเมินผลของแบบประเมินคุณภาพเนื้อหา

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน			ความหมาย
เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	คะแนนเฉลี่ย	
ดีมาก	5	4.50 – 5.00	คุณภาพเนื้อหามีประสิทธิภาพในระดับดีมาก
ดี	4	3.50 – 4.49	คุณภาพเนื้อหามีประสิทธิภาพในระดับดี
พอใจ	3	2.50 – 3.49	คุณภาพเนื้อหามีประสิทธิภาพในระดับพอใช้
ปรับปรุง	2	1.50 – 2.49	คุณภาพเนื้อหามีประสิทธิภาพในระดับปรับปรุง
ไม่เหมาะสม	1	1.00 – 1.49	คุณภาพเนื้อหามีประสิทธิภาพในระดับไม่เหมาะสม

ตารางที่ 2 เกณฑ์ประเมินผลของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้งานเว็บไซต์

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน			ความหมาย
เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ	คะแนนเฉลี่ย	
มากที่สุด	5	4.50 – 5.00	ผู้ใช้มีความพึงพอใจมากที่สุด
มาก	4	3.50 – 4.49	ผู้ใช้มีความพึงพอใจมาก
ปานกลาง	3	2.50 – 3.49	ผู้ใช้มีความพึงพอใจปานกลาง
น้อย	2	1.50 – 2.49	ผู้ใช้มีความพึงพอใจน้อย
น้อยที่สุด	1	1.00 – 1.49	ผู้ใช้มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

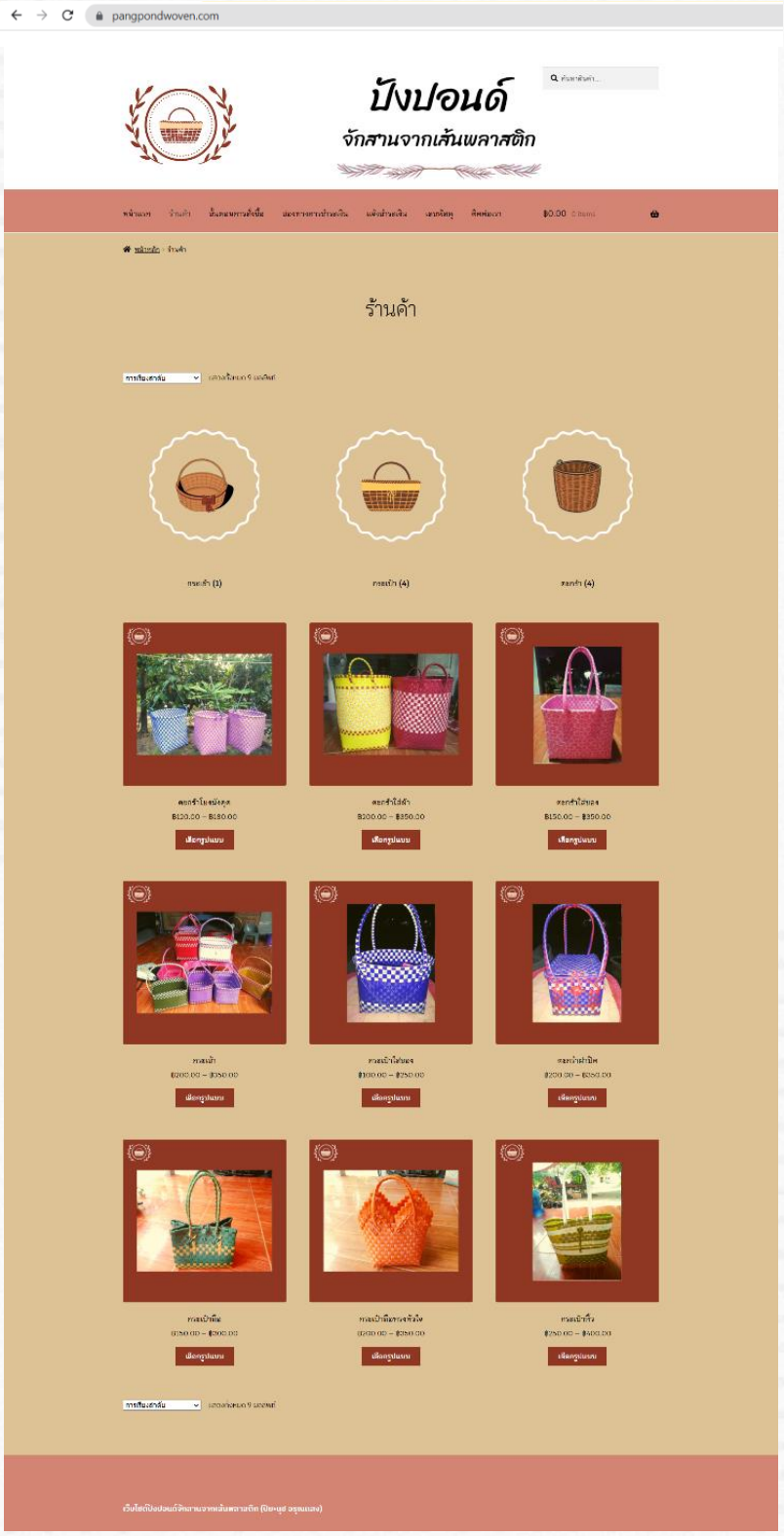
การพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของร้านและเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าของร้านปังปอนด์และมีความสอดคล้องกับผู้ใช้ที่ต้องสั่งซื้อสินค้าจากเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก เพื่อเพิ่มความสะดวกให้แก่ลูกค้า โดยเว็บไซต์มีความเรียบง่าย สบายตา ข้อมูลไม่ซับซ้อน และมีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ทันสมัยต่อเหตุการณ์ต่างๆ ผู้ใช้ระบบสามารถนำข้อมูลและสารสนเทศต่าง ๆ

ไปใช้ประโยชน์ การมีเว็บไซต์ที่มีคุณภาพจะช่วยให้เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการจัดการกับข้อมูลสินค้าและข้อมูลการสั่งซื้อ โดยคุณภาพของเนื้อหา อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.45 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.61) ความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.54 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.58)

3.1 ผลการพัฒนาเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก



ภาพที่ 1 หน้าแรกของระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก



ภาพที่ 2 หน้าสินค้าของระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก

จากการพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก พบว่ามีการพัฒนาขึ้นโดยมีการให้บริการรูปแบบของศูนย์กลางเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยแบ่งเมนูหน้าเว็บไซต์ออกเป็น 7 เมนู ได้แก่ 1) หน้าแรก 2) ร้านค้า 3) ขั้นตอนการสั่งซื้อ 4) ช่องทางการชำระเงิน 5) แจ้งชำระเงิน 6) เลขพัสดุ และ 7) ติดต่อเรา ซึ่งสามารถแสดงได้ดัง

ภาพที่ 1 และภาพที่ 2 โดยข้อมูลและสารสนเทศต่างๆ สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ผ่านระบบออนไลน์ได้ตลอดเวลา ทำให้ข้อมูลและสารสนเทศมีความทันสมัย การชื่อมโยงกันระหว่างสารสนเทศมีความถูกต้อง และสามารถสั่งซื้อสินค้า ผ่านทางเว็บไซต์ได้ตลอดเวลา

3.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณ ภาพของเว็บไซต์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของเว็บไซต์ สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

เรื่องประเมิน	ระดับคุณภาพด้านเนื้อหา		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
1. มีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ	4.55	0.55	ดีมาก
2. ปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ	4.38	0.58	ดี
3. มีการจัดลำดับเนื้อหาเป็นหมวดหมู่ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ	4.40	0.63	ดี
4. มีความน่าเชื่อถือสามารถทำการซื้อขายได้	4.40	0.74	ดี
5. มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหา	4.55	0.55	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมด	**4.45**	**0.61**	**ดี**

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ด้านเนื้อหา สำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าได้เว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติกที่มีคุณภาพของเนื้อหาอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.45, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน =0.61) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 5 เรื่อง พบว่าเชี่ยวชาญให้ความสำคัญความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือและการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหา มีค่าเฉลี่ย 4.55 เนื้อหามีการจัดลำดับเนื้อหาเป็นหมวดหมู่ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจและมีความน่าเชื่อถือสามารถทำการซื้อขายได้ มีค่าเฉลี่ย 4.40 และปริมาณเนื้อหามีเพียงพอกับความต้องการ มีค่าเฉลี่ย 4.38

3.3 ผลการวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์

เรื่องประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์			
1. การจัดรูปแบบเว็บไซต์ง่ายต่อการใช้งาน	4.63	0.54	มากที่สุด
2. ภาพเนื้อหามีความสอดคล้องกันและสามารถสื่อความหมายได้	4.50	0.67	มากที่สุด
3. ขนาดตัวอักษรและรูปแบบตัวอักษรมีความสวยงามและอ่านได้ง่าย	4.55	0.50	มากที่สุด
4. เมนูต่าง ๆ ในเว็บไซต์ใช้งานง่าย	4.45	0.71	มาก
5. สีพื้นหลังและสีอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.50	0.55	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวมรายด้าน	**4.52**	**0.59**	**มากที่สุด**
ด้านประโยชน์และการใช้งาน			
1. เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.68	0.47	มากที่สุด
2. ข้อมูลเนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์ ใช้งานได้จริง	4.60	0.54	มากที่สุด

3. มีความสะดวกในการสั่งซื้อสินค้าและชำระเงิน	4.53	0.59	มากที่สุด
4. สามารถเป็นแหล่งความรู้ได้	4.48	0.59	มาก
5. เป็นแหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน	4.50	0.67	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวมรายด้าน	**4.55**	**0.57**	**มากที่สุด**
คะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมด	**4.54**	**0.58**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 ผลการวัดความพึงพอใจของผู้เข้าชมเว็บไซต์ มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.54, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.58) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 2 ด้าน พบว่าความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.52, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.59) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 5 เรื่อง โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ การจัดรูปแบบเว็บไซต์ง่ายต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.63 และขนาดตัวอักษรและรูปแบบตัวอักษรมีความสวยงามและอ่านได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.55 สีพื้นหลัง สีอักษรมีความเหมาะสมและภาพเนื้อหามีความสอดคล้องกันและสามารถสื่อความหมายได้ มีค่าเฉลี่ย 4.50 และระดับความพึงพอใจมาก คือ เมนูต่าง ๆ ในเว็บไซต์ใช้งานง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.45

ความพึงพอใจด้านประโยชน์และการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.55, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.57) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 5 เรื่อง โดยเรียงลำดับจากค่าเฉลี่ย พบว่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.68 และข้อมูลเนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์ ใช้งานได้จริง มีค่าเฉลี่ย 4.60 มีความสะดวกในการสั่งซื้อสินค้าและชำระเงิน มีค่าเฉลี่ย 4.53 แหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.50 และระดับความพึงพอใจมาก คือ สามารถเป็นแหล่งความรู้ได้ มีค่าเฉลี่ย 4.48

4. บทสรุป

การพัฒนาระบบเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก ที่พัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของร้านและเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าของร้านปังปอนด์จักสาน และมีความสอดคล้องกับผู้ใช้ที่ต้องสั่งซื้อสินค้าจากเว็บไซต์จำหน่ายสินค้าปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติก เพื่อเพิ่มความสะดวกให้แก่ลูกค้า โดยเว็บไซต์มีความเรียบง่าย สบายตา ข้อมูลไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย และมีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ทันสมัยต่อเหตุการณ์ต่างๆ ผู้ใช้ระบบสามารถนำข้อมูลและสารสนเทศต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์ การมีเว็บไซต์ที่มีคุณภาพจะช่วยให้เว็บไซต์มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการจัดการกับข้อมูลสินค้าและข้อมูลการสั่งซื้อ โดยคุณภาพระบบเว็บไซต์ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.45 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.61) ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.54, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.58) เมื่อพิจารณาเรื่องที่ประเมินจำนวน 2 ด้าน โดยเรียงจากค่าเฉลี่ยพบว่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านประโยชน์และการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.55 และระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ย 4.52

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ศิวพร นาคอุดม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาคำแนะนำเกี่ยวกับการทำโครงงานรวมถึง ช่วยให้คำแนะนำในการแก้ไขเอกสาร ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ ผู้จัดทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำแนวทางที่ เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำโครงงานเล่มนี้ และขอขอบคุณเจ้าของปังปอนด์จักสานจากเส้นพลาสติกที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกใน

เรื่องของข้อมูลในทุกๆ ด้าน และที่ขาดไม่ได้คือคุณพ่อคุณแม่และสมาชิกในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนเพื่อให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ทวีวุฒิ นาหอหมัะ. (2563). จำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์ด้วย XAMPP. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://Nakomah.com/blog/จำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์ด้วย-xampp

[2] ปานระพี รพิพันธุ์. (2563). Canva คืออะไร. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://www.it24hrs.com/2020/canva-presentation/

[3] พลากร ประสูตร์แสงจันทร์. (2565). สร้างตารางใน WordPress อย่างไรให้ ฟินเวอร์. สืบค้น 10 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://palamike.com/wordpress-tables/

[4] พลชัย พิทักษานนท์กุล. (2561). ระบบฐานข้อมูล. สืบค้น 10 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://www.glurgeek.com/education

[5] มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด. (2561). สร้างแผนภาพบริบท. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2565, จา https://alaska.reru.ac.th

[6] วศิน เพิ่มทรัพย์. (2563). การวิเคราะห์และพัฒนาระบบ. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น

[7] อดิศร แก้วจันทร์ศิลป์. (2564). WordPress คืออะไร? ทำไมเว็บทั่วโลกจึงนิยมใช้สร้างเว็บธุรกิจ. สืบค้น 10 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://thewhitemarketing.com/what-is-wordpress/

[8] อภิวัชร์ พัฒนาอนุรักษ์. (2561). phpMyAdmin คืออะไร. สืบค้น 10 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://bestinternet.co.th/single_blog.php?id=10

[9] อมิตา คำพิลา. (2561). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. สืบค้น 10 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://sites.google.com/site/amitaoilysites/home

Some Homomorphism Properties of Pseudo d-algebras

Chanwit Prabpayak

Division of Mathemetics and Statistics, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Email: chanwit.p@rmutp.ac.th

Abstract

In a pseudo d-algebra X, we study the quotient of X and its homomorphism properties. Then we showed that for normal pseudo d*-ideals A and B of a pseudo d-algebra X, if $A\cup B$ is a pseudo d-algebra, then $(A\cup B)/B$ is isomorphic to $A/(A\cap B)$.

Keywords: Pseudo d-algebra, Quotient d-algebra, d-ideal, d*-ideal

1. Introduction

d-algebra is a non-empty set X with constant 0 and binary operation $*$ satisfying the conditions:

1. $x*x=0$
2. $0*x=0$
3. $x*y=0$ and $y*x=0$ imply $x=y$ for all x,y in X.

Let $(X,*,0)$ be a d-algebra and $\phi\neq I\subset X$. Then I is called a d-subalgebra of X if $x*y\in I$ when $x\in I$ and $y\in I$.

A non-empty set I is called a d-ideal of X if:

1. $x*y\in I$ and $y\in I$ imply $x\in I$,
2. $x\in I$ and $y\in X$ imply $x*y\in I$, i.e., $I*X\subset I$

For more information see [3].

Definition 1. [2] A pseudo d-algebra is a non-empty set X with a constant 0 and a binary operations $\bullet$, $*$ satisfying:

1. $x*x=x\bullet x=0$,
2. $0*x=0\bullet x=0$,
3. $x*y=y\bullet x=0$ implies $x=y$ for all x,y in X.

Definition 2. [2] Let $(X,*,0)$ be a d-algebra and $\phi\neq I\subset X$. Then I is called pseudo d-ideal if

1. $x*y\in I$ and $x\bullet y\in I$ and $y\in I$ imply $x\in I$.
2. $x\in I$ and $y\in X$ imply $x*y\in I$ and $x\bullet y\in I$

And a pseudo d-ideal I is said to be pseudo d*-ideal if

1. $x*y \in I$ and $y*z \in I$ then $x*z \in I$.
2. $x \bullet y \in I$ and $y \bullet z \in I$ then $x \bullet z \in I$.
3. $x*y \in I$ and $y*x \in I$ then $(x*z)*(y*z) \in I$, $(z*x)*(z*y) \in I$, $(x*z) \bullet (y*z) \in I$ and $(z*x) \bullet (z*y) \in I$
4. $x \bullet y \in I$ and $y \bullet z \in I$ then $(x \bullet z) \bullet (y \bullet z) \in I$, $(z \bullet x) \bullet (z \bullet y) \in I$, $(x \bullet z)*(y \bullet z) \in I$ and $(z \bullet x)*(z \bullet y) \in I$

Let I be a pseudo d*-ideal. We define $x \equiv_I y$ if and only if $x*y \in I$, $y*x \in I$ and $x \bullet y \in I$, $y \bullet x \in I$. Then $\equiv_I$ is a congruence relation on pseudo d-algebra X which means $\equiv_I$ has the following properties: transitive, reflexive, symmetric and if $x \equiv_I y$ และ $u \equiv_I v$ then $x*u \equiv_I y*v$ and $x \bullet u \equiv_I y \bullet v$ for all x, y, u, v in X.

2. Materials and method

Now we construct the quotient pseudo d-algebra by normal d*-ideal. Let I be a pseudo d*-ideal of a pseudo d-algebra $(X, *, \bullet, 0)$. For $x \in X$, we define the class of x as follow

$$[x]_{\equiv_I} = \{y \in X \mid x \equiv_I y\}.$$

This means $[x]_{\equiv_I} = \{y \in X \mid x*y \in I, y*x \in I, x \bullet y \in I, y \bullet x \in I\}$, and the following always hold:

1. $[0]_{\equiv_I} = I$
2. $x \in [x]_{\equiv_I}$
3. $x \equiv_I y$ if and only if $[x]_{\equiv_I} = [y]_{\equiv_I}$
4. For any $x, y \in X$, $[x]_{\equiv_I}$ and $[y]_{\equiv_I}$ are either equal or disjoint.

Next, we define $X / \equiv_I = \{[x] \mid x \in X\}$ Such that $[x]_{\equiv_I} *[y]_{\equiv_I} = [x*y]_{\equiv_I}$ and $[x]_{\equiv_I} \bullet [y]_{\equiv_I} = [x \bullet y]_{\equiv_I}$. It can be showed that the operations $*$ and $\bullet$ are well-defined and the quotient pseudo d-algebra $\left(X / \equiv_I, *, \bullet, [0]_{\equiv_I}\right)$ is a pseudo d-algebra.

Theorem 1. [1] Let $\phi : (X, *, \bullet, 0) \to (Y, *', \bullet', 0)$ be homomorphism of pseudo d-algebras. Then the following holds:

1. if $(Y, *', \bullet', 0)$ be such that $x*'0 = x \bullet' 0 = x$ for all $x \in Y$,then $\ker \phi$ is a pseudo d-ideal of X.
2. $x*y \in \ker \phi$ and $x \bullet y \in \ker \phi$ if and only if $\phi(x) = \phi(y)$, for all $x, y \in X$.

Theorem 2. [1] Let $f : X \to Y$ be just a mapping of pseudo d-algebras. Then f is a homomorphism if and only if $\ker f = \{0\}$.

Theorem 3. [1] Let X, Y and Z be pseudo d-algebras, $h: X \to Y$ be an onto homomorphism of pseudo d-algebras, and $g: X \to Z$ be a homomorphism of pseudo d-algebras. If $\ker h \subset \ker g$, then there exists a unique homomorphism of pseudo d-algebras $f: Y \to Z$ such that $f \circ h = g$.

Theorem 4. [1] Let X, Y and Z be pseudo d-algebras, $g: X \to Z$ be a homomorphism of pseudo d-algebras, and $h: Y \to Z$ be a one-one homomorphism of pseudo d-algebras. If $\mathrm{Im} g \subset \mathrm{Im} h$, then there exists a unique homomorphism of pseudo d-algebras $f: X \to Y$ such that $h \circ f = g$.

3. Results and discussions

Throughout this section, we will simply write $[x]_I$ instead of $[x]_{\equiv_I}$. Here we show some homomorphism properties of pseudo d-algebras.

Definition 3. A d-ideal I of a pseudo d-algebra is said to be normal if it satisfies:

1. $0 \in I$.
2. $x \bullet y \in I$ if and only if $x * y \in I$.

Example: Let $X = \{0, a, b, c, d\}$ be a set defined by

$*$	0	a	b	c	d
0	0	0	0	0	0
a	a	0	a	0	a
b	b	c	0	0	c
c	c	c	a	0	c
d	d	d	0	0	0

$\bullet$	0	a	b	c	d
0	0	0	0	0	0
a	a	0	a	0	0
b	b	b	0	0	d
c	c	c	a	0	d
d	d	d	a	a	0

Then it can be checked that $(X, *, \bullet, 0)$ is a pseudo d-algebra. Let $A = \{0, a\}$ and $B = \{0, a, d\}$. Thus A and B are d-ideals of X, and A is normal but B is not.

Lemma 1. Let X be a pseudo d-algebra and I be a normal pseudo d*-ideal of X. For any $x \in X$, $x \equiv_I 0$ implies $x \in I$.

Proof. 1. Let $x \in X$ be such that $x \equiv_I 0$. Then $x * 0 \in I$ and $x \bullet 0 \in I$. Since $0 \in I$ and I is a pseudo d-ideal, $x \in I$. □

Theorem 5. Let φ be a surjective homomorphism from a pseudo d-algebra X onto a pseudo d-algebra Y. Then $X / \ker(\varphi)$ is isomorphic to Y.

Proof. Let $\varphi: X \to Y$ be a surjective homomorphism, and let $f: X / \ker(\varphi) \to Y$ be a mapping defined by $f([x]_A) = \varphi(x)$ for all $x \in X$, where A denotes the $\ker(\varphi)$. Let $[x_1]_A = [x_2]_A$ for $x_1, x_2 \in X$. Then $x_1 \equiv_A x_2$. Therefore $\varphi(x_1) * \varphi(x_2) = \varphi(x_1 * x_2) = 0$ and $\varphi(x_1) \bullet \varphi(x_2) = \varphi(x_1 \bullet x_2) = 0$, and

hence $f([x_1]_A) = f([x_2]_A)$. This proves that f is well-defined. To show that f is injective, we suppose that $f([x_1]_A) = f([x_2]_A)$ for $x_1, x_2 \in X$. Then $\varphi(x_1) = \varphi(x_2)$ which implies $\varphi(x_1 * x_2) = \varphi(x_1) * \varphi(x_2) = 0$. That means $x_1 * x_2 \in \ker(\varphi)$. Similarly, we get $x_2 * x_1 \in \ker(\varphi)$, $x_1 \bullet x_2 \in \ker(\varphi)$ and $x_2 \bullet x_1 \in \ker(\varphi)$. Therefore $x_1 \equiv_A x_2$, and hence $[x_1]_A = [x_2]_A$. Since f is obviousely surjective, therefore $X / \ker(\varphi)$ is isomorphic to Y. □

Theorem 6. Let X be a pseudo d-algebra, and let A, B be normal pseudo d*-ideals of X. If $A \cup B$ is a pseudo d-algebra, then $(A \cup B)/B$ is isomorphic to $A/(A \cap B)$.

Proof. Let $\varphi : A \to (A \cup B)/B$ be a mapping defined by $\varphi(x) = [x]_B$ for all $x \in A$. We can easily show that φ is a welled-defined homomorphism. Now let $a \in A \cup B$. If $a \in A$, then we immediately obtain $\varphi(a) = [a]_B$, Otherwise $[a]_B = [0]_B = \varphi(0)$ (i.e. $[0]_{\equiv_B} = \{y \in X \mid y \equiv_B 0\} = B$). Thus φ is a surjective homomorphism. We want to show that $\ker\varphi = A \cap B$. Now we assume that $b \in \ker\varphi$. Then $\varphi(b) = [b]_B = [0]_B$, which implies $b \equiv_B 0$. It follows that $b \in B$. Since $\ker\varphi \subset A$, we get $b \in A \cap B$. On the other hand, let $c \in A \cap B$. Then c is contained in B which imples $\varphi(c) = [c]_B = [0]_B$. This means $c \in \ker\varphi$. Therefore $A \cap B \subset \ker\varphi$, and thus $\ker\varphi = A \cap B$. By Theorem 5, we obtain that $(A \cup B)/B$ is isomorphic to $A/(A \cap B)$. □

Acknowledgements

This research was supported by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.

References

[1] C. Ates and A. Firat. Quotient pseudo d-algebras. Romanian Journal of Mathematics and Computer Science, 2019, Volume 9, Issue 2, p.113-120.

[2] Y.B. Jun, H.S. Kim and J. Neggers. Pseudo d-algebras. Information Sciences, 2009, 179, p. 1751-1759.

[3] J. Neggers and H.S. Kim. On d-algebras. Math. Slovaca, 1999, 49(1), p.19-26.

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Factors Associated with Stress and Depression among Students of Chiang Rai Rajabhat University

ฆนากร ปูชัย[1] อภิวิชญ์ รอดสุวรรณ[1] สุนิสา พิพัฒน์เธียรชัย[1] รวิพรรดิ พูลลาภ[1*]
วรัญญา มณีรัตน์[1] และ พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1]

[1] นักศึกษา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
[*]Email: Rawipat.pul@crru.ac.th

บทคัดย่อ

วิจัยเชิงพรรณนามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ระดับความเครียด ระดับซึมเศร้า และปัจจัยมีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประชากรคือ นักศึกษานักศึกษามหาวิทยาราชภัฏเชียงราย จำนวน 8,537 คน คำนวณโดยใช้สูตร Taro Yamane จำนวน 13 คณะ ได้จำนวนทั้งหมด 414 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามจำนวน 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยภายนอก ส่วนที่ 3 แบบสอบถามแบบประเมินความเครียด (SPST 20) ส่วนที่ 4 แบบสอบถามประเมินโรคซึมเศร้า (9Q) สถิติในการวิจัยคือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความสัมพันธ์ของไคสแควร์ Chi-square (x^2) และ Fisher's exact test

ผลการวิจัยพบว่า ระดับความเครียดของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 58.93 ปัจจัยภายนอก 4 ด้านที่มีผลต่อภาวะเครียด ได้แก่ ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว ด้านสถานภาพทางการเงิน ด้านสภาพแวดล้อมทางสังคม ด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลการวิจัยพบว่าระดับซึมเศร้าของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 81.64 ปัจจัยภายนอก 3 ด้านที่มีผลต่อภาวะซึมเศร้า ได้แก่ ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว ด้านสถานภาพทางการเงิน ด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: ภาวะเครียด, ภาวะซึมเศร้า, ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์

Abstract

This descriptive research aims to study stress level Depressive level and factors related to stress and depression among students of Chiang Rai Rajabhat University. The population was 8,537 students of Chiang Rai Rajabhat University, calculated using the Taro Yamane formula of 13 faculties, totaling 414

students. The sample was selected by Stratified Random Sampling. The research instruments were 4 parts questionnaires, which were part 1, questionnaire on personal factors, part 2, questionnaire on external factors, part 3, stress assessment questionnaire (SPST 20), part 4, depression assessment questionnaire (9Q). The research is frequency, percentage, mean, standard deviation. and Chi-square correlation test (x^2) and Fisher's exact test.

The results showed that the stress level of most of the samples were low (58.93%). There were Four external factors affecting stress such as family relationships, financial status, social environment, and physical health. There was a statistically significant relationship at the 0.05 level, and the results showed that the depression level of most of the samples was at a very low level (81.64%). There were three external factors affecting depression were family relationships, financial status and physical health. There was a statistically significant relationship at the 0.05 level.

Keywords: Stress, Depression, Factor correlation

1. บทนำ

สังคมปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเกิดขึ้นมากมาย ความเร่งรีบมีมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเกี่ยวข้องกับการด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว ด้านสถานภาพทางการเงิน ด้านสภาพแวดล้อมทางสังคม และด้านด้านสุขภาพทางร่างกาย ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความเครียด หากความเครียดที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่มากจนเกินไปย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตของบุคคล โดยเฉพาะวัยรุ่น ซึ่งถือเป็นวัยที่มีการเจริญเติบโตจากเด็กเป็นผู้ใหญ่ ที่มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย จิตใจ และอารมณ์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงกล่าวได้ว่า วัยรุ่นเป็นช่วงวัยที่สำคัญของชีวิต การเปลี่ยนแปลงของสังคม และสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัววัยรุ่น ทำให้วัยรุ่นมีความเครียด และบางครั้งไม่สามารถปรับตัวให้เผชิญกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้ หากวัยรุ่นมีความเครียดสะสมในระดับที่มากเกินไปจะส่งผลกระทบทางด้านลบต่อปัญหาสุขภาพกาย ได้แก่ นอนไม่หลับ เบื่ออาหาร อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ปวดท้อง ปวดหลัง ใจสั่น และส่งผลต่อสุขภาพจิต ได้แก่ หงุดหงิด โกรธง่าย เบื่อหน่าย คิดมาก วิตกกังวล เศร้าหมอง ไม่มีสมาธิ รวมทั้งทางพฤติกรรม ได้แก่ เงียบขรึม เก็บตัว สูบบุหรี่หรือดื่มสุรามากขึ้น ชวนทะเลาะมีเรื่องขัดแย้งกับผู้อื่นบ่อยๆ อาจใช้สารเสพติด หากวัยรุ่นมีภาวะเครียดรุนแรงมากยิ่งขึ้น อาจถึงขั้นเกิดภาวะซึมเศร้า หรือเสี่ยงต่อการฆ่าตัวตายได้ นำมาซึ่งความสูญเสียเป็นอย่างมาก ดังนั้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันความเครียดในวัยรุ่นตั้งแต่ในระยะเริ่มแรกจะช่วยลดการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ ปัจจุบันภาวะเครียดในกลุ่มวัยรุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการให้บริการปรึกษาปัญหาสุขภาพจิตทางโทรศัพท์สายด่วนสุขภาพจิต 1323 ในปีงบประมาณ 2562 จากสถาบันสุขภาพจิตเด็กและวัยรุ่นราชนครินทร์ พบว่า มีวัยรุ่นโทรเข้ามาขอรับบริการปรึกษาในเรื่องความเครียดสูงสุด โดยกลุ่มของวัยรุ่น อายุ 11-19 ปี โทรมาขอรับบริการปรึกษาสายด่วนสุขภาพจิต ประมาณ 10,000 สาย ซึ่งปัญหาสุขภาพจิตที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรกสำหรับวัยรุ่น ได้แก่ อันดับที่ 1 ความเครียด/วิตกกังวล ร้อยละ 51.36 อันดับที่ 2 ปัญหาความรัก ร้อยละ 21.39 และอันดับที่ 3 ซึมเศร้า ร้อยละ 9.82[1]

นอกจากนี้ยังมีปัญหาปลีกย่อยในแต่ละบุคคลซึ่งแตกต่างกันไป ผลของปัญหาเหล่านี้จะ กระทบจิตใจของตัวบุคคลทำให้เกิดความเครียด ซึ่งในแต่ละคนต้องมีการปรับตัวเพื่อต่อสู้กับ ความเครียดที่เผชิญ หากบุคคลใดสามารถปรับตัวได้ร่างกายและจิตใจรวมถึงภาวะทางอารมณ์จะอยู่ ในสภาพปกติ แต่หากบุคคลใดไม่สามารถปรับตัวได้ก็ย่อมส่งผลต่อความเครียดและปัญหาสุขภาพจิตที่ ตามมา บางบุคคลอาจจะส่งผลเป็นโรคทางจิตเวชในช่วงวัยรุ่นได้ด้วย[2] เราจึงเห็นชอบที่จะศึกษาปัจจัยที่

มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเพื่อดูแนวโน้มหรือประเมินภาวะความเครียดในนักศึกษาได้

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และเล็งเห็นว่า ในช่วงนี้ ที่มีสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัส โควิด 19 ก็เป็นอีกเรื่องที่อาจจะส่งผลทำให้วัยรุ่นหรือนักศึกษาเครียดได้ เนื่องจากการเรียน สถานภาพทางการเงิน หรืออื่นๆ ข้อมูลที่ได้ศึกษาจะสามารถนำมาปรับใช้กับนักศึกษาไม่ว่าจะมหาวิทยาลัยใด ก็ตามให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ นำมาซึ่งความพึงพอใจ ผ่อนคลายจากความเครียด หรือการเกิดโรคซึมเศร้า ที่นักศึกษาต้องเผชิญ และรู้สึกว่าชีวิตมีความหมาย มีความสำคัญมากขึ้นในการใช้ชีวิตต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ประชากรที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1-4 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายในปีการศึกษา 2564 (เฉพาะนักศึกษาภาคปกติจันทร์-ศุกร์) จำนวน 8,537 คน ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย (ข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 2564)

กลุ่มตัวอย่าง

ศึกษาได้ทำการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตร Taro Yamane (1973.) ในการคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง สูตรที่ใช้ในการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง คือ

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

ดังนั้นจากประชาการ 8,537 คนจะได้กลุ่มตัวอย่าง 382 คน เพื่อป้องกันการปฏิเสธเข้าร่วมงานวิจัยจึงเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างอีก 8 % เป็น 414 คน

วิธีการสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้สุ่มเลือกนักศึกษาตามระดับชั้นการศึกษาที่ได้กำหนดไว้ตามเกณฑ์คุณสมบัติการคัดเข้าว่าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างในปีที่ 1, 2, 3 และ 4 ทุกระดับชั้น ทั้งนี้จะใช้วิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เพื่อให้ได้ขนาดตัวอย่างในแต่ละชั้นภูมิ หรือระดับชั้นศึกษา และกำหนดขนาดตัวอย่างของแต่ละระดับชั้นการศึกษาด้วยสูตรคำนวณ (ปราโมทย์ วงศ์สวัสดิ์, 2560) ดังนี้

ทั้งนี้สามารถแสดงขนาดตัวอย่างตามสัดส่วนในแต่ละระดับชั้นการศึกษาของแต่ละโรงเรียนที่ถูกคัดเลือก โดยสุ่มเลือกนักศึกษาในแต่ละระดับชั้นการศึกษาด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) แบบไม่แทนที่ (Without Replacement) ให้ครบตามจำนวนตัวอย่างที่ได้คำนวณไว้ในแต่ละชั้นภูมิดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนประชาชากรของแต่ละคณะ

ลำดับที่	คณะ/ สำนักวิชา/ วิทยาลัย	จำนวนประชากร	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
1	คณะครุศาสตร์	1842	84
2	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	151	7
3	คณะวิทยาการจัดการ	1462	66
4	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	296	13

5	คณะมนุษยศาสตร์	1778	81
6	วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก	174	8
7	สำนักวิชาสังคมศาสตร์	400	18
8	สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	515	23
9	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	277	13
10	สำนักวิชาบัญชี	304	15
11	สำนักวิชาการท่องเที่ยว	410	19
12	สำนักวิชารัฐศาสตร์ และรัฐประศาสนศาสตร์	611	28
13	สำนักวิชานิติศาสตร์	315	15
	รวม	8537	390

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการดำเนินการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง แบบสอบถามมีทั้งหมด 4 ส่วน จำนวนทั้งหมด 71 ข้อ โดยแบบสอบถาม แบ่งออก ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 14 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยภายนอก แบ่งออกเป็น 4 ด้าน จำนวน 28 ข้อ

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามแบบประเมินความเครียด (SPST 20) 20 ข้อ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามประเมินโรคซึมเศร้า (9Q) 9 ข้อ

การสร้างและตรวจสอบหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การทดลองความตรงเชิงเนื้อหา และความเป็นปรนัยของแบบสอบถามที่สร้างขึ้นผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมและครอบคลุมเนื้อหา สรุปค่า IOC ทั้ง 3 ท่าน นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ IOC = 0.95

2. ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นและแก้ไขให้เหมาะสมหลังจากได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเป็นปรนัยแล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) ในการเก็บข้อมูลกับการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแต่เป็นนักศึกษามหาวิทยาแม่ฟ้าหลวง ที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน เพื่อทำการวิเคราะห์ความเที่ยงของแบบสอบถาม ซึ่งได้ค่าความเที่ยง ส่วนที่ 2 ค่า R = 0.738 , ส่วนที่ 3 R = 0.899 และส่วน 4 ค่า R = 0.866

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์ ในการแจกแจง ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะความเครียดและภาวะซึมเศร้า วิเคราะห์โดยใช้สถิติการทดสอบค่า Chi-Square และ Fisher Exact test.

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 414 คน ส่วนใหญ่เป็น เพศชายจำนวน 213 คน คิดเป็นร้อยละ 51.40 และเพศหญิง จำนวน 201 คน คิดเป็นร้อยละ 48.60 อยู่ในช่วงอายุ 20-24 ปี จำนวน 197 คน คิดเป็นร้อยละ 47.0 ส่วนใหญ่สถานภาพโสด

จำนวน 398 คน คิดเป็นร้อยละ 96.1 ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ จำนวน 345 คน คิดเป็นร้อยละ 83.3 คณะ/สำนักส่วนใหญ่ คือคณะครุศาสตร์ จำนวน 84 คน คิดเป็นร้อยละ 20.3

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะส่วนบุคคล (n=414)

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง		จำนวน(คน)	ร้อยละ
เพศ			
	ชาย	213	51.4
	หญิง	201	48.6
ช่วงอายุ(ปี)			
	18-19 ปี	191	46.13
	20-24 ปี	197	47.58
	25-28 ปี	26	6.29
สถานภาพ			
	โสด	398	96.1
	สมรส	16	3.9
ศาสนา			
	ไม่มี	1	0.2
	พุทธ	345	83.3
	อิสลาม	12	2.9
	คริสต์	56	13.5
คณะ/สำนัก			
	คณะครุศาสตร์	84	20.3
	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	8	1.9
	คณะวิทยาการจัดการ	68	16.4
	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	15	3.6
	คณะมนุษยศาสตร์	81	19.6
	วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก	9	2.2
	สำนักวิชาสังคมศาสตร์	20	4.8
	สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	25	6.0
	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	15	3.6
	สำนักวิชาบัญชี	22	5.3
	สำนักวิชาการท่องเที่ยว	21	5.1
	สำนักวิชารัฐศาสตร์ และรัฐประศาสนศาสตร์	31	7.5
	สำนักวิชานิติศาสตร์	15	3.6
เกรดเฉลี่ย			
	เกรด 1.50-2.00	26	6.3
	เกรด 2.01-2.50	126	30.4

เกรด 2.51-3.00	170	41.1
เกรด 3.01-4.00	92	22.2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน(คน)	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 1,000 บาท	28	6.8
1,001-3,000 บาท	95	22.9
3,001-5,000 บาท	117	28.3
5,001-10,000 บาท	142	34.3
มากกว่า 10,001 บาทขึ้นไป	36	7.7
บุคคลที่พักอาศัยปัจจุบัน		
อยู่ตามลำพัง	67	16.2
บิดาและมารดา	282	68.1
มารดา	34	8.2
บิดา	15	3.6
ญาติ	16	3.9
ที่อยู่ปัจจุบัน		
บ้านพัก	133	32.1
บ้านเช่า	63	15.2
หอพัก	216	52.2
อื่นๆ	2	0.5
งานอดิเรกกับเพื่อนหรือบุคคลอื่นหรือไม่		
ใช่	311	75.1
ไม่	103	24.9
ความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน		
สามารถปรึกษาเรื่องส่วนตัวได้	235	56.8
ไม่สามารถปรึกษาเรื่องส่วนตัว	139	33.6
ท่านไม่มีเพื่อนสนิท	40	9.7

จากตารางที่ 2 พบว่า เกรดเฉลี่ยส่วนใหญ่ อยู่ในช่วง 2.51-3.00 จำนวน 170 คน คิดเป็นร้อยละ 41.1 รายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่ อยู่ในช่วง 5,001-10,000 บาท จำนวน 142 คน คิดเป็นร้อยละ 34.3 ส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับ บิดาและมารดา จำนวน 282 คน คิดเป็นร้อยละ 68.1 ส่วนใหญ่อาศัยอยู่หอพัก จำนวน 216 คน คิดเป็นร้อยละ 52.2 และความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ตอบ สามารถปรึกษาเรื่องส่วนตัวได้ จำนวน 235 คน คิดเป็นร้อยละ 56.8

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการวัดระดับความเครียด ที่ผู้ตอบแบบสอบถามตอบมากที่สุดคือ ความเครียดอยู่ในระดับน้อย จำนวน 244 คน คิดเป็นร้อยละ 58.93 รองลงมาคือ ความเครียดในระดับปานกลาง จำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ

28.51 ระดับความเครียดที่ผู้ตอบแบบสอบถามตอบน้อยที่สุดคือ ความเครียดในระดับรุนแรง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 2.18

ตารางที่ 3 ระดับความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย (n=414 คน)

ระดับความเครียด	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ความเครียดอยู่ในระดับน้อย	244	58.93
ความเครียดในระดับปานกลาง	118	28.51
ความเครียดในระดับสูง	43	10.38
ความเครียดในระดับรุนแรง	9	2.18
รวม	**414**	**100**

ตารางที่ 4 ระดับความซึมเศร้าของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย (n=414 คน)

ระดับซึมเศร้า	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ไม่มีอาการของโรคซึมเศร้าหรือมีอาการของโรคซึมเศร้าระดับน้อยมาก	338	81.64
มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับน้อย	62	14.97
มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับปานกลาง	13	3.15
มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับรุนแรง	1	0.24
รวม	**414**	**100**

จากตารางที่ 4 พบว่าผลการวัดระดับซึมเศร้า ที่ผู้ตอบแบบสอบถามตอบมากที่สุดคือ ไม่มีอาการของโรคซึมเศร้าหรือมีอาการของโรคซึมเศร้าระดับน้อยมาก จำนวน 338 คน คิดเป็นร้อยละ 81.64 รองลงมาคือ มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับน้อยจำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 14.97 ระดับความเครียดที่ผู้ตอบแบบสอบถามตอบน้อยที่สุดคือ มีอาการของโรคซึมเศร้าระดับรุนแรง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.24

ส่วนที่ 2 ผลการหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับความเครียดในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ตารางที่ 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายนอก 4 ด้าน กับระดับความเครียด (n=414 คน)

ปัจจัย	ระดับความเครียด				p-value
	1	2	3	4	
ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว					
ความสัมพันธ์ในครอบครัวน้อยมาก	0	0	0	0	0.001
ความสัมพันธ์ในครอบครัวน้อย	7	1	0	1	

ความสัมพันธ์ในครอบครัวปานกลาง	118	33	17	6	
ความสัมพันธ์ในครอบครัวดี	118	80	25	2	
ความสัมพันธ์ในครอบครัวดีมาก	1	4	1	0	
รวม	244	118	43	9	
ด้านสถานภาพทางการเงิน					
สถานภาพทางการเงินน้อยมาก	0	1	0	0	0.002
สถานภาพทางการเงินน้อย	14	7	10	3	
สถานภาพทางการเงินปานกลาง	155	62	22	5	
สถานภาพทางการเงินดี	72	46	11	1	
สถานภาพทางการเงินดีมาก	3	2	0	0	
รวม	244	118	43	9	
ด้านสภาพแวดล้อมทางสังคม					
สภาพแวดล้อมทางสังคมน้อยมาก	0	0	0	0	0.001
สภาพแวดล้อมทางสังคมน้อย	10	4	1	0	
สภาพแวดล้อมทางสังคมปานกลาง	185	68	18	6	
สภาพแวดล้อมทางสังคมดี	43	35	22	2	
สภาพแวดล้อมทางสังคมดีมาก	6	11	2	1	
รวม	1	2	3	4	
ด้านสุขภาพทางร่างกาย					
สุขภาพทางร่างกายน้อยมาก	1	0	0	0	0.001
สุขภาพทางร่างกายน้อย	0	1	2	0	
สุขภาพทางร่างกายปานกลาง	4	2	8	1	
สุขภาพทางร่างกายดี	42	27	11	5	
สุขภาพทางร่างกายดีมาก	197	88	22	3	
รวม	244	118	43	9	

Fisher's Exact Test

จากตารางที่ 5 พบว่า ปัจจัยภายนอกที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จากผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ Chi-Square Test จึงใช้สถิติ Fisher's Exact test พบว่า ระดับความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายอยู่ในระดับน้อย คิดเป็นร้อยละ 58.93 ซึ่งปัจจัยภายนอก ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว ด้านสภาพแวดล้อมทางสังคม ด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความสัมพันธ์กับระดับ

ความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 ความสัมพันธ์ในครอบครัวปานกลางและความสัมพันธ์ในครอบครัวดี มีความเครียดอยู่ในระดับน้อยสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 28.50 สภาพแวดล้อมทางสังคมปานกลาง มีความเครียดอยู่ในระดับปานกลางสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 44.68 และ สุขภาพทางร่างกายดีมาก มีความเครียดอยู่ในระดับน้อยสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 47.58 และยังพบว่าปัจจัยภายนอก ด้านสถานภาพทางการเงิน มีความสัมพันธ์กับระดับความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.002 โดย สถานภาพทางการเงินปานกลาง มีความเครียดอยู่ในระดับปานกลางสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 37.43

ส่วนที่ 3 ผลการหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ตารางที่ 6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายนอกกับระดับซึมเศร้า (n=414 คน)

ปัจจัย	ระดับซึมเศร้า				p-value
	1	2	3	4	
ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว					
ความสัมพันธ์ในครอบครัวน้อยมาก	0	0	0	0	0.014
ความสัมพันธ์ในครอบครัวน้อย	5	3	1	0	
ความสัมพันธ์ในครอบครัวปานกลาง	140	24	9	1	
ความสัมพันธ์ในครอบครัวดี	190	32	3	0	
ความสัมพันธ์ในครอบครัวดีมาก	3	3	0	0	
รวม	338	62	13	1	
ด้านสถานภาพทางการเงิน					
สถานภาพทางการเงินน้อยมาก	0	0	1	0	0.009
สถานภาพทางการเงินน้อย	22	10	2	0	
สถานภาพทางการเงินปานกลาง	197	37	9	1	
สถานภาพทางการเงินดี	115	14	1	0	
สถานภาพทางการเงินดีมาก	4	1	0	0	
รวม	338	62	13	1	
ด้านสุขภาพทางร่างกาย					
สุขภาพทางร่างกายน้อยมาก	1	0	0	0	0.001
สุขภาพทางร่างกายน้อย	1	0	2	0	
สุขภาพทางร่างกายปานกลาง	5	7	3	0	
สุขภาพทางร่างกายดี	56	25	3	1	
สุขภาพทางร่างกายดีมาก	275	30	5	0	

	รวม	338	62	13	1

Fisher's Exact Test

จากตารางที่ 6 พบว่า ปัจจัยภายนอกที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับซึมเศร้าของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จากผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ Chi-Square Test จึงใช้สถิติ Fisher's Exact Test พบว่า ระดับซึมเศร้าของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายอยู่ในระดับน้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 81.64 ซึ่งปัจจัยภายนอก ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว มีความสัมพันธ์กับระดับซึมเศร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.014 โดยความสัมพันธ์ในครอบครัวดี มีความซึมเศร้าอยู่ในระดับน้อยมากสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 45.89 ด้านสถานภาพทางการเงิน มีความสัมพันธ์กับระดับซึมเศร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.009 โดยสถานภาพทางการเงินปานกลาง มีความซึมเศร้าอยู่ในระดับน้อยมากสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 47.58 และด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความสัมพันธ์กับระดับซึมเศร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.001 โดยสุขภาพทางร่างกายดีมาก มีความซึมเศร้าอยู่ในระดับน้อยมากสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 66.42

อภิปรายผล

การศึกษาวิจัยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย พบว่า ระดับความเครียดของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 58.93 อยู่ในระดับน้อย จำนวน 244 คน ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภูวสิทธิ์ ภูลวรรณ เอกตระการ แข็งแรง และคณะ.(2564) ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร พบว่า ร้อยละ 34.8 อยู่ในระดับปานกลาง[3] และไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ทิวาพร ฟูเฟื่อง และกัญญาวีร์ โมกขาว.(2564) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 สถาบันอุดมศึกษาในกำกับของรัฐและเอกชน พบว่า ระดับความเครียดของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 38.51 อยู่ในความเครียดระดับรุนแรง[4] และไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญญาวีณ์ โมกขาว วรพนิต ศุกระแพทย์ และคณะ.(2564) ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาพยาบาล พบว่า ระดับความเครียดของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 39.64 อยู่ในความเครียดสูง[5] ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัย ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าลักษณะกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันในเรื่องของสาขาวิชาชีพที่ศึกษา และชั้นปีที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งมีความแตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายที่มีชั้นปี 1-4 รวมไปถึงการปรับตัวของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เหมือนกัน อายุ อารมณ์ ทำให้ระดับความเครียดแตกต่างกัน และทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าลักษณะ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีสาขาวิชาชีพที่ศึกษาไม่เหมือนกัน คือ นักศึกษาพยาบาล ซึ่งเป็นไปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีปัจจัยที่ส่งผลต่อความเครียด เช่น การเรียนหนังสือหนัก การแข่งขัน ความกดดันต่างๆ ปัจจัยเหล่านี้ อาจส่งผลต่อความเครียดที่ต่างกัน รวมไปถึง การรับประทานอาหารที่ดี การใช้ชีวิตประจำวัน การอยู่อาศัยในสภาพแวดล้อม หรือสภาพสังคมที่แตกต่างกัน ตามภูมิประเทศนั้นๆ

จากการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียดและภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับซึมเศร้าอยู่ในระดับน้อยมาก จำนวน 338 คิดเป็นร้อยละ 81.64 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกลักษณ์ สรวมศิริ.(2564) ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พบว่า ส่วนใหญ่มีระดับซึมเศร้าคิดเป็นร้อยละ 28.3 มีระดับซึมเศร้าระดับน้อยมาก[6] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา วงศ์ศิริ.(2560) ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะซึมเศร้าของนักศึกษาชั้นปีที่ 6 จากศูนย์แพทยศาสตร์ศึกษาชั้นคลินิกโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราชและจากคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขวานครินทร์ พบว่า ส่วนใหญ่มีระดับซึมเศร้าคิดเป็นร้อยละ 10 มีระดับซึมเศร้าระดับน้อยมากเช่นเดียวกัน[7] และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรี พรรณพานิช, เมรีรัตน์ มั่นวงศ์ และคณะ.(2564) ได้ศึกษาเรื่อง ภาวะซึมเศร้าในนักศึกษาแพทย์ชั้นปี ที่ 1-3 วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการ

สาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่า ส่วนใหญ่มีระดับซึมเศร้าคิดเป็นร้อยละ 27.97 มีระดับซึมเศร้าระดับน้อยมาก เช่นเดียวกัน[8]

ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว มีความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิธิสนี รุจิรังสีเจริญ นิดา ลิ้มสุวรรณ และคณะ.(2565) ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับความเครียดของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษา สังกัดกรุงเทพมหานคร ระดับความเครียดที่แตกต่างกันอาจเกิดจากบริบท สภาพแวดล้อมครอบครัวและสังคมที่แตกต่างกันรวม ถึงบุคลิกลักษณะของวัยรุ่นแต่ละคน[9] และสอดคล้องกับบทความของ ณัฐยา บุญภักดี และพญ.วิมลรัตน์ วันเพ็ญ.(2564) ที่ศึกษาเรื่อง Thai health Watch : จับตาทิศทางสุขภาพคนไทย ปี 2564 “ความสัมพันธ์ในครอบครัว เครียด ซึมเศร้าในวัยรุ่น ภัยเงียบที่ไม่เงียบ” สาเหตุก็มาจากปัญหาด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว เช่น การพูดจากันในครอบครัว การปรับเปลี่ยนครอบครัวให้เป็นเซฟโซนที่ดีของเด็ก จะทำให้เด็กมีระดับความเครียดลดน้อยลงได้ “ไม่ว่าจะยากดีมีจนอย่างไร ความเข้มแข็งทางใจของเด็กเกิดด้วยปัจจัยคือ บ้านที่สงบสุข บ้านที่จะสร้างพลังให้เด็กๆ”[10]

ด้านสถานภาพทางการเงิน มีความความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สืบตระกูล ตันตลานุกุล และปราโมทย์ วงศ์สวัสดิ์.(2560) ได้ศึกษาเรื่อง ความเครียดและการจัดการความเครียดของนักศึกษาพยาบาล สาเหตุ ที่ทำให้เกิดความเครียดจากปัจจัยด้านการเงิน คือ ไม่แน่ใจว่าครอบครัวจะสามารถส่งเสียเงินให้เรียนจบได้ การรอคอยทางบ้านส่งเงินมาให้ในแต่ละเดือน การควบคุมตนเองในการใช้จ่ายเงินให้พอดีในแต่ละเดือน การต้องรับผิดชอบ และจัดการค่าใช้จ่ายที่ทางบ้าน ส่งมาให้ด้วยตนเอง และการกู้ยืมเงินมาเรียน[11] ซึ่งบริบทของตัวบุคคลหรือวิชาชีพต่างกัน แต่ปัญหาด้านการเงินก็เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะเครียด ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สถานภาพทางการเงินของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ พบว่า ครอบครัวมีรายได้น้อยลง เนื่องจากไม่มีการทำงานหรือปัญหาด้านเศรษฐกิจ เช่น สถานการณ์โควิด 19 อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.55) ปัญหานี้ก็อาจเป็นอีกปัญหาที่ส่งผลต่อระดับความเครียดของนักศึกษา และในสถานการณ์โควิด ยิ่งทำให้คนตกงาน กรมสุขภาพจิต.(2560) ได้เผยรายงานเมื่อ 22 ก.ย. 64 เกี่ยวกับตัวเลขการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจิตของประชาชนจากทั้งหมด 102,425 คน พบว่า มีความเครียดสูง 5.6% เสี่ยงซึมเศร้า 7.27% และเสี่ยงฆ่าตัวตาย 3.38% เหตุก็คือปัญหา ครอบครัวไม่มีรายได้ ชีวิตเด็กจบใหม่ ไม่มีงานทำ เนื่องจากสถานการณ์โควิด 19[12]

ด้านสภาพสิ่งแวดล้อมทางสังคม มีความความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มาลีวัล เลิศสาครศิร.(2557) ได้ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยสิ่งแวดล้อม กับความเครียด และการจัดการความเครียดขณะฝึกปฏิบัติงานห้องคลอดของนักศึกษา พยาบาล วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ การจัดการสิ่งแวดล้อม เช่น การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่มีความกดดัน จะช่วยลดระดับความของนักศึกษาได้[13] และสอดคล้องกับบทความของ ศรีจันทร์ พรจิราศิลป์.(2554) การปรับตัวเพื่อส่งเสริมสุขภาพจิต เข้าร่วมกิจกรรมนันทนาการไม่ว่าจะเป็นบุคคลในครอบครัวหรือบุคคลภายนอก ก็สามารถขจัดความเครียดได้[14] ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สิ่งแวดล้อมทางสังคม ของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ พบว่า บุคคลภายนอกให้ความช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.11) ส่งผลทำให้ระดับความเครียดลดน้อยลง และสอดคล้องกับบทความของ เสาวลักษม์ กิตติประภัสร์.(2565) เรื่อง ความสุขจากการให้ บทความความสุขจากการให้จะเห็นได้ว่า ความสุขของคนไม่ได้มาจากการมีรายได้มากหรือการได้ทางวัตถุมากเสมอไป แต่อาจได้มาจากการให้ผู้อื่นหรือการเสียสละช่วยเหลือส่วนรวม หรืออาจมาจากการลดความต้องการทางด้านวัตถุก็ได้ เป็นการลดละกิเลสอย่างหนึ่ง ซึ่งก็คือ ความสุขจากภายใน ตามแนวทางของพุทธศาสนา ที่เน้นความสุขจากการพัฒนาจิตใจและปัญญา มากกว่าการแสวงหาความสุขจากภายนอกหรือความสุขทางกายภาพเท่านั้น[15] รวมทั้งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ได้เข้าร่วมกิจกรรมกับครอบครัวหรือบุคคลอื่น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.23) อาจส่งผลให้เกิดความเครียดน้อยลงเช่นเดียวกัน

ด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความความสัมพันธ์ต่อภาวะเครียด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับบทความ กรมสุขภาพจิต.(2564) เรื่อง “ความเครียด” ส่งผลต่อร่างกายอย่างไรบ้าง การเครียดส่งผลต่อร่างกาย เช่น เกิดภาวะ

กรดไหลย้อน เนื่องจากความเครียดไปกระตุ้นให้กระเพาะสร้างและหลั่งกรดในกระเพาะอาหารมากขึ้น จนล้นออกมาถึงหลอดอาหาร เป็นเหตุให้เกิดอาการแสบร้อนที่อกที่เป็นอาการของกรดไหลย้อนได้ ความเครียดส่งผลทำให้เกิดประจำเดือนมาไม่ปกติในผู้หญิงสำหรับภาวะความเครียดในผู้หญิงนั้น ความเครียดเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ฮอร์โมนมีความแปรปรวน ส่งผลให้ประจำเดือนมาไม่ปกติ ภูมิคุ้มกันเสื่อมลง เป็นต้น [16]

ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว มีความสัมพันธ์ต่อภาวะซึมเศร้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับบทความของ พญ.วิมลรัตน์.(2564) จากประสบการณ์ในการทำงานของ พญ.วิมลรัตน์ พบว่า ปัจจุบันวัยรุ่นไทยมีปัญหาซึมเศร้ามากกว่าในอดีตมาก โดยในปี 2563 สาเหตุของการซึมเศร้ามีการกล่าวถึงทั้งหมด 84,520 ครั้งบนโซเชียลมีเดีย สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาคือ ความสัมพันธ์ซึ่งมีมากถึงร้อยละ 60 รองลงไปคือ เรื่องการเรียน ความรุนแรง ปากท้อง การกลั่นแกล้ง หน้าที่การงาน ฯลฯ “แต่ทุกอย่างไม่ได้เกิดจากปัจจัยเดียว” [10]

ด้านสถานภาพทางการเงิน มีความความสัมพันธ์ต่อภาวะซึมเศร้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับบทความของ กรมสุขภาพจิต.(2564) เรื่อง โรคซึมเศร้า " โรคซึมเศร้า คือโรคที่เกิดจากความผิดปกติของสมอง ในส่วนที่มีผลกระทบต่อความคิด อารมณ์ ความรู้สึก พฤติกรรม รวมถึงสุขภาพทางกาย ทั้งนี้คนส่วนใหญ่รับรู้ว่า โรคซึมเศร้าเป็นเพียงอาการหรือสภาพจิตใจที่เปลี่ยนไป จึงคิดว่าโรคซึมเศร้าเกิดจากความผิดหวัง หรือการได้รับความกระทบกระเทือนทางจิตใจ [16] เช่น ภาวะเศรษฐกิจการเงิน ซึ่งด้านการเงิน มีความความสัมพันธ์ต่อภาวะซึมเศร้า

ด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความสัมพันธ์ต่อภาวะซึมเศร้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับบทความของ กรมสุขภาพจิต.(2565) เรื่อง 7 การเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เป็นโรคซึมเศร้า เช็กตัวเองว่าใช่ หรือแค่คิดไปเอง ได้กล่าวบทความไว้ว่า มีอาการทางร่างกายต่างๆ ร่วม ที่พบบ่อยคือจะรู้สึกอ่อนเพลีย ไม่มีเรี่ยวแรง ซึ่งเมื่อพบร่วมกับอารมณ์รู้สึกเบื่อหน่ายไม่อยากทำอะไร ก็จะทำให้คนอื่นดูว่าเป็นคนขี้เกียจ ปัญหาด้านการนอนก็พบบ่อยเช่นกัน มักจะหลับยาก นอนไม่เต็มอิ่ม หลับๆตื่นๆ บางคนตื่นแต่เช้ามืดแล้วนอนต่อไม่ได้ ส่วนใหญ่จะรู้สึกเบื่ออาหาร ไม่เจริญอาหารเหมือนเดิม น้ำหนักลดลงมาก บางคนลดลงหลายกิโลกรัมภายใน 1 เดือน นอกจากนี้ยังอาจมีอาการท้องผูก อืดแน่นท้อง ปากคอแห้ง บางคนอาจมีอาการปวดหัว ปวดเมื่อยตามตัว[17]

4. บทสรุป

ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่า ระดับความเครียดของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อย จำนวน 244 คน คิดเป็นร้อยละ 58.93 รองลงมาคือ ความเครียดในระดับปานกลาง จำนวน 118 คน คิดเป็นร้อยละ 28.51 น้อยที่สุดคือ ความเครียดในระดับรุนแรง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 2.18 ส่วนปัจจัยภายนอก 4 ด้านที่มีผลต่อระดับเครียด ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว ด้านสถานภาพทางการเงิน ด้านสภาพแวดล้อมทางสังคม ด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ ผลการวิจัยพบว่า ระดับซึมเศร้าของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อยมาก จำนวน 338 คน คิดเป็นร้อยละ 81.64 รองลงมาคือ มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับน้อยจำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 14.97 ระดับความเครียดที่ผู้ตอบแบบสอบถามตอบน้อยที่สุดคือ มีอาการของโรคซึมเศร้า ระดับรุนแรง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.24 ส่วนปัจจัยภายนอก 4 ด้านที่มีผลต่อระดับซึมเศร้า ด้านความสัมพันธ์ในครอบครัว ด้านสถานภาพทางการเงิน ด้านสุขภาพทางร่างกาย มีความสัมพันธ์ต่อความเครียด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ที่ปรึกษาวิจัยและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาและอนุเคราะห์ในการตรวจสอบบทความเสนอแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง ตลอดจนการศึกษาค้นคว้าบทความวิจัยเสร็จสมบูรณ์ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมสุขภาพจิต. (11 ตุลาคม 2563). กรมสุขภาพจิต เผยวัยรุ่นไทยปรึกษาสายด่วนสุขภาพจิต 1323 ปี 62 พบ “ปัญหาครียด” มากสุด แนะเทคนิคจัดการความเครียด. สืบค้นจาก https://gnews.apps.go.th/news?news=55257.

[2] แพทย์หญิงศรีประภา ชัยสินธพ. (24 ตุลาคม 2564)). สภาพจิตใจของวัยรุ่น. สืบค้น https://www.rama.mahidol.ac.th/ramamental/generaldoctor/06062014-0847.

[3] ภูวสิทธิ์ ภูลวรรณ, เอกตระการ แข็งแรง, และคณะ. (25 ตุลาคม 2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. สืบค้นเจาก https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/download/243516/166771/863203.

[4] ทิวาพร ฟูเฟื่อง และกัญญาวีร์ โมกขาว. (เมื่อ 23 ตุลาคม 2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 สถาบันอุดมศึกษาในกำกับของรัฐและเอกชน. สืบค้นจาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/download/204784/160174/.

[5] กัญญาวีณ์ โมกขาว, วรพนิต ศุกระแพทย์, และคณะ. (เมื่อ 27 มกราคม 2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาพยาบาล. สืบค้นจาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/nah/article/download/245496/167805/923134.

[6] เอกลักษณ์ สรวมศิริ. (เมื่อ 5 สิงหาคม 2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะซึมเศร้าในนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. สืบค้นจาก https://he02.tci-thaijo.org/index.php/MKHJ/article/view/249603/172217.

[7] กาญจนา วงศ์ศิริ. (เมื่อ 1 กรกฎาคม 2560). ศึกษาภาวะซึมเศร้าของนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่6 จากศูนย์แพทยศาสตร์ศึกษาคลีลินิก โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช และจากคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สืบค้นจาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/MNSTMedJ/article/view/248138.

[8] พัชรี พรรณพานิช, เมรีรัตน์ มั่นวงศ์, และคณะ. (เมื่อ 14 มกราคม 2564). ภาวะซึมเศร้าในนักศึกษาแพทย์ชั้นปี ที่ 1-3 วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. สืบค้นจากhttp: //www.smj.ejnal.com/ejournal/showdetail/?show_preview=T&art_id=2556

[9] นิธิสนี รุจิรังสีเจริญ, นิดา ลิ้มสุวรรณ, และคณะ. (5 มกราคม 2565). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับความเครียดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดกรุงเทพมหานคร. สืบค้นจาก http://www.psychiatry.or.th/JOURNAL/66-1/66-1-05_Nitdhisarnee.pdf

[10] ณัฐยา บุญภักดี และวิมลรัตน์ วันเพ็ญ. (30 พฤศจิกายน 2564). บทความความสัมพันธ์ในครอบครัว เครียด ซึมเศร้าในวัยรุ่น ภัยเงียบที่ไม่เงียบ. สืบค้นจาก https://www.thairath.co.th/lifestyle/life/2017689.

[11] สืบตระกูล ตันตลานุกุลและปราโมทย์ วงศ์สวัสดิ์. (1 มิถุนายน 2560). ความเครียดและการจัดการความเครียดของนักศึกษาพยาบาล. สืบค้นจาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/unc/article/download/111726/87190/.

[12] กรมสุขภาพจิต. (22 กันยายน 2560). ตัวเลขการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจิต. สืบค้นจาdกnttps://dmh.go.th/news/.

[13] มาลีวัล เลิศสาครศิริ. (1 สิงหาคม 2557). ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยสิ่งแวดล้อม กับความเครียดและการจัดการความเครียดขณะฝึกปฏิบัติงานห้องคลอดของนักศึกษา พยาบาล วิทยาลัยเซนต์หลุยส์. สืบค้นจาก https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/view/25189/21447.

[14] ศรีจันทร์ พรจิราศิลป์. (12 เมษายน 2554). บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน ความเครียด และวิธีแก้ความเครียด. สืบค้นจาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/47/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%BB%94-%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B9%89%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94/.

[15] เสาวลักษม์ กิตติประภัสร. (12 มกราคม 2565). ความสุขจากการให้ ผศ. ดร. เสาวลักษม์ กิตติประภัสร์ สถาบันเศรษฐศาสตร์ วิทยาลัยรัฐเศรษฐศาสตร์และโลกปริทรรศน์ ม. รังสิต. สืบค้นจากhttps://www.ryt9.com/s/prg/2977859.

[16] กรมสุขภาพจิต. (1 มกราคม 2564). เรื่อง “ความเครียด” ส่งผลต่อร่างกายอย่างไรบ้าง สืบค้นจาก https://dmh.go.th/news/.

[17] กรมสุขภาพจิต. (12 มกราคม 2565). ข่าวจากหนังสือพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพจิต 7 การเปลี่ยนแปลงของผู้ที่เป็นโรคซึมเศร้า..เช็กตัวเองว่าใช่ หรือแค่คิดไปเอง. สืบค้นจาก https://www.dmh.go.th/news-dmh/view.asp?id=30403.

ผลกระทบของเส้นใยมะพร้าวต่อการดูดซึมน้ำและกำลังอัดของมอร์ต้าร์

Effect of coconut coir on water absorption and compressive strength of mortar

มะรอพา มามะ[1*] มูฮัมมัดซารีฟ สนิทวาที[2] กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์[2] อรรคเดช อับดุลมาติน[2]
และ เพ็ญพิชชา สนิทอินทร์[3]

[1]สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[3]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[*]Email: Maropha5170@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดซึมน้ำและกำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าว โดยนำเส้นใยมะพร้าวคละความยาว 5, 10 และ 15 มม. ในอัตรา 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% และ 20% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน กำหนดอัตราส่วนวัสดุประสาน : ทราย : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 : 0.5 โดยน้ำหนักตามลำดับ การศึกษานี้ได้ทดสอบการดูดซึมน้ำและกำลังอัดของมอร์ต้าร์ ผลทดสอบพบว่าที่สัดส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่ไม่เกิน 12.5% โดยน้ำหนักของวัสดุประสานมีค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์ที่ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าว สำหรับกำลังของมอร์ต้าร์เพิ่มขึ้นเมื่อมอร์ต้าร์มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวไม่เกิน 5% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เมื่อใช้เส้นใยมะพร้าวเกิน 5% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน กำลังอัดมีค่าลดลงเมื่อมอร์ต้าร์มีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวที่มากขึ้น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้เส้นใยมะพร้าวในส่วนผสมของมอร์ต้าร์สามารถใช้ได้ถึง 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ซึ่งมีผลกระทบต่อการดูดซึมน้ำและกำลังอัดไม่มากนักเมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์ที่ไม่มีเส้นใยมะพร้าวในส่วนผสม

คำสำคัญ: มอร์ต้าร์, เส้นใยมะพร้าว, การดูดซึมน้ำ, กำลังอัด

Abstract

This research aims to study the water absorption and compressive strength of mortar containing coconut coir. The coconut coir with the assorted length of 5, 10 and 15 mm was contained in the mortar mixture at the rates of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% and 20% by weight of binder. The ratio of binder: sand: water was 1: 1: 0.5 by weight. The water absorption and compressive strength were investigated. The results found that at the use coconut coir content no more than of 12.5% by weight of binder had not difference the water absorption compared with the mortar without coconut coir. The compressive strength of mortar was increased when the coconut coir content no more than 5% by weight of binder. However, when coconut coir was used higher than 5% by weight of binder, the compressive

strength tended to decrease with the increase coconut coir content. This result also indicated that the coconut coir could be utilized at 10% by weight of binder which slightly affected on water absorption and compressive strength when compared with mortar without coconut coir in the mixture.

Keywords: mortar, coconut coir, water absorption, compressive strength

1. บทนำ

มะพร้าวถือเป็นพืชผลการเกษตรที่สำคัญของไทย มีลำต้นสูงเฉลี่ยโดยประมาณ 18 เมตร ลำต้นกลมเปลือกต้นแข็งสีเทาผิวขรุขระ ผลมีเปลือกหนา 3 ชั้น เปลือกชั้นนอกเป็นเส้นใยที่มีความแข็งและเหนียว เปลือกชั้นกลางเป็นเส้นใย เปลือกชั้นในเป็นกะลา [1] มะพร้าวมีปลูกมากใน 5 พื้นที่ของประเทศ โดยในปี 2562 [2] พบว่าในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ปลูก 352,813 ไร่ ให้ผลผลิตได้สูงถึง 327,492 ตัน รองลงมาคือจังหวัดชุมพรมีพื้นที่ปลูก 97,279 ไร่ ให้ผลผลิตได้สูงถึง 129,888 ตัน จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีพื้นที่ปลูก 81,111 ไร่ ให้ผลผลิตได้สูงถึง 70,408 ตัน จังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ปลูก 67,552 ไร่ ให้ผลผลิตได้สูงถึง 75,5000 ตัน และจังหวัดปัตตานีมีพื้นที่ปลูก 44,463 ไร่ ให้ผลผลิตได้สูงถึง 26,240 ตัน เมื่อรวมผลผลิตทั้งประเทศ ให้ผลผลิตได้สูงถึง 806,206 ตัน ดังแสดงในตารางที่ 1 [2] ปริมาณผลผลิตมะพร้าวที่มีมากในประเทศทำให้เปลือกมะพร้าวที่เหลือทิ้งมีมากเช่นกัน โดยเส้นใยมะพร้าวที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเส้นใยของมะพร้าวแก่ จะอยู่ในชั้นที่ 2 ของเปลือกมะพร้าว มีลักษณะเป็นสีน้ำตาล การนำขุยมะพร้าวออกจากเส้นใยสามารถทำได้โดยการทุบหรือการใช้เครื่องแยกขุยมะพร้าวออกจากเส้นใยเพื่อนำเส้นใยที่ได้มาเป็นส่วนผสมในการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าร์เพื่อนำมาทดแทนวัสดุก่อสร้าง เส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่มากมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการใช้งานที่สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย [3]

กระบวนการศึกษาในครั้งนี้มีเพื่อพิจารณาผลการดูดซึมน้ำและกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าว เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการใช้เส้นใยมะพร้าวเพื่อผลิตเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น มอร์ต้าร์หรือคอนกรีตผสมเส้นใย แผ่นผนังอาคารผสมเส้นใย และแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ เป็นต้น การนำเส้นใยมะพร้าวนำมาใช้งานในวัสดุก่อสร้างไม่เพียงแต่เป็นการนำของเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ แต่ยังเป็นเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยมะพร้าวได้อีกด้วย

ตารางที่ 1 ผลผลิตมะพร้าวรายเดือน รวมทั้งประเทศ รายจังหวัด ปี 2562 [2]

จังหวัด	พื้นที่ปลูก	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อ พื้นที่ (กก./ไร่)
รวมทั้งประเทศ	847,881	806,026	1,037
ประจวบคีรีขันธ์	352,813	327,492	1,046
ชุมพร	97,279	129,888	1,412
สุราษฎร์ธานี	81,111	70,408	920
นครศรีธรรมราช	67,552	75,500	1,240
ปัตตานี	44,463	26,240	599
พื้นที่รวม 5 จังหวัด	643,218	629,528	5,217

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวนี้มีส่วนผสมได้แก่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำประปา ทรายละเอียด เส้นใยมะพร้าว โดยมีการเตรียมวัสดุแสดงดังภาพที่ 1 ดังนี้ (a) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (b) น้ำประปาเป็นตัว เพื่อทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์สำหรับเป็นตัวเชื่อมประสาน (c) ทรายธรรมชาติที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 (d) และเส้นใยมะพร้าว ที่ได้แยกขุยออกจากเส้นใยแล้ว (ดังแสดงในภาพที่ 2)

กระบวนการเตรียมเส้นใยดังแสดงในภาพที่ 3 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. นำเส้นใยที่ได้มาต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (รูปที่3a)
2. นำเส้นใยไปล้างน้ำทำความสะอาด (รูปที่ 3b)
3. นำไปตากแดดเพื่อลดความชื้นจากเส้นใยเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (รูปที่ 3c)
4. นำเส้นใยที่ได้มาตัดตามขนาดที่ 5, 10 และ 15 mm (รูปที่ 3d)
5. นำเส้นใยที่ตัดตามขนาดต่าง ๆ มาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง (รูปที่ 3e)
6. ขั้นตอนสุดท้ายนำมาตากแดดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง [4-5] (รูปที่ 3f)




(a) การชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ (b) การชั่งน้ำหนักน้ำประปา




(c) การชั่งน้ำหนักทรายละเอียด (d) การชั่งน้ำหนักเส้นใยมะพร้าว

ภาพที่ 1 การชั่งน้ำหนักวัสดุเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าร์





(a) ความยาว 5 มิลลิเมตร (b) ความยาว 10 มิลลิเมตร (c) ความยาว15 มิลลิเมตร

ภาพที่ 2 เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการเอาขุยมะพร้าวออกจากเส้นใย ที่ความยาว 5, 10 และ 15 มิลลิเมตร


(a) การต้มเส้นใยใช้เวลา 2 ชั่วโมง


(b) ล้างและแช่น้ำ 24 ชั่วโมง


(c) ตากแดด 48 ชั่วโมง



(d) ตัดเส้นใย


(e) นำเส้นใยมาแช่น้ำ 24 ชั่วโมง


(f) นำเส้นใยมาตากแดด 3 ชั่วโมง

ภาพที่ 3 กระบวนการเตรียมเส้นใย

2.2 การเตรียมอัตราส่วนผสม

ส่วนผสมของมอร์ต้าร์แสดงดังตารางที่ 2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมกับทราย และน้ำ (C:S:W) ในอัตราส่วนเท่ากับ 1:1:0.5 โดยน้ำหนัก (ส่วนผสมที่ใช้คือ 4,000 g, 4,000 g และ 2,000 g ตามลำดับ) นำเส้นใยมะพร้าวมาผสมในอัตราส่วน 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15 %, 17.5% และ 20% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ส่วนผสมในครั้งนี้แสดงในตารางที่ 2 หลังจากผสมให้เข้ากันมอร์ต้าร์จะถูกเทลงแบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 5 cm และแกะแบบหลังจากที่ผสมเสร็จแล้วที่ 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ส่วนผสมมอร์ต้าร์

สัญลักษณ์มอร์ต้าร์	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	ทราย	น้ำ	เส้นใยมะพร้าว
	% โดยน้ำหนัก			(% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์)
C0	100	100	50	0
C2.5	100	100	50	2.5
C5	100	100	50	5
C7.5	100	100	50	7.5
C10	100	100	50	10
C12.5	100	100	50	12.5
C15	100	100	50	15
C17.5	100	100	50	17.5
C20	100	100	50	20

2.3 การทดสอบมอร์ต้าร์

2.3.1 การดูดซึมน้ำ

การทดสอบการดูดซึมน้ำทดสอบที่อายุ 24 ชั่วโมง หลังจากแกะแบบทันทีนำซีเมนต์มอร์ต้าร์ ในแต่ละชุดตัวอย่างจะนำตัวอย่างไปอบเป็นเวลาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °C และปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องและชั่งน้ำหนัก (W_d) หลังจากนั้น นำตัวอย่างมอร์ต้าร์แช่น้ำ 24 ชั่วโมง นำซีเมนต์มอร์ต้าร์มาเช็ดด้วยผ้าให้ผิวแห้งและนำไปชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักมอร์ต้าร์ที่อิ่มตัวผิวแห้ง (W_s) ค่าการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์หาได้ดังสมการที่ (1)

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ } (\%) = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \qquad (1)$$

โดยที่ W_s = น้ำหนักของชิ้นทดสอบที่อิ่มตัว, *g*

W_d = น้ำหนักของชิ้นทดสอบแห้ง, *g*

2.3.2 ความหนาแน่น

การทดสอบความหนาแน่นของซีเมนมอร์ต้าร์ที่อายุ 28 วัน โดยนำซีเมนต์มอร์ต้าร์ผิวแห้งมาชั่งหาน้ำหนักของซีเมนต์มอร์ต้าร์เพื่อคำนวณหาค่าความหนาแน่นในสมการที่ (2)

$$D = \frac{M}{V} \qquad (2)$$

โดยที่ *D* คือ ความหนาแน่น, g/cm^3

M คือ มวล, *g*

V คือ ปริมาตร, cm^3

2.3.3 กำลังอัด

การทดสอบกำลังของมอร์ต้าทรงลูกบาศก์ขนาด 5 *cm* ทดสอบที่อายุ 28 วัน ทดสอบตามมาตรฐาน *ASTM C*109 โดยนำตัวอย่างไปวัดขนาดพื้นที่หน้าตัด และกดตัวอย่างมอร์ต้าร์ด้วยเครื่อง *Universal testing machine (UTM)* ค่ากำลังอัดหาได้จากสมการที่ (3)

$$f_m = P/A \qquad (3)$$

โดยที่ f_m คือ กำลังอัดของมอร์ต้าร์, *ksc*

P คือ แรงกด, *kg*

V คือ พื้นที่หน้าตัด, cm^2

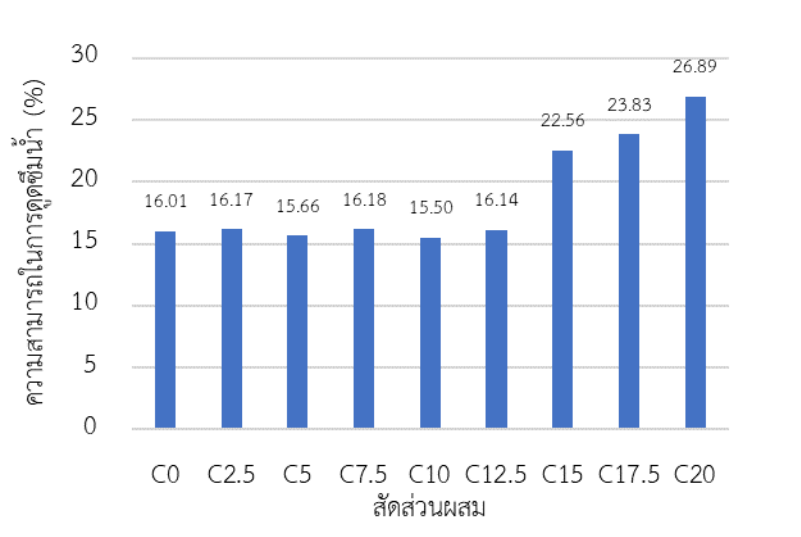
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลทดสอบการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวในแต่ละสัดส่วนผสม

จากภาพที่ 7 เปรียบเทียบการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวที่สัดส่วนผสม *0*%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15 %, 17.5% และ 20% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน พบว่าซีเมนต์มอร์ต้าร์ C0 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 16.01% เมื่อเพิ่มเส้นใยมะพร้าวในส่วนผสมเป็น 2.5%, 5%, 7.5% และ 10% มีค่าการดูดซึมน้ำ

เพิ่มขึ้นเป็น 16.17%, 15.66%, 16.18% และ 15.50% ซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำน้อยสุด อย่างไรก็ตามสังเกตได้ว่า การใช้เส้นใยมะพร้าวในส่วนผสมในอัตรา 0, 2.5, 5, 7.5, 10 และ 12.5% 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน มีประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันมาก แต่เพิ่มเส้นใยมะพร้าวเกิน 12.5% 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำจะเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อสังเกตภาพที่ 7 ยังพบอีกว่าการเพิ่มเส้นใยมะพร้าวไป จนเกิน 15% 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน (มอร์ต้าร์ C15, C17.5 และ C20) มีประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มเส้นใยมะพร้าวในปริมาณพอเหมาะสามารถลดปริมาณการดูดซึมน้ำได้ ในขณะเดียวกันเพิ่มปริมาณเส้นใยมะพร้าว มากเกินไปส่งผลให้ตัวเชื่อมประสานระหว่างเส้นใยลดลง ซีเมนต์มอร์ต้าร์อาจเกิดช่องว่างได้มากขึ้น และส่งผลให้ซีเมนต์มอร์ต้าร์มีความต้องการน้ำมากขึ้น ปริมาณการดูดซึมน้ำจึงเพิ่มขึ้นตาม

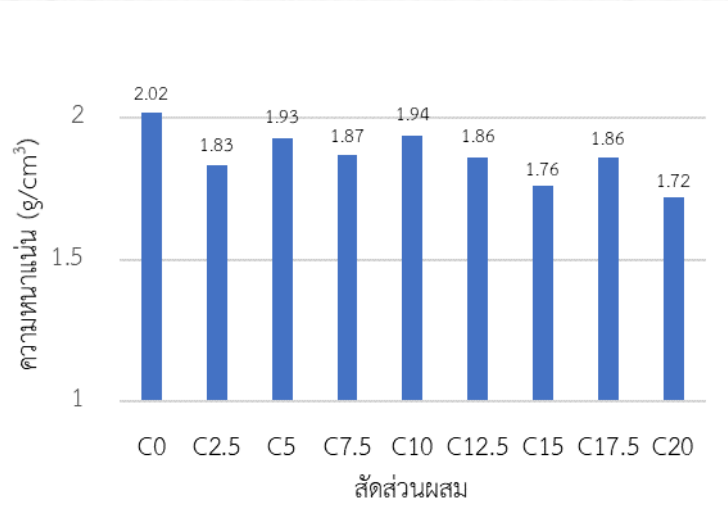
การทดสอบการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวพบว่าที่สัดส่วน C10 มีประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำน้อยสุดและการแทนที่เส้นใยมะพร้าวที่มีขนาด 5-10 cm เพื่อช่วยลดปริมาณการดูดซึมน้ำ ควรแทนที่เส้นใยมะพร้าวในอัตราที่ไม่ต่ำกว่า 10 % โดยน้ำหนักของวัสดุประสานและแทนที่ไม่เกิน 12.5 % โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เมื่อมีการเพิ่มเส้นใยที่ C12.5 พบว่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่มเส้นใยที่สูงกว่า C12.5 พบว่าประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำสูงขึ้นตามลำดับอย่างเห็นได้ชัด การเพิ่มเส้นใยที่สูงขึ้นมีผลทำให้การประสานตัวระหว่างปูนซีเมนต์กับเส้นใยไม่สามารถประสานตัวได้เต็มที่ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างปูนซีเมนต์กับเส้นใยมีผลให้ C15, C17.5 และ C20 สามารถดูดซึมน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ [4-5]



ภาพที่ 4 ผลทดสอบการดูดซึมน้ำที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ

3.2 ความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวในแต่ละส่วนผสม

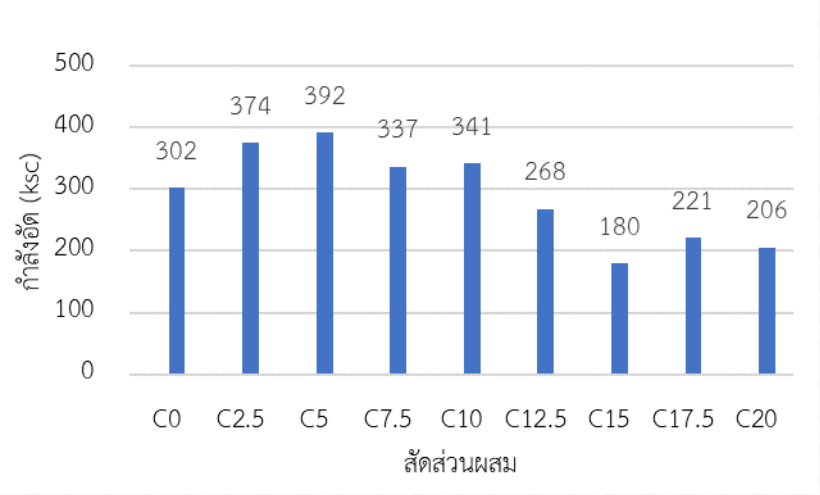
จากภาพที่ 8 พบว่าการไม่ใส่ส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าร์สูงสุดที่ 2.02 g/cm^3 เมื่อมีการเพิ่มเส้นใยตามสัดส่วนผสมต่อความหนาแน่นพบว่า ที่สัดส่วน C10 มีค่าความหนาแน่นที่ 1.94 g/cm^3 ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นที่มีการดูดซึมน้ำได้น้อยสุด รองลงมาที่สัดส่วน C5 มีค่าความหนาแน่นที่ 1.93 g/cm^3 ที่สัดส่วน C2.5, C7.5, C12.5, C15, C17.5, และ C20 มีค่าความหนาแน่นที่ 0.02, 1.83, 1.87, 1.86, 1.76, 1.86 และ 1.72 g/cm^3 ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 5 ผลทดสอบความหนาแน่นที่สัดส่วนผสมต่างๆ

3.3 ผลการทดสอบกำลังอัด

ผลการทดสอบกำลังของมอร์ต้าร์ ที่อายุ 28 วันเป็นไปตาม ภาพที่ 6 มอร์ต้าร์ C0 คือมอร์ต้าร์ที่ไม่ผสมเส้นใยมะพร้าวมีกำลังเท่ากับ 302 ksc เมื่อเพิ่มเส้นใยมะพร้าวในส่วนผสม 2.5% และ 5% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน มีกำลังเพิ่มขึ้นเป็น 374 และ 392 ksc ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อมอร์ต้าร์มีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวเป็น 7.5% และ 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ทำให้มอร์ต้าร์มีกำลังอัดลงเป็น 337 และ 341 ksc ตามลำดับ เป็นที่สังเกตว่าแม้เพิ่มเส้นใยมะพร้าวไปถึงร้อยละ 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ยังทำให้มอร์ต้าร์มีกำลังอัดสูงกว่ามอร์ต้าร์ C0 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เส้นใยมะพร้าวในปริมาณที่เหมาะสมสามารถประวิงเวลาการเกิดรอยร้าวเมื่อมีแรงมากระทำได้ [6, 7] กล่าวคือเมื่อมีแรงมากระทำสูงระดับหนึ่งจะทำให้เกิดรอยร้าวเกิดขึ้นการมีเส้นใยมะพร้าวในส่วนผสมในปริมาณที่เหมาะสมสามารถยึดรั้งรอยร้าวทำให้กำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่มีเส้นใยมะพร้าวในปริมาณไม่เกิน 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์ที่ไม่ผสมเส้นใย นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่า เมื่อเพิ่มเส้นใยมะพร้าวมากเกินกว่า 5% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน มอร์ต้าร์มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มสูงขึ้น โดยที่เมื่อเพิ่มเส้นใยมะพร้าวเกินกว่า 10% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ทำให้มอร์ต้าร์มีกำลังอัดลงต่ำกว่ามอร์ต้าร์ที่ไม่ผสมเส้นใย ทั้งนี้เนื่องจากการใส่เส้นใยมะพร้าวที่มากเกินไปทำให้ปริมาณตัวเชื่อมประสานระหว่างเส้นใยลดลงส่งผลให้กำลังอัดลดลงตามไปด้วย



ภาพที่ 6 ผลการทดสอบกำลังอัด

4. บทสรุป

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าว พบว่าปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำและค่าความหนาแน่นจะเริ่มลดลง นอกจากนี้พบว่าที่สัดส่วนมอร์ต้าร์ C0 ประสิทธิภาพ การดูดซึมน้ำ 16.01% มอร์ต้าร์ C10 ประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำ 15.50% เป็นค่าการดูดซึมน้ำน้อยสุด ในขณะที่มอร์ต้าร์ C2.5, C5, C7.5 และC12.5 ประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำมีค่าใกล้เคียงกันมาก และ C15, C17.5, C20 พบว่าประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ เมื่อเทียบสัดส่วนผสมต่อความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวมีการทดสอบครั้งละ 3 แผ่นจากนั้นนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย พบว่าที่สัดส่วน C10 มีค่าความหนาแน่น 19.4 g/cm^3 ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเส้นใยมะพร้าวได้น้อยสุด สำหรับค่ากำลังอัดมอร์ต้าร์ C5 มีกำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 392 ksc และเมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยมะพร้าวสูงเกินกว่า 5% โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน กำลังอัดของมอร์ต้าร์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยที่มากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

6. ข้อเสนอแนะ

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมน้ำ และเพิ่มความหนาแน่นงานต่อไป อาจจะใช้เถ้าลอย (fly ash) หรือสารผสมเพิ่ม (admixtures) เพื่อประสิทธิภาพดีกว่า

7. เอกสารอ้างอิง

[1] อาภากร ทรงสุมนัส. องค์ประกอบทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของมะพร้าว. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. 12(2561)14.

[2] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. สืบค้นจาก https://www.doa.go.th › hort › uploads › 2020/10.

[3] ผกามาศ ชูสิทธิ์ และกิตติพงษ์ สุวีโร. การใช้ขุยมะพร้าวเพื่อเสริมความต้านทานแรงดึงของผลิตภัณฑ์แผ่นยางธรรมชาติ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2558.

[4] เชวงศักดิ์ ผิวสุวรรณ์. วัสดุบุผนังภายในอาคารจากเส้นใยสับปะรดและวัสดุประสานจากธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2562.

[5] นิตยา พัดเกาะ. การศึกษาการทำแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยธรรมชาติ กรณีศึกษา : เส้นใยสับปะรด และเส้นใยเปลือกข้าวโพด. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ. 12(2017)11-19.

[6] Ahmad, Waqas, et al. "Effect of coconut fiber length and content on properties of high strength concrete." Materials 13.5 (2020): 1075.

[7] Brandt, Andrzej M. "Fibre reinforced cement-based (FRC) composites after over 40 years of development in building and civil engineering." Composite structures 86.1-3 (2008): 3-9.

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5
"เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ กับการเป็นผู้ประกอบการ"

The 5th National Conference on Science, Technology and Innovation: Technology, Creative Innovation and Entrepreneurship



NCON-SCI

วันศุกร์ที่ 19 สิงหาคม 2565
ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร