



รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ
ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3

“ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19 ”

PROCEEDING BOOK

31 สิงหาคม 2563

ncn^{sci}

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ
(Proceeding Book)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3
“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19”

The 3rd National Conference on Science, Technology and Innovation:
Science, Technology and Innovation Creation in the Post-COVID-19

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วันจันทร์ที่ 31 สิงหาคม 2563
ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

พิมพ์เมื่อ : ธันวาคม 2563
กองบรรณาธิการ : ฝ่ายวิชาการและวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

© ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารจากคณบดี



จากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือ COVID-19 ที่ทั่วโลกได้รับผลกระทบในทุกๆ ด้านนั้น ในฐานะที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นมหาวิทยาลัยด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม จึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างงานวิจัย เทคโนโลยีและนวัตกรรม อันจะนำมาเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาและงานวิจัย ให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้และนวัตกรรมที่สามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนและประเทศชาติ และสร้างงานวิจัยพื้นฐานอันจะนำไปสู่การจัดการและควบคุมโรคอุบัติใหม่ได้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตระหนักถึงความสำคัญของงานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง ทั้งการวิจัยเพื่อสร้างองค์

ความรู้ใหม่ การวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรม และการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน โดยส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างงานวิจัยของคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาของมหาวิทยาลัย ให้ผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ มีประโยชน์ และสามารถพัฒนาผลงานวิจัยให้มีความก้าวหน้า มุ่งสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการในศาสตร์แขนงต่างๆ นอกจากนี้ ยังสนับสนุนให้มีการเผยแพร่ผลงานวิจัยอย่างกว้างขวาง จึงได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3 ภายใต้หัวข้อ “วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19” (Science, Technology and Innovation Creation in the Post-COVID-19) เพื่อเป็นเวทีวิชาการในการนำเสนอผลงานทางวิชาการและแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ระหว่างนักวิชาการ และเพื่อส่งเสริมการสร้างเครือข่ายงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติต่อไป

ในนามของประธานคณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ผมขอขอบคุณท่านประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาทิตติมศักดิ์ คณะกรรมการที่ปรึกษา คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ คณะกรรมการผู้พิจารณาและประเมินบทความ คณะกรรมการดำเนินงาน ผู้เข้าร่วมประชุม รวมทั้งผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายทุกประการ

จิระศักดิ์

(ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการ

กรรมการบรรณาธิการ

ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพัยค์	รองบรรณาธิการ
ดร.ไพศาล การถาง	กรรมการ
นางสาวนิสากร น่วมศรีนวล	กรรมการและเลขานุการ

กรรมการพิจารณาบทความ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก)

ศ.ดร.นราธิป วิทยาการ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.ธีรพล วงศ์สอาดสกุล	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ดร.อัญญา จุลพิสิฐ	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
รศ.ดร. จักรพงษ์ แก้วขาว	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
รศ.ดร. ณรงค์ สังวาระนนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ดร. ณัฐพงศ์ วงษ์ดำเนิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.นฤทธิ ตรีอานรรค	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.ศักดิ์ศรี สืบสิงห์	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผศ.รพีพรรณ กองตุม	มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
ผศ.ดร.วรางคณา เขาคี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.สิดานัน ธิติประเสริฐ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ภกญ.วริศรา ปาริชาติกานนท์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.บำรุงศักดิ์ เผื่อนอารีย์	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร.ศุภินี จริงจิตร	สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน
ดร.ยาสมิ เลหาสกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ผศ.ดร.ฉานิกา แซ่แง่ ชุกกลิ่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ดร.ลัญจกร อมรกิจบำรุง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.พิพัฒน์ จันทรประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ดร.อิทธิราชย์ เรืองรงค์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.ศศิธร ชูแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

กรรมการพิจารณาบทความ (ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน)

ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ปิยะพงษ์ ปานแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.ธนพงศ์ สารอินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วิไลวรรณ ลิ่นะกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ภูมิรัตน์ นวรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
นายพลกฤษณ์ คุ่มกล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ดวงฤทัย นิคมรัฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วรินทร์ บุญยะโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ณัฐชัมย์ ลักษณะอำนาจพร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วีรวรรณ จันทะทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.เมธิญาณินธ์ คำขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.นิภาพร ปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ณัฐติญา ไชติยากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ธิดาวรรร คล้ายศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.นริศรา นาคเมธี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.อุดมเดชา พลเยี่ยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.วรวิทย์ จันทรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ชัชวาล ศรีภักดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.วรารุณี พุทให้	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ธนัฐา อำนาจวัฒนกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ดร.เพชรรัตน์ เวฬุคามกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.สุนิสา สายอุปราช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ยุพาพิน อติกานต์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กรรมการดำเนินงาน

ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพดย์	ดร.คณาภูมิ อินทร์แก้ว	ดร.สุนิสา สายอุปราข
นางศุภานัน ปิ่นเจริญ	นางสาวอัจฉรา เฉลิมเกียรติ	นางสาวนิสากร น่วมศรีนวล
นางสาวณัฐยา เรืองปราษฎ์	นายณัฐชัย แสงทองศรี	นางสาวชลิตา อินสระ
นางสาวสุวรรณา ไย้วเพ็ง	นางสาวเยาวภา เทวะผลิน	นางสาวสุภา น้อยจาก
นางสาวสุนันทา แก้วกระจ่าง	นางสาวอรรณพ มุกนนท์	นางสาวสายรุ้ง แก้วน้อย
นายสมักร นาคเกษม	นางกุลลาบ นาคเกษม	นายภัทธร ภัคดิพัฑฒวิรุส

กรรมการจัดทำต้นแบบผลงานวิจัย นิทรรศการวิชาการ

นางสาวสุนิสา สายอุปราข	นายสุรเชษฐ์ เรืองประโคน	นายศิริชัย สารมนัส
นางสุธาดา ศรีเกตุ	นายวิวัฒน์ เชี่ยวปัญญาพันธ์	นางภัสสร สิงห์ธรรม
นายมานิช หลักฐานดี	ผศ.สลักจิต พุกจรรยา	ผศ.ณัฐมัย ลักษณะอำนาจพร
นายศุภชัย หิรัญสุขโชติ	นางสาวดวงฤทัย นิคมรัฐ	นางสาวภัทริกา สูงสมบัติ
นางสาววรรณุช ติละมัน	นางสาววรินทร์ บุญระโรจน์	นายกิตติศ ตั้งสัจจวงศ์
นายคณาภูมิ อินทร์แก้ว	ผศ.สุนีย์ สัมมาหัต	ผศ.ภาคิน อังศุณิศา
ผศ.ยุพาพิน อติกานต์กุล	ผศ.พิชญา พุกผาสุข	ผศ.จรัลยา ดอกมณี
ผศ.เพ็ญภา สวรรณบำรุง	ผศ.สยาม ลางกุลเสน	ผศ.สุขจิตร ตั้งเจริญ
นางสาวเพ็ญลัดดา โสภา	ผศ.กรรณิการ์ ม่วงชู	นางณิศรา สุทธิสังข์
นางพรณิการ์ มีอ่อน	นายกฤษฎา เหล็กดี	นายสกุลบุตร เอกวิทยานิพนธ์
นางปิยธิดา พันธนะ	นางสาวนฤดี สมิต์ปรีชา	นางสาวขวณิ สุภรัตน์
นายขจรศักดิ์ บำรุงสินมัน	นางศรีวิไล พวงน้อย	ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพดย์
นายพลกฤษณ์ คุ้มกล้า	ผศ.ดร.ปิยะพงษ์ ปานแก้ว	ผศ.ดร.กัลทิมา เขาว์ชาญชัยกุล
ผศ.ดร.วิไลวรรณ สีนะกุล	ผศ.ดร.ธนพงศ์ สารินทร์	นายจิระศักดิ์ ธาระจักร์
นายภูมิตร์ นวรัตน์	ผศ.ดร.วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ	ผศ.สังเวย เสวกวิหารี
ผศ.อุดมเดช พลเยี่ยม	นางธนาพร บุญชู	นางสาวอัญญา ขัตติยะวงศ์
ผศ.ดร.สิริรัตน์ พานิช	ผศ.ธนัญญา อำนวยวัฒนะกุล	นายชัชวาล ศรีภักดี
นางสาวลาวัลย์ฉวี สุจริตตานนท์	ผศ.ดร.เพชรรัตน์ เวฬุคามกุล	นายวราวุฒิ พุทธิให้
นางสาวสายรุ้ง แก้วน้อย	นางสาวอรรณพ มุกนนท์	

กำหนดการ

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3
 “วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19”
 The 3rd National Conference on Science, Technology and Innovation: Science,
 Technology and Innovation Creation in the Post-COVID-19
 วันจันทร์ที่ 31 สิงหาคม 2563
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
 ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

เวลา	กิจกรรม	ห้องประชุม
9.00 น.	พิธีเปิด การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 3 โดย ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	Room A
9.30 น.	บรรยายหัวข้อพิเศษ เรื่อง “COVID-19 : องค์กรความรู้ และ นวัตกรรมรับมือ” โดย ดร.อนันต์ จงแก้ววัฒนา ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยนวัตกรรมสุขภาพสัตว์และการจัดการ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC)	Room A
10.30 น.	การนำเสนอต้นแบบงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	Room A
11.15 น.	การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation)	RoomA Room B
12.00 น.	รับประทานอาหารกลางวัน	
13.00 น.	การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation)	
16.30 น.	พิธีมอบรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยยอดเยี่ยม และพิธีปิด	RoomA

หมายเหตุ การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation) แบ่งเป็น 2 ห้องคือ Room A และ Room B ดังตารางการนำเสนอผลงาน

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3
“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19”

The 3rd National Conference on Science, Technology and Innovation: Science,
Technology and Innovation Creation in the Post-COVID-19

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วันจันทร์ที่ 31 สิงหาคม 2563 ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

ภาคบรรยาย (Oral presentation)

ROOM A

ประธานกลุ่ม : ดร.คณาวุฒิ อินทร์แก้ว

รองประธานกลุ่ม : 1. ดร.ดวงฤทธิ์ นิคมรัฐ 2. ผศ.ดร.วิไลวรรณ ลีชะกุล

Time	ID	Name	Title
11.30 – 11.45	TH20019	ชวัญบะห์ มาแจ	ศึกษาประสิทธิภาพแบคทีเรียผลิต Indole Acetic Acid (IAA) ที่แยกได้จากเขาหินปูน (Karst) เขตซีตาดะ จังหวัดชวตวันตก
11.45 – 12.00	TH20020	ณัฏฐกรวิ บุญวิจิตร	ผลของเจลสมุนไพรต่ออัตราการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อม
12.00 – 13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน		
13.00 – 13.15	TH10023	จักรพันธ์ เทียงตรง	Shear bond strength and optical properties of resin composite - layered provisional Poly(methyl methacrylate)
13.15 – 13.30	TH10029	อภิสร่า ปฐมปัญญาดี	วิธีการฆ่าเชื้อและอัตราส่วนของน้ำหมักต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในการหมักไวน์พลับ
13.30 – 13.45	TH20031	สิรินารี เงินเจริญ	การกำจัดสีในน้ำเสียจากการย้อมผ้าด้วยกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน
13.45 – 14.00	TH10035	สุวิจักขณ์ สมจินดา	การพัฒนาสูตรอาหารเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมโรคพืช
14.00 – 14.15	TH10046	ดาริษฐ์ กุลแป	พฤษเคมีและฤทธิ์ฆ่าลูงน้ำของสารสกัดพลู
14.15 – 14.30	TH10053	อภิชัย ศักดิ์อาภา	การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
14.30 – 14.45	พักรับประทานอาหารว่าง		
14.45 – 15.00	TH10057	กฤษประดิพัทธ์ เหล่าสีดา	ประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ Collectotrichum gleosporioides สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน
15.00 – 15.15	TH10066	จิราภรณ์ ปักธงไชย	การพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร
15.15 – 15.30	TH10073	นายสาธิต อนุปิม	ผลของการทดแทนซังข้าวโพดหมักในอาหารต่อคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทย
15.30 – 15.45	TH10076	วิลาวัณย์ ขาวแก้ว	การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาส์จากสารสกัดสมุนไพรบรรเทาอาการผื่นคัน
15.45 – 16.00	TH20085	กิตติศักดิ์ บัวบาน	ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกระชายและขมิ้นชันเพื่อการควบคุมสิว
16.00 – 16.15	TH20036	ชาคริต ศรีทอง	การใช้เทคนิค QFD ช่วยในการออกแบบ เพื่อความอยู่รอดของผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพและปริมณฑล กรณีศึกษาการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงาน
พิธีมอบรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยยอดเยี่ยม และพิธีปิด			

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3
“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19”

The 3rd National Conference on Science, Technology and Innovation: Science,
Technology and Innovation Creation in the Post-COVID-19
ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
วันจันทร์ที่ 31 สิงหาคม 2563 ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

ภาคบรรยาย (Oral presentation)

ROOM B

ประธานกลุ่ม : ผศ.ดร.สิริรัตน์ พานิช

รองประธานกลุ่ม : 1. ผศ.ดร.เมธิญาณินท์ คำขาว 2. ดร.กฤษฎา เหล็กดี

เวลา	รหัส	รายชื่อ	หัวข้องานวิจัย
11.30 – 11.45	TH10086	ปัญญาพร อติษภาส	อัตราส่วนที่เหมาะสมของการเลี้ยงแบคทีเรียที่มีประโยชน์ผสมหลายสายพันธุ์เพื่อพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ในการย่อยสลายสารเคมีตกค้าง
11.45 – 12.00	TH10003	บุญทิศา ทับทิม	ระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน
12.00 – 13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน		
13.00 – 13.15	TH10021	จิระภัทท์ บุญยานุเคราะห์	ระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างาน
13.15 – 13.30	TH10025	ธัญญารัตน์ จันทร์บุญณะ	การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม
13.30 – 13.45	TH10033	ธนภัทร พิษณุรัตน์	การจำแนกประเภทบทความทางวิชาการทางการแพทย์ตามความอคติ
13.45 – 14.00	TH10052	พรทิพย์ มณีโชติ	การตรวจสอบความชุ่มชื้นของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
14.00 – 14.15	TH10065	สุภาพร สระทองออย	ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลู่งาน
14.15 – 14.30	TH10081	สิริวิษณุ โตหมื่นไวย	การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ตโฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุรียนต์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม
14.30 – 14.45	พักรับประทานอาหารว่าง		
14.45 – 15.00	TH10083	คณิศร ทนนานนท์	ระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
15.00 – 15.15	TH10087	ทิวดี จังพานิช	ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์
15.15 – 15.30	TH20008	สายสุนี โพธิ์ตุ่น	การพัฒนาแบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก
15.30 – 15.45	TH10044	การอมะฮ์ ดอพอ	แอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู
15.45 – 16.00	TH10056	คมกริช ฉายศรี	การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักผักและผลไม้
พิธีมอบรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยยอดเยี่ยม และพิธีปิด			

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3
“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19”

The 3rd National Conference on Science, Technology and Innovation: Science,
Technology and Innovation Creation in the Post-COVID-19

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันจันทร์ที่ 31 สิงหาคม 2563 ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

เวลา 11.30 – 16.30 น.

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

รหัส	รายชื่อ	หัวข้องานวิจัย
TH10002	พลอยนภัส เลิศบรรพสิริ	เว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
TH10004	พีรวิทย์ สอนพงษ์	ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง
TH10005	ชญญา กลางแก้ว	เว็บไซต์ T.K. BEACH RESORT KOHMAK
TH10006	ธนาภรณ์ อิ่มเขียว	การปรับปรุงคุณสมบัติเฟอร์ไรต์อิเล็กทริกของ $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}/0.93\text{Sm}_x/0.93\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3 - 0.07\text{BaTiO}_3$ สำหรับเป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน
TH10007	ญานิกา สิริภัทรธนากุล	การประดิษฐ์เซรามิกบิสทโทเซียมซาแมเรียมไททานเต-แบเรียมไททานเตด้วยเทคนิคการสังเคราะห์แบบเผาไหม้
TH10009	ปิ่นชาธิย์ ธรรมจันทร์	การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยฟิล์มโคไธซาน
TH10011	สุปราณี เนาวกุล	การสังเคราะห์อนุภาคนาโนโลหะโดยการระเหยด้วยเลเซอร์ในน้ำ
TH10012	สุพรรณษา นพวงศ์	การผลิตและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากวัสดุเชิงประกอบพลาสติกชีวภาพและเส้นใยธรรมชาติที่ผ่านการปรับปรุงด้วยสารไฮเลน
TH10013	จุฑามาส กลีบพึ้ง	การเปรียบเทียบความสามารถการดูดซับพลังงานจากวัสดุ PZT จากการจำลองการทำงานเครื่องจักร
TH20018	ณิศรา สุทธิสังข์	หลักสูตรการคิดและการแก้ปัญหา: มุมมองความต้องการของการเปิดหลักสูตร
TH20030	จันทน์ อุทธิสินธุ์	การวิเคราะห์ข้อสอบออนไลน์ วิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
TH20030	จันทน์ อุทธิสินธุ์	ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
TH20032	นิกร สุขชาติ	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาสถิติวิศวกรรม
TH20037	อินทรา ชลธัญญา	แนวทางการบริหารจัดการทางเดินเชื่อมต่อน้ำไฟฟ้าบีทีเอส
TH20039	ทักษิณา นพคุณวงศ์	การพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการ วิเคราะห์และออกแบบระบบ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
TH10040	สุนิศา ตั้งซ้าย	การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินของประเทศไทย

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 3
“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสร้างสรรค์ หลังวิกฤติ COVID-19”

The 3rd National Conference on Science, Technology and Innovation: Science,
Technology and Innovation Creation in the Post-COVID-19

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันจันทร์ที่ 31 สิงหาคม 2563 ผ่าน ZOOM Cloud Meetings

เวลา 11.30 – 16.30 น.

ภาคโปสเตอร์ (Poster presentation)

รหัส	รายชื่อ	หัวข้องานวิจัย
TH10049	พีรวิษณุ วายุพา	การบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นโดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูโพลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
TH20055	สัจจะชาญ ปรตมะลิ	การใช้เศษชิ้นไม้สักเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปไม้เป็นแผ่นอัดวัสดุทดแทนไม้
TH20055	สัจจะชาญ ปรตมะลิ	บล็อกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์เพื่อลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร
TH10059	โสริญา เนตรประไพ	กระถางจากเส้นใยปาล์ม
TH10060	วิสาข์ มีเพชร	ผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทดแทนของพลาสติกเพื่อบรรจุซิลิกาสำหรับดูดความชื้น
TH10061	พรสุดา โฉมกระโทก	ถุงดูดซับน้ำมันธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน
TH10062	ขวัญตา สุขสมบูรณ์	การบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
TH10064	ภคดิ ละครทอง	การผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหารและผักตบชวาด้วยกรรมวิธีดีไฮเดรชัน
TH20068	อภิชาติ วิทย์ตะ	การศึกษาฤทธิ์ฆ่าหอยของแบคทีเรีย <i>Xenorhabdus</i> และ <i>Photorhabdus</i> ต่อหอยคัน <i>Indoplanorbis exustus</i>
TH10070	พิชามญช์ จันธุ์	ความชุกของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนในจังหวัดพิษณุโลก
TH20072	ทักษิณา นพคุณวงศ์	การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
TH20075	รักษิณา พลสีลา	การกระจายตัวของรื้อนฝอยทรายในเขตพื้นที่อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก
TH20082	อัจฉรา เพิ่ม	ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากชาเขียวต่อเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร
TH10084	สุกฤดี อิมอรณ	การออกแบบอุปกรณ์เสริมช่วยในการทดสอบเฟสอาร์เรย์อัลตราโซนิก
TH20078	นาริลักษณ์ นาแก้ว	แอคตินแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพร และกิจกรรมการยับยั้งมะเร็ง
TH10088	กิตติพัฒน์ ศรีเจริญ	การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด
TH20089	วงศ์ธร สุขวัฒน์	การสังเคราะห์ซิลิกาจากซีเมนต์และกลบเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการทำแก้วคริสตัล

สารบัญ

	หน้า
สารจากคนบดี	ก
คณะกรรมการ	ข
กำหนดการ	จ
ตารางการนำเสนอผลงาน	ฉ
สารบัญ	ญ
บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	
1. เว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปิยภูมิ เทียดขุนทด, สิทธาชนม์ ฉัตรพัฒน์ผล, พลอยนภัส เลิศบวรพิริย, วริศรา ตลาสุข, สุธาดา ศรีเกตุ และ สุรเชษฐ์ เรืองประโคน	1
2. ระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน ศศิธร จันทร์ชมภู, บุญทิวา ทับทิม, อรอนงค์ ลำละออง, พลอยวรินทร์ บัวเล็ก และ ณัฐติญา ไขติยากุล	6
3. ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง พีรวิทย์ สอนพงษ์, อัษฎาฐ นิยมญาติ, อนันต์ งามลิ และ ศิริชัย สาระมนัส	12
4. เว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak ชญญา กลางแก้ว, วริษา หนูเรือง, อิศริยพร จรจำรัส, สุธาดา ศรีเกตุ และ สุรเชษฐ์ เรืองประโคน	17
5. การปรับปรุงคุณสมบัติเฟอร์ไรต์อิเล็กทริกของ $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}/0.93\text{Smx}/0.93\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3 - 0.07\text{BaTiO}_3$ สำหรับเป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน ธนาภรณ์ อิ่มเขียว และ ลักษณะ มั่นสามสุข	21
6. การประดิษฐ์เซรามิกบิสมีทโซเดียมชาแมเรียมไททานเต-แบเรียมไททานเตด้วยเทคนิคการสังเคราะห์แบบเผาไหม้ ญานิกา สิริภัทรธนากุล และ ภาณุวัฒน์ อินทนู	31
7. การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยฟิล์มไคโตซาน ปัทมาธิ์ ธรรมจันทร์	46
8. การสังเคราะห์อนุภาคนาโนโลหะโดยการระเหิดด้วยเลเซอร์ในน้ำ สุปราณี เนาวกุล, จิระศักดิ์ ธาระจักร์ และ ภูมิรัตน์ นวรัตน์	60
9. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากวัสดุเชิงประกอบพลาสติกชีวภาพและเส้นใยธรรมชาติที่ผ่านการปรับปรุงด้วยสารไฮเลน สุพรรณษา นพวงศ์, อรวรรณ มีไย และ กัลทิมา เซา์ชาญชัยกุล	71

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
10. การเปรียบเทียบความสามารถการดูดซับพลังงานจากวัสดุ PZT จากการจำลองการทำงาน เครื่องจักร ธัญธร เพชรทวีรัตน์ และ จุฑามาส กลีบพึ้ง	79
11. ระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างาน จิระภัทร์ บุญยานุเคราะห์, สุภชัย สัสดีวงศ์, ภคพล อวยุจิตร และ ณัฐติญา ไขติยากุล	86
12. Shear bond strength and optical properties of resin composite - layered provisional Poly (methyl methacrylate) Juckrapun Tiangtrong and Juthatip Aksornmuang	92
13. การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม ธัญญรัตน์ จันทบุญณะ, ญาณิ ละลัว, ปิยะวัฒน์ มีทรัพย์ และ เมธิญาณินท์ คำขาว	103
14. วิธีการฆ่าเชื้อและอัตราส่วนของน้ำหมักต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในการหมักไวน์พลับ อภิสรรา ปฐมปัญญาดี และ กัลทิมา พิชัย	112
15. การจำแนกประเภทบทความทางวิชาการทางการแพทย์ตามความอคติ ธนภัทร พิชญรัตน์	117
16. การพัฒนาสูตรอาหารเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมโรคพืช สุวิจักขณ์ สมจินดา และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ	127
17. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินของประเทศไทย สุนิหรา ตั้งชัย, เบญจวรรณ ตรีวงศ์, พชรินทร์ สุขประเสริฐ และ ณภัฏญ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์	134
18. แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานด้วยภาษาไทย และภาษามลายู การอมะฮ์ ดอพอ, ณัฐวรา บุญมัย, เมธาวี จงไกรจักร, วิภาวี ศิลปบุญ, สุไวย๊ะ สะนิ, วิทวัส หมดออี และ กุสุมาลย์ น้อยผา	142
19. พฤกษเคมีและฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงของสารสกัดพลู ดาริษฐ์ กุลแป, วันลินนา แส้เต็ง, วาฟอา มะเกะ, ฮานานิ ยาเล, ฮานีซะห์ สะนิ, นายวิทวัส หมดออี และ กุสุมาลย์ น้อยผา	152
20. การบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบ ผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูพรุนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พีรวิชัย วายูพา, จิรภัทร จันทเขต และ เกียรติศักดิ์ ชัยสงค์	161
21. การตรวจสอบความชุ่มชื้นของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษาศูนย์ฝึกศาสตร์ พระราชมา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม พรทิพย์ มณีโชติ, ภควรรณ เล็กเจริญศรี และ สมจินต์ จันทระเชษฐา	167

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
22. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อภิชัย ศักดิ์อำภา, ภูริณัฐ แดงมา และ อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ	174
23. การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ คมกริช ฉายศรี, อมรรัตน์ เจริญชัย, ทักษิณา เครือหงส์ และ จอมขวัญ สุวรรณรักษ์	182
24. ประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ <i>Collectotrichum gleosporioides</i> สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน กฤษประติพัฒน์ เหล่าสีดา และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ	193
25. กระถางเพาะกล้าจากเส้นใยปาล์ม วงจันทร์ นุ่นคง และ โสริญา เนตรประไพ	199
26. ผลผลิตของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทดแทนของพลาสติก เพื่อบรรจุขี้เถ้าสำหรับดูดความชื้น วิสาข์ มีเพชร, ปภัสรา วงศ์เลี้ยง, ภัทริกา สูงสมบัติ, ดวงฤทัย นิคมรัฐ และ ณัฐชฌัย ลักษณะอำนาจพร	205
27. การดูดซับน้ำมันธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน อจลญา ทองอำไพ, ณปภัสรา ขาวเจริญ, พรสุตา โฉมกระโทก, ดวงฤทัย นิคมรัฐ, ภัทริกา สูงสมบัติ และ ณัฐชฌัย ลักษณะอำนาจพร	217
28. การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ขวัญตา สุขสมบูรณ์, ศิรินันท์ อภิรมย์, นวลจุฑา ทองอำไพ, กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์, มาโนช หลักฐานดี และ ณัฐชฌัย ลักษณะอำนาจพร	229
29. การผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหารและผักตบชวาด้วยกรรมวิธีไฮเดรชัน ชัยลักษณ์ เพ็งสุมา, ภควดี ละมั่งทอง, คณาวุฒิ อินทร์แก้ว, วรินทร์ บุญยะโรจน์ และ ศุภชัย หิรัญสุขโชติ	241
30. ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษาบ่อกุ้งलगงาน สุภาพร สระทองออย, สุพรรณษา ทองดี และ สมจินต์ จันทระเชษฐาการ	248
31. การพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร จิราภรณ์ ปักธงไชย และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ	257
32. ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากชาเขียวต่อเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร อัจฉรา เพิ่ม	264
33. ความชุกของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนในจังหวัดพิษณุโลก พิชามณูช จันธุ, ชนกานต์ สืบกระแสน, อับดุลฮากีม ดุมีแด, จิรนนท์ อาจไพรินทร์, แสงชัย นทิวรรณ, รัชชิตา พลสีลา, อัญชลี ฐานวิสัย และ อภิชาติ วิทย์ตะ	272

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
34. ผลของการทดแทนซังข้าวโพดหมักในอาหารต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทย สาธิต อนุปิม, มนตรี ปัญญาทอง, กฤตภาค บุรณวิทย์ และ วัชรระ แล่น้อย	278
35. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาร์มจากสารสกัดสมุนไพรบรรเทาอาการผื่นคัน กรรราพร หอมละเอียด, พุทธิรัตน์ สังขานวัต, วิลาวรรณ ขาวแก้ว, สุภาภรณ์ สุพกิจ, ปิยะนุช สุวรรณรัตน์ และ ศิริรัตน์ ศรีรักษา	284
36. การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ตโฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุรียนต์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม สิริวิชัย โตหมื่นไวย, ศุภกร สุวรรณะ, ศุภกฤษ นาคป้อมฉิน และ แก้วใจ อารณพิศาล	291
37. ระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม คณิศร หนานนท์ และ แก้วใจ อารณพิศาล	300
38. การออกแบบอุปกรณ์เสริมช่วยในการทดสอบเฟสอาร์เรย์อัลตราโซนิก สุกฤต อิมอาร์มณ, ศุภกร วงศ์พลทรัพย์, โสภณ เปลี่ยนปฐม และ พลกฤษณ์ คุ่มกล้า	310
39. อัตราส่วนที่เหมาะสมของการเลี้ยงแบคทีเรียที่มีประโยชน์ผสมหลายสายพันธุ์เพื่อพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ในการย่อยสลายสารเคมีตกค้าง ปัญญาพร อติษภาส และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ	324
40. ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ทิวดีท์ จังพานิช, สุวพงศ์ ปั่นงาม และ สมจินต์ จันทระเจษฎาการ	330
41. การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด กิตติพัฒน์ ศรีเจริญ และ กิตติพงศ์ ศรีเจริญ	337
42. การพัฒนาแบบฝึกทักษะรายวิชาการออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก สายสุนี โพธิ์ต้น และ ดวงพร ไม้ประเสริฐ	343
43. หลักสูตรการคิดและการแก้ปัญหา: มุมมองความต้องการของการเปิดหลักสูตร ณิศรา สุทธิสังข์ และ พิษญา พุกผาสุข	350
44. ผลของเจลสมุนไพรต่อองค์การเคลื่อนไหวในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อม ณัฐกวี บุญวิจิตร, ดาวิณี ชินวงศ์, อาทิตย์ ลิประโคน, อัมพาพรรณ พงศ์ผลาดิสัย, นพวรรณ บานชื่น และ อรสา มีเหมาะ	363
45. การวิเคราะห์ข้อสอบออนไลน์ วิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ชนกนันท์ บางเลี้ยง และ จันทน์ อุทธิสินธุ์	368

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
46. ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จันทน์ อุทิสินธุ์, ศรารุช ใจเย็น และ นิธิวัฒน์ ชูสกุล	374
47. การบำบัดสีในน้ำเสียจากการย้อมผ้าด้วยกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน สิรินารี เงินเจริญ	379
48. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาสถิติวิศวกรรม นิกร สุขชาติ และ ประวิทย์ ตฤณรัชตเมธี	385
49. การใช้เทคนิค QFD ช่วยในการออกแบบ เพื่อความอยู่รอดของผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพและปริมณฑล กรณีศึกษาการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงาน ชาคริต ศรีทอง และ อรวีภา ศรีทอง	389
50. แนวทางการบริหารจัดการทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอส อินทิรา ชลธัญญา และ กฤษดา พิศลยบุตร	397
51. การพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทักษิณา นพคุณวงศ์ และ ภาพร พลธรรม	405
52. บล็อกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์เพื่อลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร สัจจะชาญ พัดมะลิ และ ประชุม คำพูน	413
53. การใช้เศษชิ้นไม้สักเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปไม้เป็นแผ่นอัดวัสดุทดแทนไม้ ประชุม คำพูน และ สัจจะชาญ พัดมะลิ	419
54. การศึกษาฤทธิ์ฆ่าหอยของแบคทีเรีย <i>Xenorhabdus</i> และ <i>Photorhabdus</i> ต่อหอยคัน <i>Indoplanorbis exustus</i> ประภาสิริ วรณช, เบญจวรรณ รัศมี, พิชามณซ์ จันธุ์, อับดุลฮาซิม ดุมีแด้, แสงชัย นทีวรรณารณ, เทวรัตน์ คุ่มจันทิก, พงษ์พิทักษ์ ภูติวัตร, อัญชลี ฐานวิสัย และ อภิชาติ วิทย์ตะ	428
55. การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ทักษิณา นพคุณวงศ์	435

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย (ชื่อเรื่อง/ชื่อผู้วิจัย)	หน้า
56. การกระจายตัวของรินฝอยทรายในเขตพื้นที่อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก รักธิณา พลสีลา, ณรงค์ จัตุรัส และ อภิชาติ วิทย์ตะ	442
57. แอคติโนแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพร และกิจกรรมการยับยั้งมะเร็ง นาริลักษณ์ นาแก้ว, ทิพากร ยศอัน, มณฑกาญจน์ ดอนไพรย้อน, ชัชวาลย์ จอมแบ่ง, บุญรัตน์ อโนทัย และ จตุพร เงินคำ	456
58. ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกระชายและขมิ้นชันเพื่อการ ควบคุมลิ่ว นลิน วงศ์ขัตติยะ, กิตติศักดิ์ บัวบาน, พันธุ์ชนะ สงวนเสริมศรี และ ดลฤดี สงวนเสริมศรี	460
59. การสังเคราะห์ซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการทำแก้วคริสตัลลี วงศ์ธร สุขวัฒน์, อินทนนท์ อภิขนิษฐากุล, อรัญญา หุ่นหลา, ธนาพร บุญชู และ วิไลวรรณ ถิ่นะกุล	468

เว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Scholarship Website of Science and Technology

ปิยภูมิ เหี้ยมขุนทด^{1*} สิทธาชนม์ ฉัตรพิพัฒน์ผล¹ พลอยนภัส เลิศบวรวิทย์¹ วริศรา ตลาสุข¹ สุธาดา ศรีเกตุ¹
และ สุรเชษฐ์ เรืองประโคน¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*Email: piyaphom-h@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการบุคลากรและนักศึกษา โดยเว็บไซต์จะมีระบบที่กระจายข้อมูลข่าวสารทุนการศึกษา ซึ่งจะทำให้บุคลากรสามารถเพิ่มข้อมูลทุนการศึกษา และจะทำให้ให้นักศึกษาได้รับเอกสารข้อมูลของทุนการศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้อย่างรวดเร็วและอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงเรื่องราวข่าวสารต่างๆเกี่ยวกับทุนการศึกษา และคำนวณสถิติผู้ใช้งานเว็บไซต์ พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.94 เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า ด้านการออกแบบเว็บไซต์, ด้านประสิทธิภาพการทำงานและด้านทัศนคติ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 4.01 และ 3.95 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เว็บไซต์ ทุนการศึกษา

Abstract

Scholarship Website Project Faculty of Science and Technology is a developed website that satisfy the needs of personnel and students. The website will have a system that is generous to distribute scholarship information which will enable personnel to increase scholarship information. Students will quickly get scholarship information of the Faculty of Science and Technology, and also access more about scholarships information. By the statistical calculation of website users, we found that overall satisfaction is at a good level with an average of 3.94. When considering each aspect, it was found that website design, performance, and attitude are at a high level of satisfaction with an average of 3.91 4.01 and 3.95 respectively.

Keywords: Website, Scholarship

1. บทนำ

ในปัจจุบันทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีช่องทางการแจ้งเตือนข่าวสารเกี่ยวกับทุนการศึกษาที่อยู่ในเว็บไซต์หลักของทางมหาวิทยาลัย แต่ยังไม่ได้มีการจัดทำเว็บไซต์ทุนการศึกษาที่แยกเป็นของแต่ละคณะ เพื่อเป็นสื่อกลางที่ใช้ประชาสัมพันธ์ข่าวสารทุนการศึกษากับนักศึกษา จึงทำให้เป็นที่สนใจต่อนักศึกษาจำนวนมาก ซึ่งในหัวข้อของทุนการศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ยังพบเจออุปสรรคในการประชาสัมพันธ์ทุนการศึกษาที่ไม่ชัดเจน การแบ่งแยกประเภทของทุนการศึกษาที่ไม่ละเอียด การกรอกข้อมูลที่ไม่สะดวกรวดเร็ว รวมไปถึงช่องทางการติดต่อในการส่งเอกสารกับทางคณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นผลให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินงานและการจัดเก็บข้อมูลนักศึกษา เนื่องจากมี

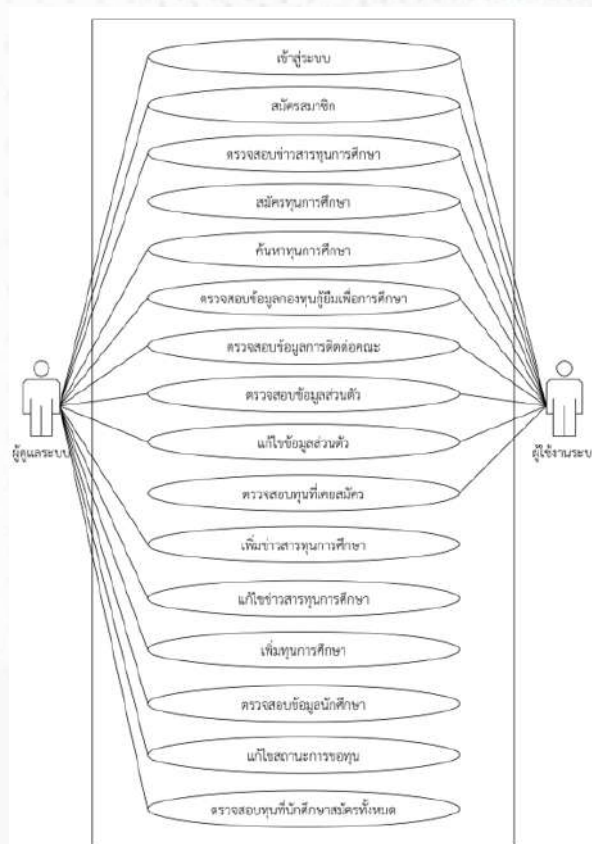
นักศึกษาจำนวนมากที่กำลังจะเข้ามาศึกษาใหม่ หรือที่กำลังศึกษาอยู่ มีความสามารถและคุณสมบัติที่เพียงพอต่อการยื่นขอทุนการศึกษาต่างๆ ต้องการที่จะรับข่าวสารประชาสัมพันธ์ทุนการศึกษาและติดต่อกับทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากการที่ได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยของ นายดุสิต ทองเปรมจิตต์ เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมเว็บไซต์เพื่อการประชาสัมพันธ์ข้อมูลสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ นั้นจัดทำขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เว็บไซต์ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพายัพ และงานวิจัยของ นายวิระ ไวศยดำรง เรื่อง โครงการออกแบบเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์ผลงานการออกแบบของนักศึกษา เป็นการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์ผลงานนักศึกษา เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมานี้ ผู้จัดทำได้นำปัญหาข้างต้นมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานอย่างสมบูรณ์

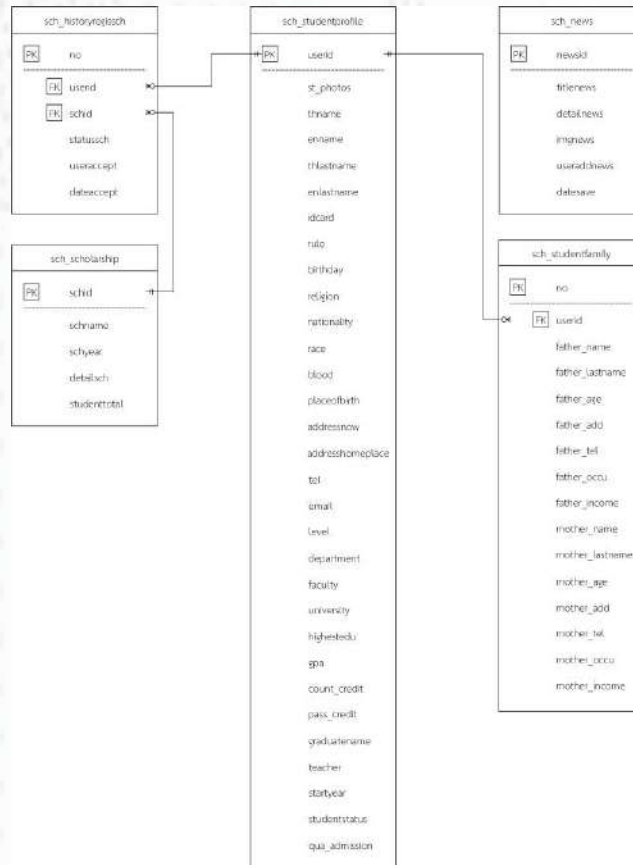
จากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาจึงได้มองเห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นของการอำนวยความสะดวกต่อการศึกษา จึงได้ออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเป็นการสื่อสารหลักระหว่างทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับนักศึกษา เพื่อทำหน้าที่ในการประชาสัมพันธ์ข่าวสารต่างๆที่เกี่ยวกับทุนการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการอัปเดตข่าวสารทุนการศึกษา การจัดประเภททุนการศึกษา การจัดทำแบบฟอร์มสำหรับการดาวน์โหลด การกรอกเอกสารข้อมูลส่วนตัวเพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและนักศึกษา

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

จากการศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูลโดยการเก็บรวบรวมเอกสารและสัมภาษณ์ พบว่าผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเกี่ยวกับเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประกอบด้วย สถานะของผู้ใช้งาน คือ ผู้ใช้งานทั่วไป (user) ผู้ดูแลระบบ (admin) โดยการออกแบบเว็บไซต์จึงกำหนดให้มีบัญชีผู้ใช้งานระบบ (Username) และรหัสผ่าน (Password) สำหรับผู้ใช้งานแต่ละสถานะโดยแยกตามกลุ่มของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับข้อกับเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพที่ 2 คลาสไดอะแกรมของเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตัวอย่างเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เมื่อผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบ , ทำการเข้าสู่ระบบด้วยบัญชีผู้ใช้ เว็บไซต์จะแสดงหน้าหลักตามกลุ่มของผู้ใช้ หากผู้ใช้งานระบบต้องการสมัครทุนการศึกษาต้องทำการเลือกเมนูค้นหาทุนการศึกษาและกดสมัคร พร้อมกรอกข้อมูลเกี่ยวกับการสมัครทุนการศึกษา ดังภาพที่ 3

The screenshot shows the registration page of the scholarship website. The header includes the university logo and name: "มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร" (Rajabhat Maharakham University). The navigation bar contains links: "กองทุนการศึกษา" (Scholarship Fund), "ข้อมูลส่วนตัว" (Personal Information), "ค้นหาทุนการศึกษา" (Find Scholarship), "กดสมัคร" (Apply), and "ติดต่อ" (Contact). The main heading is "สมัครทุน" (Apply for Scholarship). Below it, there are two sections: "ข้อมูลส่วนตัว" (Personal Information) and "ข้อมูลทางการศึกษา" (Educational Information). The "Personal Information" section includes fields for Name, Surname, Age, Gender, and Address. The "Educational Information" section includes fields for School Name, Grade, and other details. The form is filled with sample data.

ภาพที่ 3 หน้าสมัครทุนการศึกษา

ในส่วนผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขสถานะทุนการศึกษาของนักศึกษาที่ขอทุนการศึกษาโดยการเลือกเมนู แก้ไขสถานะทุน แล้วเลือกสถานะทุนพร้อมบันทึก ดังภาพที่ 4



ลำดับ	รหัสนักศึกษา	ชื่อนักศึกษา	นามสกุล	ชื่อทุน	ปีการศึกษา	ผลการสมัคร
1	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	มูลนิธิสิริภักดิ์เพื่อการกุศล	2563	ผ่าน
2	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	มูลนิธิสิริภักดิ์เพื่อการกุศล	2563	ผ่าน
3	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	ทุนการศึกษาเพื่อสังคม	2563	
4	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	ทุนการศึกษามูลนิธิสังคม	2563	
5	2222	สมชาย	สมชาย	มูลนิธิสิริภักดิ์เพื่อการกุศล	2563	ผ่าน

ภาพที่ 4 หน้าแก้ไขสถานะทุน

นอกจากนี้ ผู้ดูแลระบบสามารถดูข้อมูลทุนการศึกษาที่นักศึกษาขอทุนการศึกษาเข้ามา โดยการเลือกเมนูทุนที่นักศึกษาสมัครทั้งหมด ซึ่งหน้าเว็บไซต์จะแสดงจากทุนที่ขอเข้ามาล่าสุดเป็นอันดับแรก พร้อมทั้งแสดงชื่อนามสกุลนักศึกษา ชื่อทุนการศึกษา และสถานะของทุนการศึกษา ดังภาพที่ 5



ลำดับ	รหัสนักศึกษา	ชื่อนักศึกษา	นามสกุล	ชื่อทุน	ปีการศึกษา	ผลการสมัคร
1	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	มูลนิธิสิริภักดิ์เพื่อการกุศล	2563	ผ่าน
2	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	มูลนิธิสิริภักดิ์เพื่อการกุศล	2563	ผ่าน
3	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	ทุนการศึกษาเพื่อสังคม	2563	
4	055950203067-6	สิทธาชนม์	ฉัตรทิพย์มงคล	ทุนการศึกษามูลนิธิสังคม	2563	
5	2222	สมชาย	สมชาย	มูลนิธิสิริภักดิ์เพื่อการกุศล	2563	ผ่าน

ภาพที่ 5 หน้าทุนที่นักศึกษาสมัครทั้งหมด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดสอบเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน คือ พบว่า ด้านการออกแบบเว็บไซต์ ด้านประสิทธิภาพการทำงานและ ด้านทัศนคติ การทดสอบนี้ เป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบงาน โดยผู้พัฒนาระบบเองเป็นการทดสอบผ่านเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	($\bar{X}$)	S.D.	ความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบเว็บไซต์	3.91	0.18	ดี
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงาน	4.01	0.06	ดี
3. ด้านทัศนคติ	3.95	0.08	ดี
ผลเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้าน	3.94	0.15	ดี

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 25 คน พบว่าผู้ใช้งานเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีระดับความพึงพอใจโดยรวมของระบบอยู่ในระดับดี โดยมีผลเฉลี่ย รวมเท่ากับ 3.94 เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละด้านพบว่า ด้านการออกแบบเว็บไซต์ มีระดับความพึงพอใจอยู่ใน

ระดับดี โดยมีผลเฉลี่ย เท่ากับ 3.91 ด้านประสิทธิภาพการทำงานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยมีผลเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 และ ด้านทัศนคติมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยมีผลเฉลี่ยเท่ากับ 3.95

4. บทสรุป

จากการพัฒนาเว็บไซต์ทุนการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการประเมินความพึงพอใจการใช้งาน เว็บไซต์ พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี เนื่องจากเว็บไซต์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ตรงตาม ความต้องการ และช่วยลดปัญหาในการกรอกเอกสารในรูปแบบเดิม ลดระยะเวลาในการหาข้อมูล ตรวจสอบข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับทุนการศึกษา เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทราบข้อมูลข่าวสารทุนการศึกษา และการขอทุนการศึกษา

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้อนุมัติ ให้งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจาก โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และ นวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์สานิตย์ โภคาพันธ์ และ อาจารย์อุดมเดช ทาระหอม (2546). โครงการวิจัยและพัฒนาระบบบริหารงาน ทะเบียน (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2562 , เข้าถึงได้จาก <https://tdc.thailis.or.th>
- [2] วีระ ไวยศดำรง (2551). โครงการออกแบบเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์ผลงานนักศึกษา สาขาวิชาศิลปกรรม คณะ มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2562 , เข้าถึง ได้จาก <https://tdc.thailis.or.th>
- [3] ดุสิต ทองเปรมจิตต์ (2547). การพัฒนาโปรแกรมเว็บไซต์เพื่อการประชาสัมพันธ์ข้อมูลสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคพายัพ (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2562 , เข้าถึงได้จาก <https://tdc.thailis.or.th>

ระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน Moisture notification system for the earthworm feeder cabinet

ศศิธร จันทรชัมภู^{1*} บุญทิศา ทับทิม¹ อรอนงค์ ลำละอ¹ พลอยวรินทร์ บัวเล็ก¹ และ ญัฐติญา ไชติยากุล¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนน พิบูลสงคราม แขวง วงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*Email: sasitorn-j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากประเทศไทยในปัจจุบันพบว่าไส้เดือนดินเป็นสัตว์เศรษฐกิจ ดังนั้นการเลี้ยงไส้เดือนถือเป็นตัวขับเคลื่อนที่สามารถกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศไทยได้ โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ระบบสามารถแสดงค่าความชื้นและอุณหภูมิในตู้เพาะเลี้ยงไส้เดือน และควบคุมการให้น้ำผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างถูกต้อง โดยส่วนประกอบหลักของเครื่องมี 2 บอร์ด คือ บอร์ด WeMos D1 ESP8266 ทำการควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ และบอร์ด NodeMCU ESP-32S จะเก็บข้อมูลของค่าความชื้นและค่าอุณหภูมิที่วัดได้แบบ Real time เพื่อนำไปเก็บในระบบฐานข้อมูล จากนั้นทำการส่งต่อข้อมูลเพื่อทำการประมวลผลและแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชัน จากการทดลอง พบว่าความชื้นของดินที่เหมาะสมในตู้เลี้ยงไส้เดือนมีค่าอุณหภูมิอยู่ที่ช่วง 15°C -28°C และมีค่าความชื้นของดินเฉลี่ยอยู่ที่ช่วง 60%-70% (ร้อยละโดยปริมาตร) ซึ่งระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน สามารถควบคุมการเปิด/ปิดน้ำ เพื่อให้ความชื้นและอุณหภูมิของดินได้ จึงทำให้ไส้เดือนมีการดำรงชีวิตที่ดี มีการเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้อย่างเต็มที่ เมื่อเปรียบเทียบการเลี้ยงไส้เดือนแบบฟาร์มที่มีค่าอุณหภูมิอยู่ที่ช่วง 10°C -35°C และมีค่าความชื้นของดินเฉลี่ยอยู่ที่ช่วง 60%-80% (ร้อยละโดยปริมาตร) ทำให้ไส้เดือนไม่สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้เต็มที่ นอกจากนี้ระบบแจ้งเตือนความชื้นนี้สามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชัน เป็นการเพิ่มความสะดวกให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ: ความชื้น เว็บแอปพลิเคชัน ไส้เดือน อุณหภูมิ

Abstract

Nowadays, Thailand is realizing the economic value of earthworms. Earthworm farming can stimulate the Thai economy. The objective of this project is to measure the humidity and temperature Incubator for earthworms and accurately control watering through web applications. The main components of the device are two boards, the WeMos D1 ESP8266 board controls the operation of the water pump and the NodeMCU ESP-32S board real time data of humidity and temperature measurements to be stored in the database. Then forward the data to be processed and displayed on the web application. From the experiment, it was found that the soil moisture in the earthworm incubator was at a temperature range of 15°C-28°C and the average soil moisture was in the range of 60% -70% (percentage by volume). Soil moisture in the earthworm incubator can control the opening/closing of water so that the moisture and temperature of the soil can thus making earthworms a good life is fully grown and reproductive Compared to farm earthworms whose temperature was 10°C-35°C and average soil moisture was in the range of 60% -80% (percentage by volume), earthworms could not survive and thrive. In addition, this humidity alarm system can be controlled through web applications. This is another way to add convenience to farmers.

Keywords: Humidity, Web Application, Earthworm, Temperature

1. บทนำ

จากสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบัน มีบุคคลมากมายหารายได้เสริมหลังการทำงานประจำเป็นจำนวนมาก แต่ละคนก็มีอาชีพเสริมแตกต่างกันออกไปตามความถนัดของแต่ละบุคคล อาชีพเลี้ยงไส้เดือนดินก็เช่นกัน ในปัจจุบันพบว่าไส้เดือนดินเป็นสัตว์เศรษฐกิจ เลี้ยงง่าย โตเร็ว และรายได้ดี จึงเป็นทางอาชีพทางเลือกอีกทางหนึ่งแก่บุคคลที่ต้องการหาอาชีพใหม่ ๆ อาชีพนี้ยังมีความสำคัญต่อเกษตรกรในการเลี้ยงไส้เดือน ที่สามารถทำเป็นรายได้เสริมได้ การเลี้ยงที่ดีย่อมมีผลต่อคุณภาพของการขาย แต่สำหรับบางคนที่ต้องการเลี้ยงไส้เดือนดินอาจจะต้องคำนึงในเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น พื้นที่ในการเลี้ยง ซึ่งบางคนอาจจะมีพื้นที่ที่จำกัด ดังนั้นการเลี้ยงไส้เดือนในบ่อดิน หรือพาชนะปิด จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งปัญหาที่ตามมาสำหรับการเพาะเลี้ยงไส้เดือนในบ่อดินคือ การควบคุมความชื้นในดินที่เหมาะสมให้ไส้เดือน ผู้เลี้ยงที่เพาะเลี้ยง ไส้เดือนต้องให้ความเอาใจใส่อย่างสม่ำเสมอ จากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาคณะผู้จัดทำ จึงได้มองเห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นของการศึกษา คณะผู้จัดทำโครงการนี้จึงนำเสนอระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือนอย่างง่ายที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้นำเทคโนโลยีที่เรียกว่า “Smart Farm” ที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบันเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหน่วยประมวลผล อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ให้มีความสามารถในการทำงานมากขึ้นโดยเราสามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานได้ด้วย หรือแก้ไขโปรแกรมภายในหน่วยความจำ ซึ่งเป็นระบบที่มีความรวดเร็วและแม่นยำ[1] โดยทางคณะผู้จัดทำได้นำเซ็นเซอร์แบบสัมผัสวัดค่าความชื้นและใช้เซ็นเซอร์ DHT22 วัดอุณหภูมิเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ แล้วส่งให้ระบบทำการประมวลผลต่อและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงได้ง่าย มีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ตรงตามความต้องการ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินการของระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน ผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาโดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับระบบงานดังนี้

2.1 โครงสร้างของระบบ (System Structure)

โครงงานระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือนนั้นได้มีการนำตัวเซ็นเซอร์มาใช้ในการตรวจวัดความชื้นและอุณหภูมิในดิน โดยผู้จัดทำได้ทำการออกแบบโครงสร้างโดยมีส่วนประกอบของบอร์ด NodeMCU ESP-32S ทำหน้าที่เก็บข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิ แล้วบันทึกในระบบฐานข้อมูล และบอร์ด WeMos D1 ESP8266 ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำผ่านรีเลย์ นอกจากนี้ผู้จัดทำได้จัดทำเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้เกษตรกรสามารถดูค่าความชื้นและอุณหภูมิ และควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

2.1.1 วงจรรวมของระบบ (Work Flow)

ระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือนแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

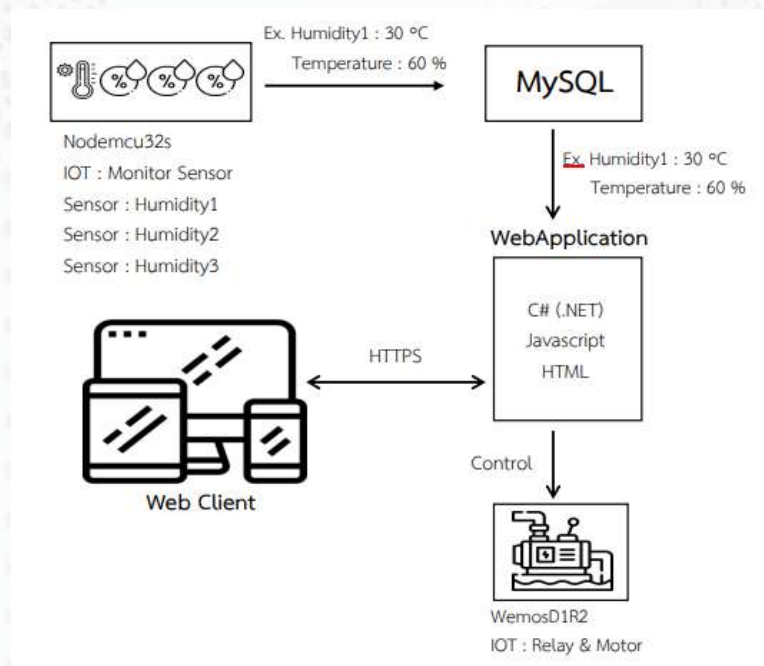
- ก) ส่วนของการวัดค่าความชื้นและอุณหภูมิ โดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความชื้นแบบสัมผัส (Capacitive Soil Moisture Sensor 1.2) และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DHT22) ในตู้เพาะเลี้ยงไส้เดือน เมื่อได้ค่าของข้อมูลที่เซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัววัดได้แล้วนั้น จะส่งค่าข้อมูลไปยังฐานข้อมูลโดยอาศัยอินเทอร์เน็ทแบบไร้สาย (Wi-Fi)
- ข) ส่วนของเว็บแอปพลิเคชัน จะทำหน้าที่ร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยใช้โปรโตคอล HTTP (HTTP Request) แล้วจะได้ผลตอบรับ (HTTP Response) ไปแสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อเป็นตัวชี้วัดสำหรับผู้ใช้งาน นอกจากนี้เว็บแอปพลิเคชัน นี้สามารถควบคุมการเปิด/ปิดของการปล่อยน้ำด้วย

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

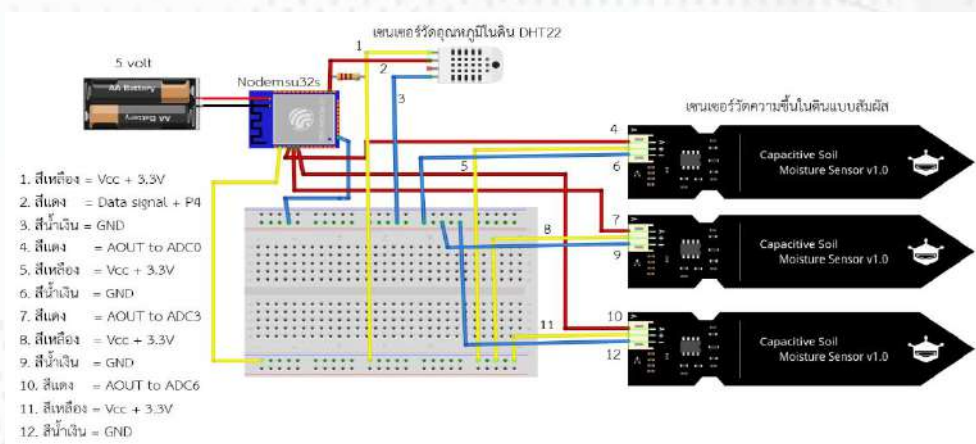
ในขั้นตอนการพัฒนาระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนานั้นจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- 1) เครื่องมือประเภทซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม Arduino IDE 1.8.9, โปรแกรม fritzing สำหรับออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และจำลองการทำงานของวงจร ผู้จัดทำได้ทำการทดลองที่ละส่วนตามแผนภาพรวมของระบบที่ได้ออกแบบ และแพลตฟอร์มในการรองรับการส่งข้อมูลบนเว็บไซต์
- 2) เครื่องมือประเภทฮาร์ดแวร์ โดยเครื่องมือพวกนี้จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบเพื่อใช้ในการเขียนวิธีการรับอุณหภูมิ (DHT22) ความชื้นในดิน (Capacitive soil V1.2) เชื่อมต่อกับบอร์ด Nodemcu32s และปั๊มน้ำเชื่อมเข้ากับบอร์ด

WemosD1R2 เพื่อควบคุมการจ่ายน้ำ (ในที่นี้ได้ใช้ DC Motor เป็นอุปกรณ์แทนปั้มน้ำเนื่องจากในโปรแกรมออกแบบวงจรไม่มีปั้มน้ำ) ซึ่งวงจรทั้ง 2 วงนี้มีรูปแบบการเชื่อมต่อตามภาพที่ 1 และภาพที่ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 Work Flow ของระบบ แสดงถึงการรับส่งค่าความชื้นและอุณหภูมิที่ได้จากเซ็นเซอร์ ไปเก็บยังฐานข้อมูล, การแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันและการควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ

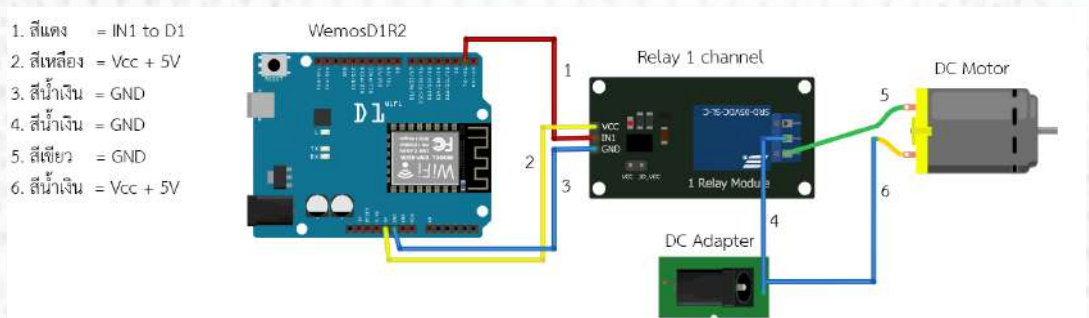


ภาพที่ 2 วงจรการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ Capacitive Soil Moisture Sensor 1.2 และDHT22 กับNodemcu32s เพื่อส่งข้อมูลค่าความชื้นและอุณหภูมิไปเก็บในฐานข้อมูลผ่าน Wi-Fi

2.3 วิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design)

2.3.1 ศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูล

เป็นกระบวนการที่คณะผู้จัดทำโครงการ ได้ศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูลการสร้างระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน โดยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร หนังสือ เว็บไซต์ต่างๆ เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่ดี และมีความเข้าใจง่าย



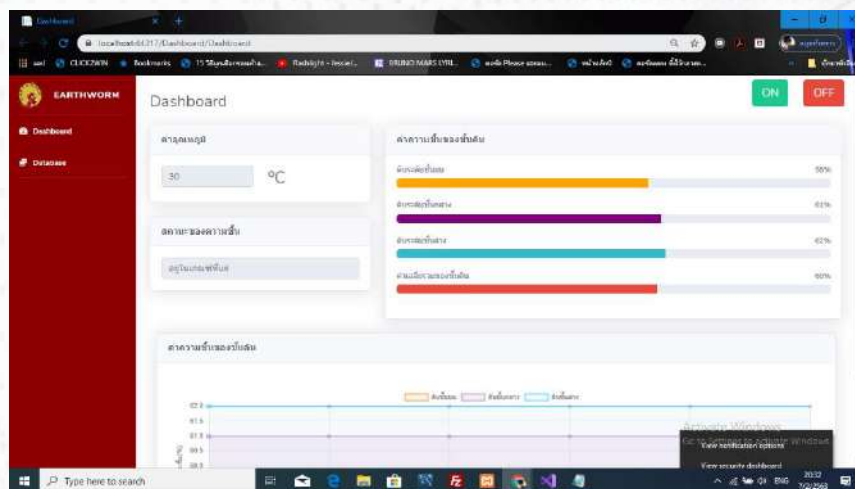
ภาพที่ 3 วงจรการเชื่อมต่อบอร์ด WemosD1R2 จะเชื่อมต่อ Relay เพื่อควบคุมการทำงานเปิด/ปิดของ DC Motor

2.3.2 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการสร้างระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน พบว่าผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ผู้เลี้ยงไส้เดือนและไมโครคอนโทรลเลอร์ การวิเคราะห์ระบบในวงจรการพัฒนาระบบนั้น เริ่มต้นจากการศึกษาระบบเดิม แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาหาความต้องการ (Requirements) หรือสิ่งที่ต้องปรับปรุงในระบบ หรืออีกอย่างหนึ่งคือวิธีแก้ปัญหาของระบบ การวิเคราะห์จะเริ่มหลังจากที่ทราบปัญหา และผ่านขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้แล้วและนอกจากนี้ การศึกษาระบบเดิมนั้น นักวิเคราะห์ระบบ เริ่มต้นจากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ เช่น คู่มือต่าง ๆ เป็นต้น

2.3.3 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล (Design Web and Database)

2.3.3.1 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 4 หน้า Dashboard ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าต่าง ๆ ได้ในหน้านี้ ซึ่งจะแสดงค่าความชื้นของดินแต่ละชั้น, ค่าความชื้นเฉลี่ย, ค่าอุณหภูมิ และสถานะของความชื้น

2.3.3.2 ออกแบบฐานข้อมูล เพื่อระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน ไว้สำหรับการจัดเก็บข้อมูลของเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัดค่าความชื้น ทั้งหมดโดยใช้ phpMyAdmin ในการสร้างและออกแบบฐานข้อมูล

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาเรื่องการเพาะเลี้ยงไส้เดือน พบว่าการเลี้ยงไส้เดือนให้มีชีวิตอยู่รอดและสามารถขยายพันธุ์ได้อาศัยปัจจัยหลายอย่างในการเลี้ยงนั่นก็คือค่า pH ของดินที่นำมาใช้เป็นที่อยู่อาศัยตั้งอยู่ระหว่าง 5-8, มูลวัวที่นำมาใช้เป็นอาหารแก่ไส้เดือน มีสารโพแทสเซียมสูง ทำให้เกิดความเค็มจึงต้องทำการเจือจางเสียก่อนนำมาใช้ และปัจจัยสำคัญนั่นก็คือความชื้นและอุณหภูมิ ความชื้นที่เหมาะสมต้องอยู่ระหว่าง 60%-80%, อุณหภูมิต้องอยู่ระหว่าง 15°C-28°C จึงจะเป็นค่าความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ของไส้เดือน[2]

คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองการเลี้ยงแบบธรรมดาและแบบใช้ระบบเป็นเวลา 1 สัปดาห์และนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์กัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างการเลี้ยงแบบธรรมดาและการเลี้ยงแบบใช้ระบบเป็นเวลา 1 สัปดาห์

ปัจจัยการวัดผลสัมฤทธิ์	การเลี้ยงแบบฟาร์ม	การเลี้ยงแบบใช้ระบบ
ค่าความชื้นเฉลี่ย	80%-90%	65%-70%
อุณหภูมิเฉลี่ย	10°C-35°C	15°C-28°C
ขนาดความยาวเฉลี่ยของไส้เดือน	16 เซนติเมตร	23.35 เซนติเมตร
ปริมาณการขยายพันธุ์	0.4 กิโลกรัม	0.8 กิโลกรัม
ปริมาณของมูลไส้เดือนที่ได้	1.5 กิโลกรัม	2.25 กิโลกรัม

จากตารางดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเลี้ยงแบบธรรมดามีค่าความชื้นเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องจากควบคุมความชื้นได้ยาก เพราะการรดน้ำจะอาศัยการสังเกตจากหน้าดินชั้นบนเท่านั้น เมื่อหน้าดินแห้งก็จะทำการรดน้ำลงไปแต่ภายในกล่อยังมีความชื้นที่มากอยู่ เมื่อค่าความชื้นเฉลี่ยสูง จึงทำให้อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งไม่เหมาะกับการเลี้ยงไส้เดือน แต่การเลี้ยงด้วยระบบนั้นจะทำให้สามารถควบคุมความชื้นได้ เนื่องจากมีการวัดระดับชั้นดิน 3 ระดับแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และจะส่งข้อมูลผ่านหน้าเว็บแอปพลิเคชัน ให้ผู้ใช้งานได้ทำการปล่อยน้ำได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสมได้ ซึ่งเป็นการสามารถควบคุมความชื้นได้ ผู้ใช้งานสามารถดูเกณฑ์ที่เหมาะสมได้ในช่องสถานะของความชื้นบนหน้าเว็บแอปพลิเคชันได้ ซึ่งเกณฑ์ที่เหมาะสมนี้มีส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของไส้เดือน เมื่อมีเกณฑ์ความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้มีการขยายพันธุ์เพิ่ม 1 เท่าจากการเลี้ยงแบบธรรมดา และเมื่อมีจำนวนการขยายพันธุ์ที่มาก ปริมาณผลผลิตที่ได้ก็จะได้มากตามไปด้วย (ผลผลิตในที่นี้คือปริมาณของมูลไส้เดือน) ดังตารางข้างต้น

4. บทสรุป

จากการทดสอบระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน โดยเปรียบเทียบการเลี้ยงทั้ง 2 แบบ พบว่าการเลี้ยงแบบใช้ระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือนนั้นทำให้การควบคุมความชื้นได้ดีกว่า เพราะค่าความชื้นเฉลี่ยและอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยง ขนาดความยาวของลำตัวไส้เดือนมีขนาดยาวกว่าการเลี้ยงแบบธรรมดา ซึ่งบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตที่ดี มีปริมาณการขยายพันธุ์เพิ่มขึ้น 1 เท่าจากการเลี้ยงแบบธรรมดา จึงทำให้ปริมาณมูลไส้เดือนที่ได้มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีการแสดงค่าของข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นกับสภาพแวดล้อมของการเลี้ยงไส้เดือนผ่านเว็บแอปพลิเคชันให้ผู้ใช้งานได้เห็น จึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถปล่อยน้ำเมื่อค่าความชื้นและอุณหภูมิมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ และปิดน้ำได้เมื่อค่าความชื้นและอุณหภูมิถึงเกณฑ์ที่เหมาะสม ทำให้ค่าความชื้นและอุณหภูมิเหมาะสมกับการดำรงชีวิตและการขยายพันธุ์

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการระบบแจ้งเตือนความชื้นของดินในตู้เลี้ยงไส้เดือน ประสบความสำเร็จได้ ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้โอกาสได้รับทุนส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ประจำปี

งบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อันเนื่องมาจากการให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย และบุคลากรต่าง ๆ ดังนี้ อาจารย์ ดร.ณัฐติญา ไขติยากุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และแนวคิดตลอดจนให้การช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่อง และปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างจัดทำโครงการ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทองค์ความรู้ และคำแนะนำต่าง ๆ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เจนศึก นุชพ่วง. การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็ก. รายงานวิจัยฉบับ

สมบูรณ์ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, 2547

[2] อภิชาติ ศรีสอาด และพัชรี สำโรงเย็น. แนวทาง...และแบบอย่างการผลิตมูลค่าได้นยุคใหม่...ให้รวย. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพฯ : นาคา อินเตอร์มีเดีย, 2558.

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง Environment Control System for radish with Internet of Things

พีรวิทย์ สอนพงษ์^{1*} อัญญาธร นิยมญาติ¹ อนันต์ งามลิ¹ และ ศิริชัย สารมนัส¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

*Email: peerawit-s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการเรื่องระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าในโรงเรือน เพื่อลดปัญหาในด้านแรงงานไม่พอ การใช้ต้นทุนในการผลิตสูง และยังมีปัญหาทางด้านสภาพอากาศที่อาชีพเกษตรกรต้องเจออยู่บ่อยครั้ง โดยนำเสนอโครงการในรูปแบบของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ของระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นในดิน และแสดงสถานะการทำงานบนจอแอลซีดีได้ ซอฟต์แวร์ของระบบสามารถส่งและเก็บข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้ MQTT protocol ได้ รวมถึงรายงานสถานะการทำงานของอุปกรณ์ และสรุปผลผ่านเว็บไซต์ได้ สำหรับการทดสอบอุปกรณ์และการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จะทำการทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิ การวัดค่าความชื้นในดิน และการทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ของระบบ ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในดินใกล้เคียงกับค่าจริงโดยเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด และการวิเคราะห์ข้อมูลในท้องทดลอง ส่วนการทำงานของซอฟต์แวร์ของระบบมีผลการทดสอบที่ตรงตามข้อกำหนด สรุปได้ว่าระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งสามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

Abstract

The objectives of this project, "the Environment Control System for radish with Internet of Things project", are to control the environment of radish cultivation in a planting house, to reduce the problem of insufficient labor and the use of high production costs. There are also frequent weather problems faced by farmers. The working process of this project is separated into two parts. The first part, hardware control, is to control temperature, moisture and illustrated the working status on LCD. The second part, software control, is collected data from all sensors and then published results on the website via MQTT protocol. The Environment Control System for radish with Internet of Things project is evaluated by measuring the value of temperature and soil moisture from the system compare with the value from reliable instruments. The test results show that the system can measure the temperature and soil moisture correctly. Moreover, the software function of the system has fulfilled the requirements.

Keywords: Environment Control System, Technology, Internet of Things

1. บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทย อาชีพที่เสมือนเป็นกระดูกสันหลังของชาตอย่างเกษตรกร เป็นอาชีพที่ควบคุมในด้านการผลิต เช่น การปลูกพืชผัก การทำไร่ทำสวน การเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งมีการปลูกหัวไชเท้า หรือหัวผักกาดขาว โดยต้องการความชื้นในดินสูงพอประมาณ และต้องการแสงแดดตลอดวัน ต้องการอุณหภูมิค่อนข้างเย็นประมาณ 18.3-24 องศาเซลเซียส และนิยมปลูกหัวไชเท้าปลูกมากที่สุดทางตะวันตก ได้แก่ จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี เป็นต้น ซึ่งหัวไชเท้ามีทั้งการผลิตเพื่อบริโภคและการผลิตเพื่อทำธุรกิจ แต่เนื่องจากอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพที่ต้องควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมาย ตรงตามฤดู และอาจเกิดปัญหาในด้านแรงงานไม่พอ หรือต้องใช้ต้นทุนในการผลิตสูง และยังมีปัญหาทางด้านสภาพอากาศที่อาชีพเกษตรกรต้องเจออยู่บ่อยครั้ง

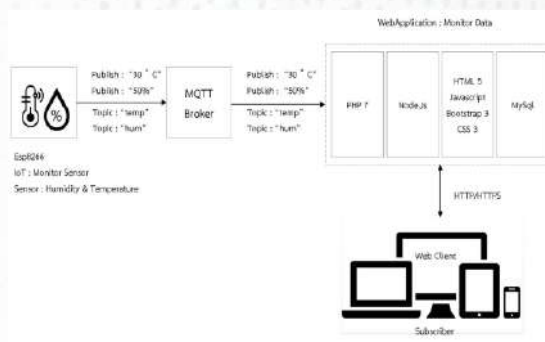
จากงานวิจัยของ Shashwathi, Priyam, & Suhas ได้กล่าวถึงฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) หรือฟาร์มที่มีความแม่นยำ (Precision Farm) คือการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องในการทำฟาร์มต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นฟาร์มปลูกผักขนาดเล็กหรือจนกระทั่งฟาร์มการเลี้ยงสัตว์ขนาดใหญ่ ทำให้การนำเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์นำมาเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ และทำให้มีประสิทธิภาพในการได้ผลผลิตอย่างเต็มที่ และยังมีงานวิจัยของนายธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ ซึ่งเป็นการกล่าวการใช้เทคโนโลยี IoT หรือ อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ที่นำมาช่วยในการจัดการกับข้อมูลต่างๆหรือเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆเพื่อทำให้เกิดความสะดวกในการจัดการมากยิ่งขึ้น

จากปัจจัยและงานวิจัย ที่กล่าวมาข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้มองเห็นถึงความสำคัญและปัญหาที่เกิดขึ้นกับเกษตรกร คณะผู้วิจัยในโครงการวิจัยนี้จึงนำเสนอแบบเสนอโครงการเพื่อการออกแบบและสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ที่สามารถทำงานแบบมีประสิทธิภาพและเข้ามาช่วยในการจัดการทางด้านเกษตรกรรมให้มีผลผลิตเป็นไปตามความต้องการ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 โครงสร้างระบบ

การจัดทำโครงงาน เรื่อง ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งนั้น ได้มีการนำตัวเซ็นเซอร์มาใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและค่าวัดความชื้นในดิน เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน โดยระบบสามารถควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีการแสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี มีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิกับความชื้นในดิน ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์ผ่านโปรโตคอลเอ็มคิวทีทีโดยมีแผนภาพรวมของระบบดังรูปที่



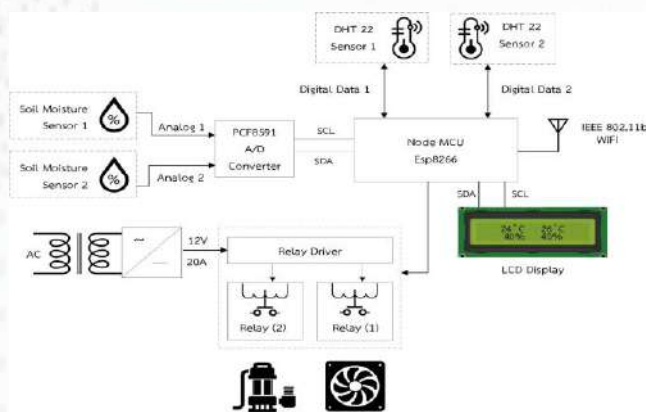
รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

2.2 โครงสร้างฮาร์ดแวร์

โครงสร้างฮาร์ดแวร์ ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบ โดยมีส่วนประกอบของบอร์ด ESP8266 ที่ควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ตัวแปลงสัญญาณจากดิจิทัลเป็นแอนะล็อก รีเลย์ที่ควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศและปั้มน้ำ และหน้าจอแอลซีดีที่ดูสถานะการทำงานของอุปกรณ์ดังรูปที่ 2

2.3 การเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในขั้นตอนการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้จัดทำได้ทำการเลือกอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 เพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีเครือข่ายไร้สายอยู่ในตัว เป็นที่นิยมและราคาไม่แพง เหมาะกับการใช้งานเกี่ยวกับ IoT



รูปที่ 2 แผนภาพโครงสร้างฮาร์ดแวร์

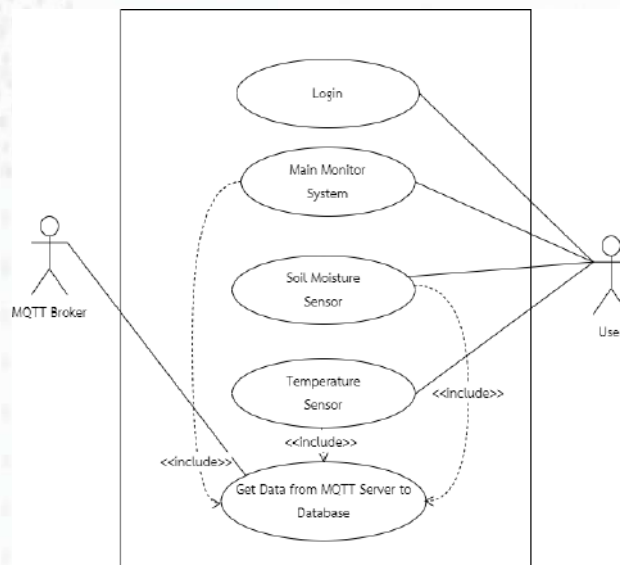
2.4 Flowchart การทำงานของระบบ



รูปที่ 3 Flowchart การทำงานของระบบ

2.5 วิเคราะห์และออกแบบระบบ

การดำเนินโครงการในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งและจัดเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และออกแบบระบบต่อไป ซึ่งประกอบไปด้วยแผนภาพแสดงการทำงาน (Use Case Diagram) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพผังงาน Use Case Diagram

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการทดสอบอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ DHT22 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ โดยหัวข้อที่ต้องการสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิค่อนข้างเย็นประมาณ 18.3-24 ซึ่งจะทดสอบที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับที่หัวข้อที่ต้องการ การวัดค่าอุณหภูมิ จะทำการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยเครื่องปรับอากาศ ใช้เทอร์โมมิเตอร์และตัวเซ็นเซอร์ในการตรวจอุณหภูมิ แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้ โดยตั้งอุณหภูมิด้วยเครื่องปรับอากาศตามค่าที่ทดสอบ นำเทอร์โมมิเตอร์วัดค่า แล้วเปรียบเทียบกับตัวเซ็นเซอร์ว่าได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันหรือไม่ รายละเอียดผลการทดสอบข้อมูลดังตารางที่ 1-1

ตาราง 1-1 การทดสอบอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ DHT22

ลำดับ	ค่าที่ทดสอบ	เทอร์โมมิเตอร์	DHT22
1	20	20	19.90
2	23	23	23
3	25	25	25
4	27	27	27.30
5	30	30	30.20
6	33	33	33.20

โดยการทดสอบดังตารางที่ 1-1 พบว่ามีค่าตัวเลขเป็นอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ที่ทดสอบกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ DHT22 มีการแสดงผลใกล้เคียงกับอุปกรณ์เทอร์โมมิเตอร์

4. บทสรุป

โครงการเรื่องระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จะถูกแบ่งพัฒนาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทางด้านฮาร์ดแวร์ถูกพัฒนาด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์และภาษาซี ทางด้านซอฟต์แวร์ถูกพัฒนาด้วยภาษาพีเอชพี ในส่วนของระบบฐานข้อมูลใช้พีเอชพีมายแอตมินในการจัดการฐานข้อมูล เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ สำหรับแสดงผลและรายงานสถานะของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกทั้งยังมีการใช้โปรโตคอล MQTT Broker มาเป็นตัวกลางที่ใช้ในการรับ - ส่งข้อมูล ระหว่างอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปยังเซิร์ฟเวอร์ และได้ทดสอบสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่หัวข้อที่ต้องการ

จากการทดสอบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ผู้พัฒนาระบบได้ทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ พบว่าผลการทดสอบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิมีประสิทธิภาพการทำงานและอุปกรณ์ในด้านต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้พัฒนาระบบเป็นไปด้วยดี ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง สามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่ตั้งไว้

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิทยการคอมพิวเตอร์นี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 แก่โครงการระบบควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกหัวไชเท้าด้วยอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ศิริชัย สารมนัส ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาประจำโครงการ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และคำปรึกษา ตลอดจนวิธีการแก้ไขปัญหา และวิธีในการดำเนินโครงการเป็นอย่างดี ทำให้โครงการนี้สำเร็จ และตรงตามวัตถุประสงค์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ดวงนภา พรหมจรรย์ อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร และอนุมัติ อิงคินันท์. ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าโดยส่งผ่านข้อมูลด้วยอุปกรณ์สื่อสารไร้สายซิกบี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556.
- [2] ธงชัย พรไชยสุทธิ. การพัฒนาการสื่อสารระหว่างผู้ประสพภัยกับผู้ช่วยเหลือภายใต้ซากอาคารสิ่งก่อสร้างโดย Smartphone to Node MCU ESP8266. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2561.
- [3] ประโยชน์ คำสวัสดิ์. การพัฒนาเครือข่ายเซนเซอร์สำหรับระบบชลประทานอัตโนมัติ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2558.
- [4] รัฐศิลป์ รานอกภานุวัชร. ระบบควบคุมโรงเรือนผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยี IoT และเครื่องมือการเรียนรู้เชิงลึก. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2561
- [5] เอกรัฐ ชะอุ่มเอียด และเดือนแรม แฝงเกี้ยว. การควบคุมความชื้นในดินสำหรับโรงเรือนเมล่อน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2561.

เว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak T.K. Beach Resort Koh Mak website

ชญญา กลางแก้ว^{1*} วริษา หนูเรือง¹ อีสริยพร จรจรัส¹ สุธาดา ศรีเกตุ¹ และ สุรเชษฐ์ เรืองประโคน¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* Email: chanya-k@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอเรื่อง เว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่เข้าพักมีความสะดวกสบายในการใช้ระบบการจองที่พักที่รีสอร์ท ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) และโปรแกรมแซมพ์ (Xampp) ในการจัดทำระบบฐานข้อมูลสำหรับเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak ให้ประสิทธิภาพในการทำงาน เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของผู้ดูแลระบบ และอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานระบบ จากการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานโดยใช้เครื่องมือแบบสอบถาม (Questionnaire) เก็บรวบรวม ความคิดเห็นของผู้ใช้งานจำนวน 20 คน เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีระดับความพึงพอใจ มากเป็นอันดับแรก คือ ด้านการออกแบบระบบ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.76 รองลงมา ได้แก่ ด้าน ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.66 และด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.62 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปผลเฉลี่ยรวมของทั้ง 3 ด้าน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ใช้มีความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ: เว็บไซต์ รีสอร์ท

Abstract

This research project presents T.K. Beach Resort Koh Mak, the objective is to provide guests who will have a comfortable stay using the resort booking system. Has been developed in the form of a web application Use php language (PHP) and xampp program (Xampp) to create a database system for T.K. Beach Resort Koh Mak website. To facilitate the work of the administrator And facilitating the system users From the satisfaction of T.K. Beach Resort Koh Mak, the satisfaction of the use of the website was assessed by the questionnaire tool. (Questionnaire) collected opinions of 20 users. Side with satisfaction level The first thing is system design. The average was 4.76, followed by the satisfaction of the system users. Get a total mean of 4.66 and the performance of the system The total mean was 4.62, respectively, which was able to summarize the combined mean of all 3 aspects. The mean was 4.68, which was in the level where the users were very satisfied.

Keywords: Website, Resorts

1. บทนำ

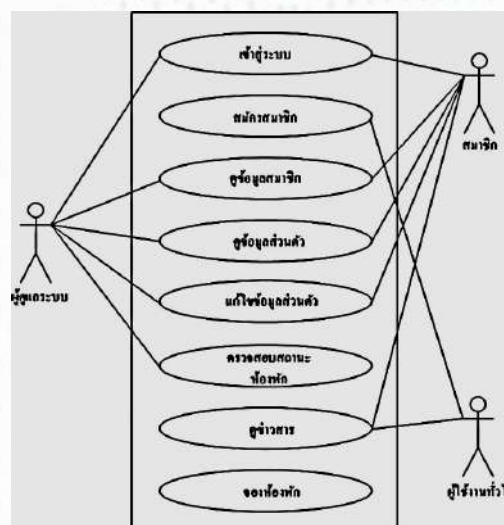
T.K. Beach Resort Koh Mak ตั้งอยู่ที่ ถนนวงศ์สิริ เกาะหมาก เกาะกูด จังหวัดตราด ประเทศไทย รหัสไปรษณีย์ 23120 เป็นรีสอร์ทขนาดเล็กโดยมีลักษณะเป็นบังกละ มีจำนวน 10 ห้อง 4 แบบ คือ Family bungalow , Beachfront bungalow , Seaview bungalow และสุดท้าย Seaview room ไว้บริการสำหรับนักท่องเที่ยวที่เข้ามาพักที่เกาะหมาก ซึ่ง

รีสอร์ทในรูปแบบเดิมที่เป็นอยู่มีระบบการจัดการข้อมูลโดยการ จัดบันทึกข้อมูลทั้งหมดอยู่ในรูปแบบของกระดาษเท่านั้น โดยการจัดเก็บเอกสารในระบบที่กำหนด ได้แก่ นำข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของการบันทึกจะมีความสะดวกต่อการค้นหาข้อมูลหรือบางครั้งข้อมูลที่บันทึกไว้เกิดความเสียหายเพราะใช้เวลานานต่อการจัดเก็บและเรียบเรียงข้อมูลต่าง ๆ ของผู้เข้าพักในรีสอร์ท ถ้าค้นหาข้อมูลจะไม่สามารถนำข้อมูลเอามาใช้ได้ในทันที จะเห็นว่ามีข้อมูลมากมายที่ต้องทำการบันทึกและคำนวณจะใช้แรงงานคนเป็นผู้ดำเนินงานต่าง ๆ จัดเก็บเป็นเอกสาร ซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองวัสดุและพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล อีกทั้งยากแก่การค้นหาและการจัดเก็บข้อมูลระยะยาวก็ทำได้ยาก ในบางกรณีซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลย้อนหลังก็เกิดความลำบากในการเข้าถึงข้อมูลเก่า เพราะต้องเขียนด้วยลายมือตัวเองลงในสมุด ทำให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาข้อมูลผู้เข้าพักในรีสอร์ท และเมื่อออกบิลการแจ้งหนี้ การชำระหนี้ก็ยังเป็นการเขียนในใบเสร็จอยู่ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย และเกิดความล่าช้าในการทำงานและการเก็บเอกสารจะเก็บในลักษณะแฟ้มเอกสาร อาจจะทำให้เกิดความยุ่งยากและเอกสารอาจสูญหายซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบการให้บริการของรีสอร์ทเกิดความล่าช้า และเป็นระบบงานที่ไม่มีประสิทธิภาพไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เข้าพักใช้บริการของรีสอร์ทได้ อย่างเต็มที่

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นคณะผู้จัดทำโครงการได้ศึกษาแนวทางจากปริญญานิพนธ์ของนางสาวอิทธิกร อยู่มัน และนางสาวอัญชก เพชรสังข์ (2560) เรื่อง “ระบบบริหารจัดการหอพักรัตนกรแมนชั่น” มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานให้ผู้อาศัยในหอพักรัตนกรแมนชั่น โดยระบบได้ถูกพัฒนาขึ้นมาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของผู้ดูแลและผู้ใช้งานระบบ ได้แก่ สมาชิกและผู้เข้าพักทั่วไป โดยใช้ภาษา PHP ในการพัฒนา และใช้ Server จริง

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

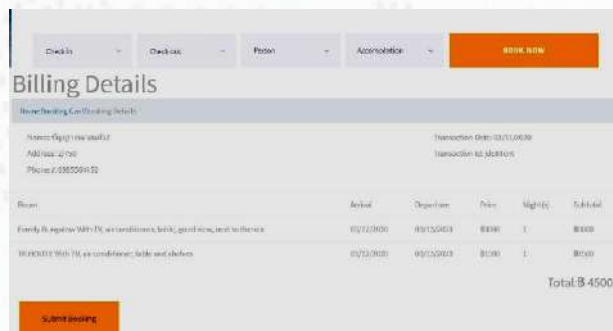
การพัฒนาและออกแบบเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak ผู้จัดทำรวบรวมข้อมูล มาดำเนินการออกแบบตามความต้องการของผู้ดูแลระบบ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพการทำงานของเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak



ภาพที่ 2 หน้าหลักของเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak



ภาพที่ 3 หน้าจองห้องพักผ่านเว็บไซต์แสดงรายละเอียดห้องพัก วันเช็คอิน วันเช็คเอาท์ ราคาต่อวัน จำนวนวันเข้าพัก และราคารวม



ภาพที่ 4 หน้าของผู้ดูแลระบบจะมีเมนูต่าง ๆ เพื่อใช้จัดการกับระบบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดสอบเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak แบ่งการทดสอบเป็น 3 ส่วน คือ ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ ด้านการออกแบบระบบ และด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ การทดสอบนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบงาน โดยผู้พัฒนาระบบเองเป็นการทดสอบระบบห้องพักผ่านเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak จากตารางที่ 1

ข้อ	รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ความพึงพอใจ
1.	ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ	4.62	0.04	มาก
2.	ด้านการออกแบบระบบ	4.76	0.03	มาก
3.	ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ	4.66	0.08	มาก
ค่าเฉลี่ย		4.68	0.02	มาก

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความค่าเฉลี่ยของแต่ละด้าน

พบว่าผู้ใช้งานเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak สามารถสรุปได้ว่าการทำแบบประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak ที่ได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบนั้นเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านที่มีระบบความพึงพอใจมากเป็นอันดับแรก คือ ด้านการออกแบบระบบ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.76 รองลงมาได้แก่ ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.66 และด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ ได้ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.62 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปผลค่าเฉลี่ยรวมของทั้ง 3 ด้าน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ซึ่งอยู่ในระดับที่

ผู้มีความพึงพอใจมาก จึงสรุปได้ว่า เว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak ได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับพึงพอใจมากและระบบที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง

4. บทสรุป

โครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์ เรื่อง เว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้อาศัยในรีสอร์ท T.K. Beach Resort Koh Mak เกะหมาก โดยระบบได้ถูกพัฒนาขึ้นมาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) และโปรแกรมแชมป์(Xampp) เพื่อจัดทำระบบฐานข้อมูลสำหรับเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak จากปัญหาเดิมของรีสอร์ทมีระบบการจัดการข้อมูลโดยการจดบันทึกข้อมูลทั้งหมดอยู่ในรูปแบบของกระดาษเท่านั้นโดยการจัดเก็บเอกสารในระบบที่กำหนดโดยการใช้งานเว็บไซต์ T.K. Beach Resort Koh Mak มีผู้ใช้งานระบบอยู่ 3 ส่วนคือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ ส่วนของสมาชิก และส่วนผู้ใช้งานทั่วไปมีความสามารถในการใช้งานโดยหลัก ๆ ที่สามารถทำได้เหมือนกัน คือ สามารถดูข้อมูลข่าวสารในหน้าหลักของเว็บไซต์ได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้อนุมัติ ให้งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และ นวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กังวาน อัครชัยวสิน และอรพิน ประวิติบริสุทธิ์. คู่มือสร้างเว็บไซต์ด้วย HTML5 CSS3 & Sublime Text ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น จำกัด, 2556
- [2] อีรพล ด่านวิริยะกุล. ระบบจองห้องพักผ่านเว็บเซอร์วิส กรณีศึกษา โลลิต้า บังกะโล เกะสมุย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, 2549.
- [3] สุธิสสา มุสาสิทธิ์ และสุภาภรณ์ แวดวงแก้ว. ระบบการจัดการห้องพักหญิงสุวรรณดี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย, 2559.
- [4] อติธิกร อยู่มนั และนางสาวอัญชก เพชรสังข์. ระบบบริหารจัดการห้องพักรัตนารแมนชั่น. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย, 2560.

การปรับปรุงคุณสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกของ $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}/0.93\text{Sm}_x/0.93\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3 - 0.07\text{BaTiO}_3$ สำหรับเป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน
Improvement in Ferroelectric Properties of $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}/0.93\text{Sm}_x/0.93\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3 - 0.07\text{BaTiO}_3$ for Energy Storage

ธนาภรณ์ อิมเปีย^{1*} และ ลักขณา มั่นสามสุข¹

¹สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*E-mail: thanaporn-i@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ตรวจสอบผลกระทบของการเติม Sm_2O_3 ในเซรามิก $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}/0.93\text{Sm}_x/0.93\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3 - 0.07\text{BaTiO}_3$ โดยสารละลายของแข็งออกไซด์ผสม สมบัติความเป็นผลึกได้ใช้เทคนิค X-ray diffraction และสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกศึกษาจากวงวนพี-อี คุณสมบัติทางกายภาพพบว่าความหนาแน่นเซรามิก BSNT-BT เพิ่มขึ้นและเปอร์เซ็นต์การหดตัวลดลงจากการเพิ่มปริมาณการเติม Sm_2O_3 นอกจากนี้ยังพบว่าผลการทดลองสอดคล้องกันกับการศึกษาโครงสร้างสำหรับตัวอย่างเผาที่อุณหภูมิ $950\text{ }^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 7 hr. สามารถระบุได้ว่าเซรามิก BSNT-BT มีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์ ซึ่งเหมือนโครงสร้างหลักของเซรามิก แบบ BNT สมบัติทางไดอิเล็กทริกและการสูญเสียไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้องพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ Sm_2O_3 ในเซรามิก BSNT-BT ไดอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นและการสูญเสียไดอิเล็กทริกที่ต่ำซึ่งสอดคล้องกับความต้านทานของวัสดุที่ลดลง นอกจากนี้การทดสอบเฟอร์โรอิเล็กทริกพบว่าเซรามิก BSNT-BT ได้ปรับปรุงคุณสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกเมื่อเพิ่มปริมาณ Sm_2O_3 ในเซรามิก BSNT-BT

คำสำคัญ: บิสมัทโซเดียมไททาเนต เฟอร์โรอิเล็กทริก เพียโซอิเล็กทริก วัสดุกักเก็บพลังงาน

Abstract

In this study, we investigated the effects of Sm_2O_3 addition in ceramics $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}/0.93\text{Sm}_x/0.93\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3 - 0.07\text{BaTiO}_3$ by mixing solid oxide solutions. The crystalline properties of the X-ray diffraction and ferroelectric properties were studied from the P - E loop. The physical properties showed that BSNT-BT ceramic density increased and the percentage of shrinkage decreased due to the increase of the amount of Sm_2O_3 . Moreover, it was found that the results were consistent with the structural study for sintered samples at a temperature of $950\text{ }^\circ\text{C}$ for 7 hours. It can be determined that the BSNT-BT ceramics have a perovskite structure, which is like the main structure of ceramic type BNT. Dielectric properties and dielectric losses at room temperature showed that when increasing the amount of Sm_2O_3 in BSNT-BT ceramics, the dielectric and low dielectric loss were consistent with reduced material resistance. Further, the ferroelectric test found that BSNT-BT ceramics improved the ferroelectric properties when increasing the amount of Sm_2O_3 in the BSNT-BT ceramics.

Keywords: Bismuth sodium titanate, Ferroelectric, Piezoelectric, Energy storage material

1. บทนำ

วัสดุอิเล็กทรอนิกส์เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษทางไฟฟ้า สมบัติทางแม่เหล็ก หรือสมบัติทางแสง โดยวัสดุในกลุ่มเซรามิกมีการนำไปประยุกต์ใช้หลายประเภท ได้แก่ การนำวัสดุไปพัฒนาให้มีสมบัติเชิงแสงสำหรับการแพทย์ การใช้วัสดุทางการแพทย์ การประยุกต์ใช้วัสดุในการบังคับแสงให้มีการเคลื่อนที่ไปทางเดียว ตัวรับ-ส่งสัญญาณคลื่นความถี่ แสงเลเซอร์สำหรับการทำความสะอาดผิวชิ้นงาน การประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีโทรคมนาคมและการพัฒนาเป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน แต่เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีวัสดุมีบทบาทความสำคัญมากในอุตสาหกรรม และมีความก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ต้องพัฒนาวัสดุให้มีความก้าวหน้า เพื่อยกระดับและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วัสดุให้เข้ากับเทคโนโลยี 4.0 ให้สามารถตอบสนองเทคโนโลยีในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายด้านมากขึ้น

ปัจจุบันเลเซอร์โคเนตไททาเนต (PZT) มีคุณสมบัติเพโรอิเล็กทริกที่โดดเด่น แต่มีความพิษสูง สามารถถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์และธรรมชาติได้ [1] ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวัสดุเซรามิกบิสมัทไซเดียมไททาเนต ($\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$) หรือ BNT มาพัฒนาเพื่อใช้ทดแทนวัสดุ PZT เนื่องจากมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี เป็นมิตรกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม [2] ซึ่งมีแนวโน้มที่จะนำมาพัฒนาได้ เช่น อัลตราซาวด์ความถี่สูง [3] เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก [4] และความเข้มสูงทรานสดิวเซอร์โฟกัส [5] และในส่วนของซามอร์เรียม (Samarium oxide) เป็นธาตุหายากชนิดหนึ่งในกลุ่มแลนทาไนด์ (lanthanide) มีคุณสมบัติในการเกิดโฟโตลูมิเนสเซนซ์ที่มีความเข้มสูง นำมาใช้งานในด้านการประยุกต์ใช้ในการเป็นฉนวนทางเลือก เซมิคอนดักเตอร์ [6] การใช้งานการแสดงผลเซ็นเซอร์และแสงไฟฟ้า [7] ซึ่งเป็นวัสดุที่มีบทบาทสำคัญในการนำไปพัฒนาให้สามารถใช้งานได้หลากหลายด้านมากขึ้น

โครงการนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาวัสดุเซรามิกไร้สารตะกั่วที่มีความสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติเพโรอิเล็กทริก และคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า เพื่อศึกษาแนวทางและองค์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาวัสดุเพียโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่วให้มีคุณสมบัติที่หลากหลาย สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุกักเก็บพลังงาน และการพัฒนาทางเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าในยุคปัจจุบัน

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- เม็ดบดเซอร์โคเนียรี
- แท่นอัดไฮดรอลิก 10 ตัน
- แท่งแกนกดอัดสแตนเลส
- โมลสแตนเลส
- ฐานสแตนเลส

2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 1) บิสมัทออกไซด์ (Bismuth oxide: Bi_2O_3) บริษัท Sigma Aldrich Chemie: GmbH
- 2) แบเรียมคาร์บอเนต (Barium carbonate: BaCO_3) บริษัท Sigma Aldrich Chemie : GmbH
- 3) ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide: TiO_2) บริษัท Sigma Aldrich Chemie : GmbH
- 4) ซามอร์เรียมออกไซด์ (Samarium oxide: Sm_2O_3) บริษัท Sigma Aldrich Chemie : GmbH
- 5) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate: Na_2CO_3) บริษัท Sigma Aldrich Chemie : GmbH
- 6) ซิลิโคนออย (Silicone oil) บริษัท VR Bioscience co.,Ltd

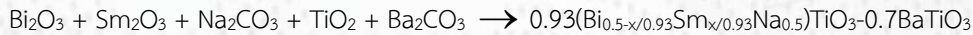
2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องบดผสมสารแบบหมุนวน
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- เครื่องขัดเซรามิก
- เตาสำหรับเผาแคลไซน์และเผาซินเตอร์

2.4 ขั้นตอนการวิจัย

2.4.1 การออกแบบสูตรทางเคมีของเซรามิก

สำหรับเซรามิก BSNT-BT อัตราส่วนที่ใช้มีดังนี้ $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}\text{Sm}_{x/0.93}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3-0.7\text{BaTiO}_3$ ร้อยละโดยโมล โดยส่วนของ Sm_2O_3 ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดย x มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.03, 0.04, 0.05 โดยโมล โดยจะอาศัยปฏิกิริยาการสลายตัว (Decomposition reaction) โดยสารตั้งต้นได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการแตกตัว ดังนี้



2.4.2 กระบวนการบดผสมสาร

- 1) นำสารใส่ขวด PE ใส่เม็ดบดเซอร์โคเนียร์ลง จากนั้นใส่เอทานอลและปิดฝาขวดให้สนิท
- 2) นำขวดไปวางบนแท่นหมุนเพื่อทำการบดผสม ใช้เวลาในการบดผสมเป็นเวลา 24 hr.
- 3) นำสารที่ได้มาเทใส่ตะแกรงร่อนด้วยบีกเกอร์ เพื่อร่อนสารและทำความสะอาดเม็ดบดเซอร์โคเนียร์ด้วยเอทานอล จากนั้นนำสารไปกวนเพื่อสลายเอทานอล

- 4) นำบีกเกอร์ที่ใส่สารไปอบสารให้แห้งสนิท จากนั้นชูดสารใส่เบ้าอะลูมินาเพื่อร่อนไปเผาแคลไซน์

2.4.3 การเผาแคลไซน์

- 1) เทสารลงไปในแม่พิมพ์เพื่ออัดขึ้นรูปชิ้นงาน จากนั้นอัดย้อนเพื่อนำชิ้นงานไปแคลไซน์
- 2) เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 850 °C เป็นเวลา 2 hr. โดยอัตราการขึ้นของอุณหภูมิอยู่ที่ 5°C/s
- 3) รอสารเคมีและเบ้าอะลูมินาเย็นตัวลงก่อนจึงจะนำออกจากเตา เพื่อลดการแตกของเบ้าอะลูมินา
- 4) นำฟอยด์ปิดเบ้าอะลูมินา เพื่อป้องกันฝุ่นละอองต่าง ๆ และนำสารไปไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการอัดขึ้นรูป

2.4.4 การอัดขึ้นรูปเซรามิก

- 1) เตรียม PVA 5wt% ทำการผสมกับสารและกรองบดสารละเอียด
- 2) ทำความสะอาดแม่พิมพ์ ใส่สารลงในแม่พิมพ์ และอัดขึ้นงานที่ความดัน 300 MPa
- 3) อัดย้อนเพื่อนำชิ้นงานออก เช็ดทำความสะอาดแม่พิมพ์ และเตรียมชิ้นงานไปเผาซินเตอร์

2.4.5 การเผาซินเตอร์

- 1) เตรียมชิ้นงานใส่ลงในเบ้าอะลูมินา นำเบ้าใส่เข้าไปในตูเผาซินเตอร์
- 2) เผาชิ้นงานโดยเผาไล่ PVA ที่อุณหภูมิ 600 °C เป็นเวลา 2 hr. โดยอัตราการขึ้นของอุณหภูมิอยู่ที่ 5 °C/s
- 3) จากนั้นเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 950 °C เป็นเวลา 7 hr. โดยอัตราการขึ้นของอุณหภูมิอยู่ที่ 2 °C/s จากนั้นรอให้อุณหภูมิเตาลดจนถึง 100 °C จึงจะนำสารออกจากเตาเผา เพื่อลดการแตกของเบ้าอะลูมินา
- 4) ขัดปรับหน้าชิ้นงานด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 1,000 1,200 1,500 ให้เรียบเสมอ

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย

2.5.1 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น

- 1) นำเซรามิกตัวอย่างที่ได้มาชั่งน้ำหนักในอากาศด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- 2) นำเซรามิกตัวอย่างที่ได้ลงในน้ำเพื่อชั่งน้ำหนักแขวนลอยของเซรามิก
- 3) นำค่าที่วัดได้ทั้งหมดมาคำนวณหาความหนาแน่นของเซรามิกตัวอย่าง

2.5.2 การวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD)

- 1) เตรียมสารใส่ลงในแผ่นสไลด์ และนำเซรามิกตัวอย่างวางลงในเครื่อง ณ ตำแหน่งที่วางวัสดุ
- 2) ทำการวัดค่าการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของเซรามิกที่องศา 2θ ความยาวคลื่นที่ $20\lambda-80\lambda$
- 3) นำข้อมูลที่ได้จากการเครื่องมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นที่ทำการวัด

2.5.3 การวิเคราะห์สมบัติไดอิเล็กทริก

- 1) ขัดปรับผิวหน้าชิ้นงานด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 1,200 1,500 จนได้ระนาบที่เรียบเสมอ
- 2) นำชิ้นงานไปทำให้แห้ง จากนั้นหาคาเวนที่ขึ้นงานให้เรียบเสมอทั่วชิ้นงานทั้งสองด้าน
- 3) อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 20-30 s

4) นำเซรามิกตัวอย่างวางลงในเครื่อง ณ ตำแหน่งที่วางวัสดุตัวอย่าง และวัดค่าสมบัติทางไฟฟ้า

2.5.4 การวิเคราะห์สมบัติเพอร์โรอิเล็กทริก

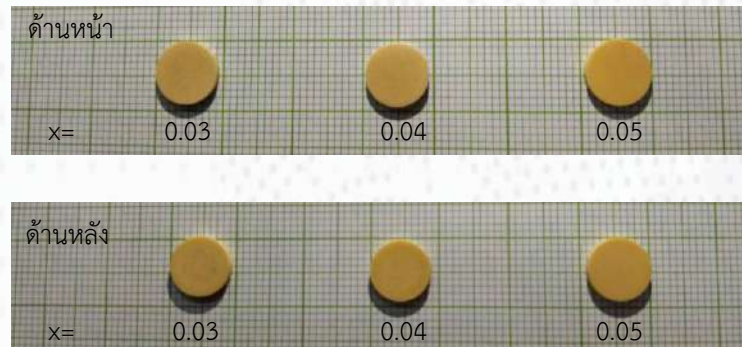
- 1) นำเซรามิกตัวอย่างวางลงในเครื่อง ณ ตำแหน่งที่วางวัสดุตัวอย่าง
- 2) ใส่ซิลิโคนออย เพื่อลดการเกิดการสฟาร์คของชิ้นงาน
- 3) ทำการวัดค่าสมบัติทางไฟฟ้า และนำข้อมูลที่ได้จากการเครื่องมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สมบัติทางกายภาพของเซรามิกบิสมาต์โซเดียมไททาเนต

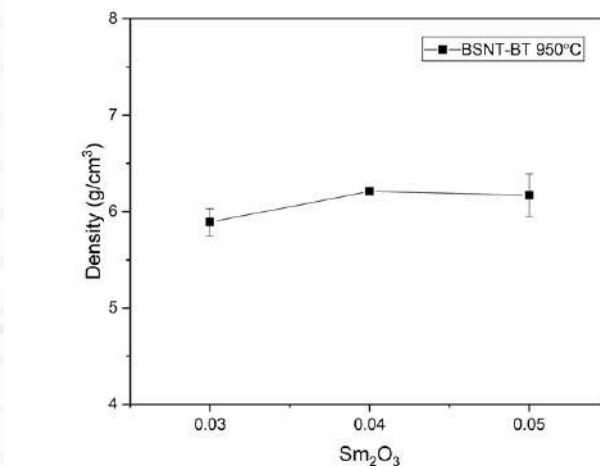
3.1.1 ลักษณะของเซรามิกที่เตรียม

จากการเตรียมเซรามิก $0.93(\text{Bi}_{0.5-x}/0.93\text{Sm}_x/0.93\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3-0.7\text{BaTiO}_3$ ซึ่ง x คือค่าความเข้มข้นของซามอเรียที่เจือในเซรามิก โดยความเข้มข้นของ Sm_2O_3 ที่ใช้ในการเจือ คือ ร้อยละ 0.03, 0.04 และ 0.05 โดยโมล จากภาพที่ 3.1 พบว่าเซรามิกตัวอย่างที่เตรียมสีของเซรามิกจะเข้มข้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Sm_2O_3 และมีรูพรุนเล็กน้อย



ภาพที่ 3.1 ลักษณะของเซรามิก BSNT-BT ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

3.1.2 ความหนาแน่น

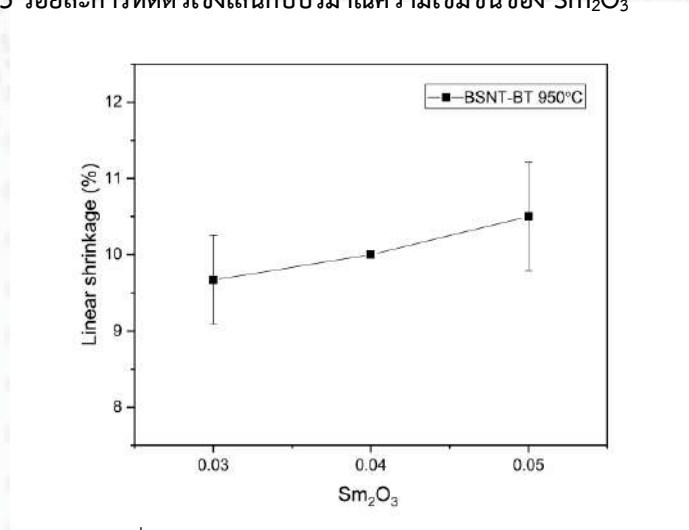


ภาพที่ 3.2 แสดงความหนาแน่นของเซรามิก BSNT-BT ที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.03, 0.04$ และ 0.05 โดยโมล

ผลการศึกษาความหนาแน่นของเซรามิกบิสมาต์โซเดียมไททาเนตที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ จากภาพที่ 3.2 ของชิ้นงานที่เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 950°C 7 hr. พบว่ามีค่าความหนาแน่นของเซรามิกที่เจือ Sm_2O_3 ที่ความเข้มข้นที่ $x=0.03, 0.04, 0.05$ มีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ $5.8945 \text{ g/cm}^3, 6.2150 \text{ g/cm}^3, 6.1743 \text{ g/cm}^3$ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเซรามิกมีค่า

ความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง $0.1406 - 0.2152 \text{ g/cm}^3$ ดังนั้นผลของการเติม Sm_2O_3 ส่งผลให้เซรามิกมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

3.1.3 ร้อยละการหดตัวเชิงเส้นกับปริมาณความเข้มข้นของ Sm_2O_3

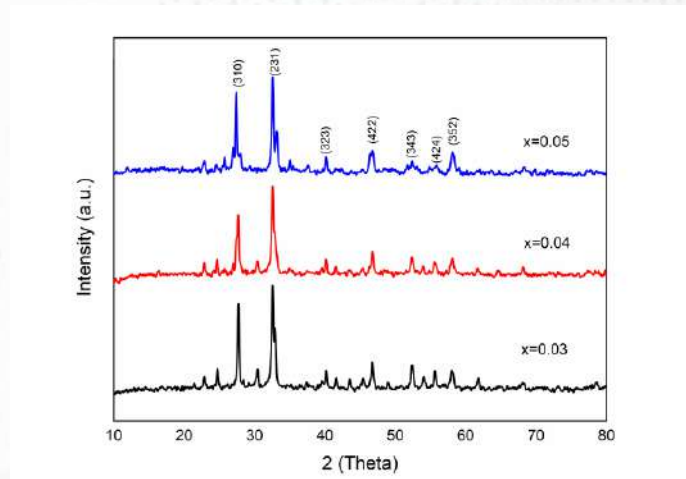


ภาพที่ 3.3 ร้อยละการหดตัวเชิงเส้นกับปริมาณความเข้มข้นของเซรามิก BSNT-BT ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ $x = 0.03, 0.04, 0.05$ โดยโมล

เมื่อนำสารมาตรวจสอบค่าร้อยละของการหดตัวเชิงเส้น ดังภาพที่ 3.3 จากผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นที่ $x = 0.3, 0.04, 0.05$ ค่าร้อยละการหดตัวเชิงเส้นอยู่ 9.67%, 10.00%, 0.50% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละความเข้มข้นมีค่าการหดตัวที่ไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นผลมาจากปริมาณการเจือ Sm_2O_3 ที่เพิ่มมากขึ้น จากกราฟจะเห็นว่ามีความสอดคล้องกันดังภาพที่ 3.2 เมื่อเจือ Sm_2O_3 พบว่ามีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เซรามิก BSNT-BT มีค่าร้อยละการหดตัวเชิงเส้นกับปริมาณความเข้มข้นของ Sm_2O_3 ที่ลดลง

3.2 การศึกษาโครงสร้างของเซรามิกบิสมาต์โซเดียมไททาเนต

3.2.1 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) หลังจากแคลไซน์

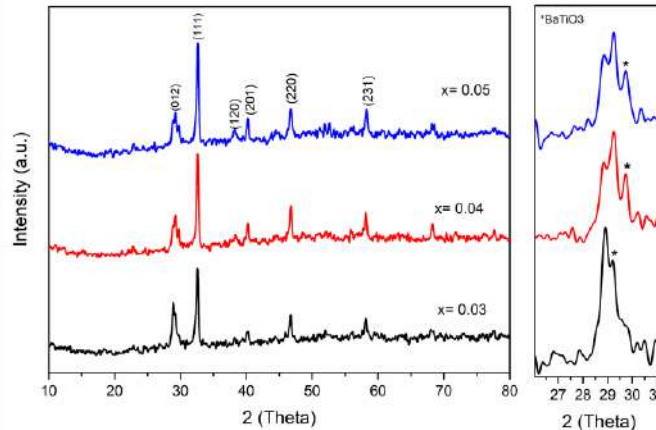


ภาพที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) หลังจากแคลไซน์เซรามิก BSNT-BT ที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.03, 0.04$ และ 0.05 โดยโมล

หลังจากการเตรียมสารตัวอย่างด้วยวิธี Solid stat โดยเผาแคลไซน์ที่ 850°C เป็นเวลา 2 hr. มาวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ผลจากกราฟเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชันที่ 2θ เท่ากับ $10^\circ - 80^\circ$ พบว่าสาร

ตัวอย่างมีโครงสร้างผลึกคล้ายแบบเพอโรฟสไกต์ (perovskite) จากภาพที่ 3.4 เมื่อพิจารณาโครงสร้างจากกราฟเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันพบว่าพีคที่สูงที่สุดจะอยู่ที่ 2θ เท่ากับ 25° - 30° , 31° - 32° พบว่าเป็นโครงสร้างของสาร Bi_2O_3 , BaTiO_3 ตามลำดับ และมีโครงสร้างผลึกเป็น cubic [8] ทั้งนี้ยังพบโครงสร้างเดียวกันที่ 2θ เท่ากับ 40° และ 46° จึงคาดได้ว่าสารตัวอย่างอาจมีโครงสร้างผลึกเป็น cubic [27]

3.2.2 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) หลังจากซินเตอร์

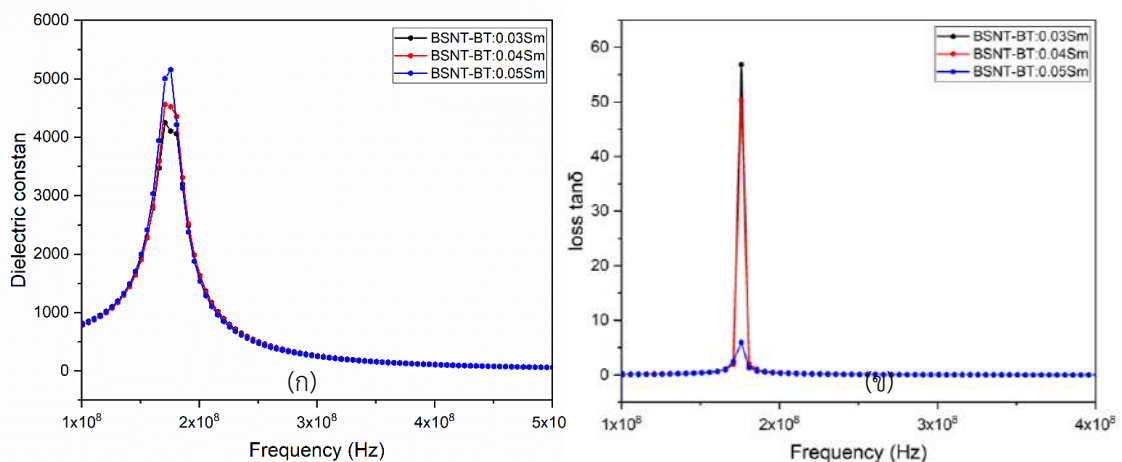


ภาพที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) หลังจากซินเตอร์ของเซรามิก BSNT-BT ที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.03, 0.04$ และ 0.05 โดยโมล

จากภาพที่ 3.5 เมื่อพิจารณาโครงสร้างจากกราฟเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันจะพบพีคที่สูงที่สุดอยู่ที่ 2θ เท่ากับ 32.5° พบว่าเป็นโครงสร้างของสาร $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ และมีโครงสร้างผลึกที่คล้ายคลึงกับ tetragonal [9] พีครองลงมาคือ 2θ เท่ากับ 27.5° พบว่าเป็นโครงสร้างของสาร BaTiO_3 และมีโครงสร้างผลึกคล้ายกับ cubic [10] จากกราฟสามารถระบุได้ว่าเซรามิก BSNT-BT มีลักษณะโครงสร้างผลึกที่คล้ายกับ tetragonal เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของโครงสร้างของสาร $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ สูงที่สุด ซึ่งตามหลักทฤษฎีแล้วโครงสร้างผลึกเหล่านี้อาจมีผลต่อการตอบสนองกับอิเล็กตรอน [11]

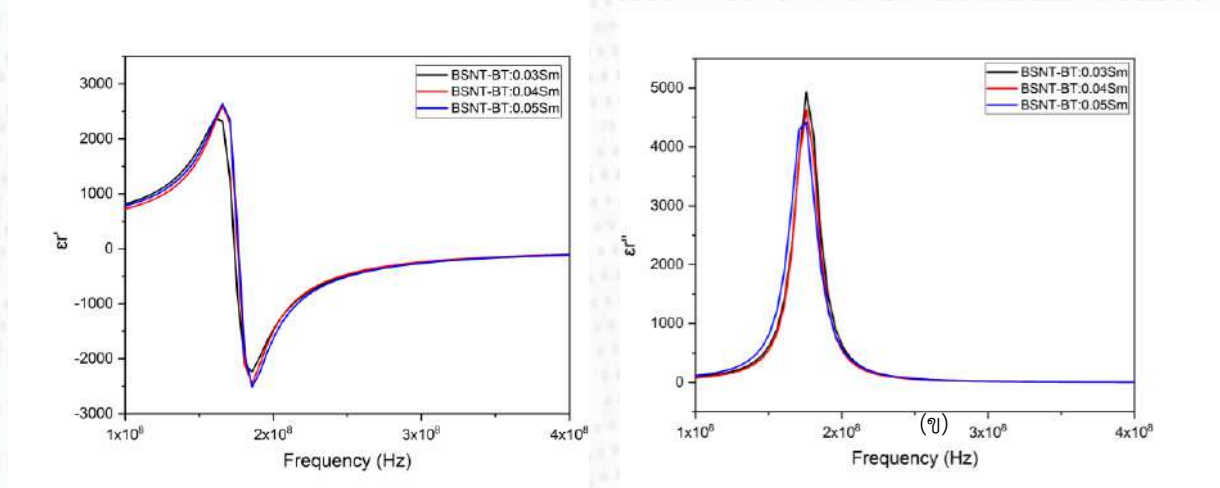
3.3 การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า

3.3.1 ผลการศึกษาสมบัติไดอิเล็กทริกของวัสดุเซรามิก BSNT-BT



ภาพที่ 3.6 การเปลี่ยนแปลงค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ก) ค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริก (ข) กับความถี่ของเซรามิก BSNT-BT ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 950°C

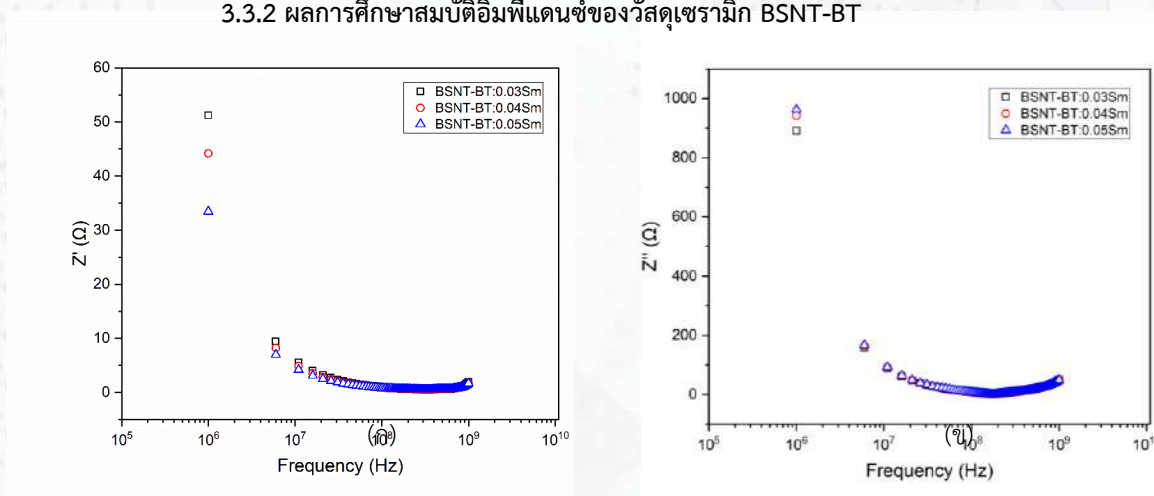
ผลการศึกษาค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของเซรามิก BSNT-BT ที่ความถี่ในช่วง 10^6 - 10^9 Hz ที่อุณหภูมิห้องแสดงดังภาพที่ 3.6 (ก) พบว่าพีคที่สูงที่สุดคือพีคของสารตัวอย่างที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.05$ และ 0.04 โดยพบอยู่ในช่วงความถี่ที่ 170-175 MHz ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ 5156.345 และ 4559.600 F/m จากกราฟจะเห็นว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่สูงเนื่องจากความหนาแน่นของสารที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการเจือ Sm_2O_3 ที่แสดงดังภาพที่ 3.2 [12] โดยเมื่อเทียบกับภาพที่ 3.6 (ข) จะพบว่ามีความสัมพันธ์กันเมื่อสารตัวอย่างมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงจะส่งผลให้มีค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกต่ำ และสารตัวอย่างที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำจะมีค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกสูง จึงสามารถกล่าวได้ว่าสารตัวอย่างที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.05$ จะมีความเป็นไดอิเล็กทริกสูง [13] และจะมีความสามารถในการเก็บประจุได้ดีในช่วงความถี่นั้น ๆ [14]



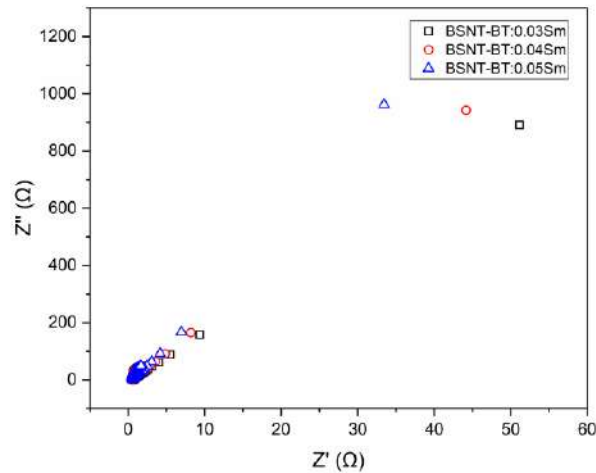
ภาพที่ 3.7 การเปลี่ยนแปลงส่วนจริง (ก) ส่วนจินตภาพ (ข) ไดอิเล็กทริกกับความถี่ของเซรามิก BSNT-BT ที่ผ่านการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 950 °C

จากภาพที่ 3.7 (ก) ผลพบว่าลักษณะกราฟที่สูงที่สุดในช่วงความถี่ที่ 165 MHz เซรามิก BSNT-BT มีความสามารถเป็นตัวเก็บประจุได้ดี [15] หลังจากนั้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นที่ 175 MHz ค่าไดอิเล็กทริกของเซรามิก BSNT-BT จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นดังแสดงที่ภาพที่ 3.7 (ข) ซึ่งเกิดการผ่อนคลายหรือเกิดการสูญเสียของไดอิเล็กทริก [16] จากภาพที่ 3.7 (ข) กล่าวได้ว่าช่วงความถี่ที่ 165 MHz ถึง 175 MHz เซรามิก BSNT-BT สามารถเป็นตัวเก็บประจุได้ดีจากนั้น แต่หลังจากที่ช่วงความถี่ 175 MHz ค่าความสามารถในการเก็บประจุจะลดลง

3.3.2 ผลการศึกษสมบัติอิมพีแดนซ์ของวัสดุเซรามิก BSNT-BT



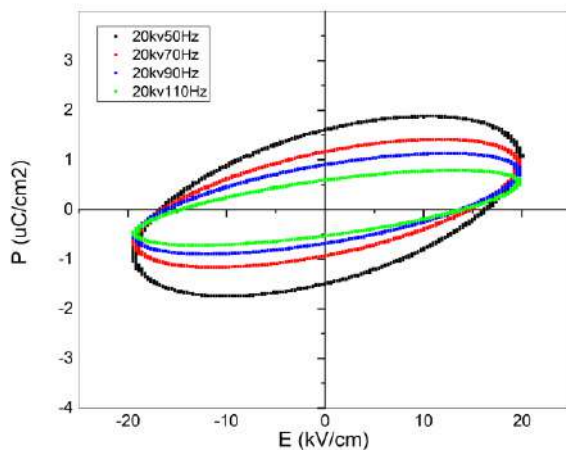
ภาพที่ 3.8 กราฟแสดงค่าส่วนจริง (ก) กราฟแสดงค่าส่วนจินตภาพ (ข) และความถี่ของอิมพีแดนซ์เซรามิก BSNT-BT ที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.03, 0.04$ และ 0.05



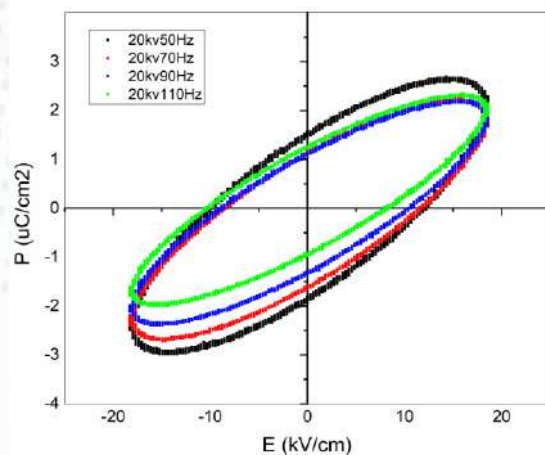
ภาพที่ 3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนจริง (Z') และส่วนจินตภาพ (Z'') ของค่าอิมพีแดนซ์เชิงซ้อน (Z^*) ของเซรามิก BSNT-BT ที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.03, 0.04$ และ 0.05

ผลการศึกษาโดยเทคนิค Impedance spectroscopy เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์กราฟรูปครึ่งวงกลมอิมพีแดนซ์ความถี่ที่ 10^6 Hz เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าเซรามิกมีลักษณะอิมพีแดนซ์ของวงจรมีพฤติกรรมคล้ายความเหนี่ยวนำหรือความจุไฟฟ้า ซึ่งชี้ว่าโวลเตจและกระแสในวงจรมีเฟสต่างกัน เนื่องจากกราฟรูปครึ่งวงกลมอิมพีแดนซ์ส่วนของจินตภาพไม่เป็นศูนย์ [17] แต่จะเห็นว่าที่เซรามิกที่เจือด้วย Sm_2O_3 $x=0.03$ มีลักษณะโค้งเข้าหาแกนค่าจริง จึงคาดว่าพฤติกรรมความเหนี่ยวนำหรือความจุไฟฟ้าจะมีไม่เท่าเซรามิกที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ $x = 0.04$ และ 0.05 ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณการเจือ Sm_2O_3 ส่งผลให้พฤติกรรมของเซรามิก BSNT-BT แนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมความเหนี่ยวนำหรือความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าความต้านทานต่ำลงที่แสดงดังภาพที่ 3.8 (ก) และภาพที่ 3.8 (ข)

3.3.3 ผลการศึกษาสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกของวัสดุเซรามิก BSNT-BT



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.10 P-E Hysteresis Loop ที่เปลี่ยนแปลงตามสนามไฟฟ้าภายนอกที่ต่างกันของเซรามิก BSNT-BT ที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x=0.04$ (ก) และ 0.05 (ข) ที่ $E_0 = 20$ kV/cm

จากภาพที่ 3.10 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มสนามไฟฟ้าความเข้ม $E_0 = 20$ kV/cm และเพิ่มความถี่ $f = 50, 70, 90$ และ 110 ให้กับเซรามิกที่มีความถี่ต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ 3.10 (ก) และภาพที่ 3.10 (ข) จะเห็นว่าเซรามิกที่มีการเจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.04$ มีลักษณะของวงวนฮิสเทอรีซิสที่เอียงมากกว่าเซรามิกที่มีการเจือ Sm_2O_3 ที่ $x = 0.05$ เนื่องจากการจัดเรียง

ตัวอะตอมของเซรามิกมีการจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ [18] ซึ่งที่ $x = 0.05$ มีค่าการโพลาไรเซชันสูงกว่า ดังนั้นเซรามิก BSNT-BT ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ $x=0.05$ มีความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้าได้ดีกว่าเซรามิก BSNT-BT ที่เจือด้วย Sm_2O_3 ที่ $x=0.04$ ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าไดอิเล็กทริกที่แสดงดังภาพที่ 3.6 (ก) และมีความสอดคล้องกับค่าความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำที่สอดคล้องดังภาพที่ 3.8 (ก) ดังนั้นจึงทำให้เซรามิก BSNT-BT ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติ ferroelectric ที่ดี [19]

4. บทสรุปผลสมบัติทางกายภาพ โครงสร้าง และสมบัติทางไฟฟ้า

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ โครงสร้าง และสมบัติทางไฟฟ้า ผลการศึกษาเซรามิก $0.93(\text{Bi}_{0.5-x/0.93}\text{Sm}_{x/0.93}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3-0.7\text{BaTiO}_3$ ที่เจือ Sm_2O_3 ที่ $x=0.03$ 0.04 และ 0.05 ที่สามารถเตรียมได้ด้วยปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (Solid State Reaction) ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกที่ดีขึ้น เนื่องจากเมื่อเจือ Sm_2O_3 ในเซรามิก BSNT-BT ทำให้วัสดุมีความสามารถในการเก็บประจุมากขึ้น โดยวัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงตั้งแต่ 1000 ขึ้นไปสามารถนำไปพัฒนางานด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ให้มีประสิทธิภาพสูงได้ ซึ่งในปัจจุบันวัสดุไดอิเล็กทริกที่นำมาใช้งานเป็นตัวเก็บประจุได้จริงนั้นส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่มี BaTiO_3 เป็นองค์ประกอบ [20]

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร. ธนพงศ์ สารอินทร์, ผศ.ดร. วิไลวรรณ ลิ้มกุล และดร. จิระศักดิ์ ธาระจักร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและเสนอแนะสิ่งที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ รศ.ดร. จักรพงษ์ แก้วขาว, ผศ.ดร.กิตติพันธ์ บุญอินทร์, ดร. ณัฐพงศ์ วงษ์ดำเนิน, นายพีระพงษ์ แยมชุมพร และรุ่นพี่ที่ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ผู้เสนอแนะแนวทางการดำเนินงาน ให้คำปรึกษา รวมถึงความกรุณาในการอนุญาตในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Elaheh Taghaddos, Harry Charalambous, Thomas Tsakalakos, Ahmed Safari. (2019, August). "Electromechanical properties of flash sintered BNT-based piezoelectric ceramic". *Journal of the European Ceramic Society*. Vol 39, Issue 9, pp. 2882-2888
- [2] Xin-Yu Kang, Zhi-Hao Zhao, Yu-Kai Lv, Yejing Dai. (2019, January 15). "BNT-based multi-layer ceramic actuator with enhanced temperature stability". *Journal of Alloys and Compounds*. Vol 771, pp. 541-546
- [3] Wook Jo, Silke Schaab, Eva Sapper, Ljubomira A. Schmitt, Hans-Joachim Kleebe et al. (2011, August). "On the phase identity and its thermal evolution of lead free $(\text{Bi}_{1/2}\text{Na}_{1/2})\text{TiO}_3$ -6mol% BaTiO_3 ". *Journal of Applied Physics*. Vol 110, Issue 7
- [4] Ruzhong Zuo, He Qi, Jian Fu. (2016, July). "Morphotropic NaNbO_3 - BaTiO_3 - CaZrO_3 lead-free ceramics with temperature-insensitive piezoelectric properties". *Physics Letters*. Vol 109, Issue 2
- [5] Giuseppe Viola, Ruth McKinnon, Vladimir Koval, Arturas Adomkevicius, Steve Dunn, Haixue Yan. "Lithium-induced phase transitions in lead-free $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ based ceramics". *The Journal of Physical Chemistry*. Vol 118, Issue 16, pp. 8564-8570.
- [6] Jun-Gill Kang, Bong-Ki Min, Youngku Sohn. (2015, February). "Synthesis and characterization of $\text{Sm}(\text{OH})_3$ and Sm_2O_3 nanoroll sticks". *Journal of Materials Science*. Vol 50, Issue 4, pp. 1958-1964.
- [7] Chunlin Ma, Xingyu Wang, Zhixing Gan, Weishi Tan, Xiaoxiong Wang, Jia Zhang, Weiping Zhou. (2019, January) "Photoluminescence and optical temperature sensing in Sm^{3+} -doped $\text{Ba}_{0.85}\text{Ca}_{0.15}\text{Ti}_{0.90}\text{Zr}_{0.10}\text{O}_3$ lead-free ceramics". *Ceramics International*. Vol 45, Issue 1, pp. 588-594

- [8] Natheer B. Mahmood, Emad K. Al-Shakarchi. (2011) "Three Techniques Used to Produce BaTiO₃ Fine Powder". *Journal of Modern Physics*. Vol 2, pp. 1420-1428
- [9] Malmros G. (1970). "The crystal structure of alpha-Bi₂O₃". *Acta Chemica Scandinavica*. Vol 24, pp. 384-396
- [10] Wenzhong Lu, Ying Wang, Guifen Fan, Xiaohong Wang, Fei Liang. (2011, October 10). "The structural and electric properties of Li-and Ksubstituted Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO₃ ferroelectric ceramics," *Journal of Alloys and Compounds*. Vol 50, pp. 2738-2744
- [11] Xiao Liu, Chang-Lai Yuan, Xin-Yu Liu, Feng-hua Luo, Qin Feng, Jiwen Xu, Guo-Hua Chen, Chang-Rong Zhou. (2016, June 25) "Microstructures, electrical behavior and energy-storage properties of Ba_{0.06}Na_{0.47}Bi_{0.47}TiO₃-Ln_{1/3}NbO₃ (Ln = La, Nd, Sm) ceramics." *Materials Chemistry and Physics*. pp. 1-8.
- [12] ชมพูนุช พิษมากร. (2554). สมบัติไดอิเล็กทริกของเซรามิก PZT แปรค่า ZT. *NU Science Journal*. ฉบับที่ 7, หน้า 114-122
- [13] M. Sharif, Jolly Jacob, Muhammad Javed, Alina Manzoor, Khalid Mahmood, Muhammad Azhar Khan. (2019, May 11). "Impact of Co and Mn substitution on structural and dielectric properties of lithium soft ferrites." *Physica B: Condensed Matter*. Vol 567, pp. 45-50
- [14] ธาณินทร์ ปัจจุโส. (2555). วัสดุโพลิเมอร์ไดอิเล็กทริก. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*. ฉบับที่ 40, ครั้งที่ 1, หน้า 54-65
- [15] นวรัตน์ พิลาดง, นิวัตร อังควิสิษฐพันธ์. (2562, กุมภาพันธ์ 20) เทคนิคการวัดสภาพยอมสัมพัทธ์เชิงซ้อน. *J Sci Technol MSU*. ฉบับที่ 38, ครั้งที่ 3, หน้า 233-244.
- [16] G. Power, Mamatha Nagaraj, J. K. Vij, and G. P. Johari. (2011, January 28) "Debye process and dielectric state of an alcohol in a nonpolar solvent" *Journal of Chemical Physics*. Vol 134, pp. 1-9
- [17] ภัสราพร ก่องดีบ. "ความต้านทานเชิงซ้อน". (2555, กุมภาพันธ์). ADLAI E. STEVENSON HIGH SCHOOL Technology Education. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://sites.google.com/site/physicsbydreammy/system/app/pages/recentChanges>
- [18] อาทิตย์ เหล่าวัฒนวัฒนา อีระชัย บางการณ. (2558). "การประดิษฐ์เซรามิกโพซิไดอิเล็กทริกที่มีโพแตสเซียมไททาเนต-บิสเมทแบบรีมไททาเนตระบบที่เตรียมด้วยเทคนิคการเผาไหม้". คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/685>
- [19] Wang, F. L., Li, Y., Wang, N., Zhu, L., Jain, A., Wang, Y. G., & Chen, F. G. (2019, November). "Enhanced magnetic, ferroelectric and optical properties of Sr and Co co-doped
- [20] ประสิทธิ์ ทองใบ. (2556). "CaCu₃Ti₄O₁₂: วัสดุแห่งอนาคตเพื่อการประดิษฐ์เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาดจิ๋ว" *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*. ฉบับที่ 41, ครั้งที่ 1, หน้า 67-79

การประดิษฐ์เซรามิกบิสมัทโซเดียมซาแมเรียมไททาเนต-แบเรียมไททาเนต ด้วยเทคนิคการสังเคราะห์แบบเผาไหม้

Fabrication of Bismuth Sodium Samarium Titanate - Barium Titanate Ceramics by Combustion Synthesis Technique

ญานิกา สิริภัทรธนากุล^{1*} และ ภาณุวัฒน์ อินทนู¹

สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร 10800

*E-mail: yanika-s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

เซรามิกบิสมัทโซเดียมซาแมเรียมไททาเนต-แบเรียมไททาเนตที่ความเข้มข้น ซาแมเรียม 0.04 mol% โดยเทคนิคการเตรียมแบบลูกบอลบดละเอียด งานวิจัยนี้ได้เพิ่มอุณหภูมิในกระบวนการเผาไหม้ที่อุณหภูมิแตกต่างกันตั้งแต่อุณหภูมิที่ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า การเผา ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกันทำให้เม็ดเซรามิกมีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา นอกจากนี้การศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของเซรามิก BSNT-BT พบว่าโครงสร้างเป็นสารชนิดเดียวกันในกลุ่มเซรามิก BaTiO₃ ผลของการศึกษาสมบัติทางไดอิเล็กทริกและสมบัติเพอร์โรอิเล็กทริก พบว่าค่าไดอิเล็กทริกและ P-E hysteresis loop มีความสัมพันธ์และมีแนวโน้มสัมพันธ์กันความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิเผา สมบัติเชิงกลของเซรามิกทดสอบจากการวัดค่าความแข็งของเซรามิก ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของเซรามิก BSNT-BT

คำสำคัญ: ค่าไดอิเล็กทริก Sm³⁺ แบเรียมไททาเนต P-E hysteresis loop อุณหภูมิ

Abstract

Ceramic Bismuth Sodium Samarium Titanate - Barium Titanate at the concentration of samarium 0.04 mol% was preparing by ball mill technique. This research has increased the temperature in the combustion process at different temperatures from 940, 960 and 970 degrees Celsius for 7 hours. The results showed that firing at different temperatures made the ceramic beads very dense. In addition, the study of the crystal structure by XRD technique to study the structure of the ceramic BSNT-BT found that the structure is the same substances in the ceramic group BaTiO₃. The results of the study of dielectric properties and ferroelectric properties It was found that the dielectric and P-E hysteresis loops were related and tend to correlate with increasing density with sintering temperature. The mechanical properties of ceramics were tested by measuring the hardness of ceramics at different temperatures, with temperatures affecting the changes in various properties of ceramics BSNT-BT.

Keywords: dielectric property, Samarium Titanate, Barium Titanate, P-E hysteresis loop, Temperature

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มนุษย์รู้จักการทำเซรามิกหลากหลายรูปแบบ เพื่อใช้ในชีวิตประจำวันมายาวนานกว่า 20,000 ปี จนกระทั่งเข้าสู่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมในศตวรรษที่ 19 จึงได้มีการนำเซรามิกมาใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม ทำให้ผู้คนเริ่มตระหนักถึงศักยภาพที่มากกว่าที่เคยเป็นมา จนมาถึงปัจจุบันเซรามิกถูกนำมาต่อยอดเพื่อดึงประสิทธิภาพและประโยชน์ออกมาให้ได้มากที่สุด ด้วยกระบวนการทางด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า ทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีเซรามิกในรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า “เซรามิกขั้นสูง” (High performance ceramic หรือ Advance ceramic) ซึ่งเกิดจากการนำวัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์สูงจากการสังเคราะห์หรือควบคุมคุณภาพ มาผ่านกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อน เพื่อให้ได้เซรามิกที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในหลายๆ ด้าน เช่น เป็นฉนวนความร้อนสูง มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องยนต์ อุปกรณ์การแพทย์ และฉนวนกันความร้อนของกระสวยอวกาศ

ในช่วงปี 1990 เซรามิกใสเริ่มเป็นที่สนใจในการนำไปงานด้านเลเซอร์ เพื่อเป็นวัสดุทดแทนการใช้วัสดุชนิดผลึกเดี่ยวในระบบของเลเซอร์ของแข็ง (Solid State Lasers) เนื่องจากวัสดุที่ใช้เป็นตัวกำเนิดแสงเลเซอร์ (Laser Medium) มักจะมีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้เตรียมวัสดุผลึกเดี่ยวได้ยาก เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทนอุณหภูมิซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นปัจจุบันเซรามิกใสจึงเป็นที่ยอมรับในการใช้งานแทนวัสดุผลึกเดี่ยวอย่างกว้างขวาง

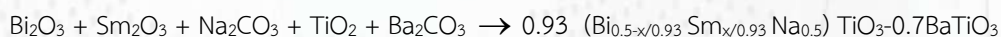
ในปัจจุบันได้มีการนำ Piezoelectric ceramics มาใช้อย่างกว้างขวางในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเป็นวัสดุที่ใช้ซึ่งแปลงพลังงานเชิงกลเป็นพลังงานไฟฟ้ามาปรับเปลี่ยนฟังก์ชันในการทำงานให้สามารถใช้งานในด้านของอุตสาหกรรมด้านการเก็บพลังงาน เลเซอร์ หรือเกี่ยวกับตัวส่งสัญญาณที่มีความถี่สูงที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับเทคโนโลยี จึงมีการนำมาใช้กันในรูปแบบที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นในด้านของอิเล็กทรอนิกส์ หรือ ด้านไฟฟ้า โดยมีการนำมาพัฒนาเป็นระบบใหม่ๆ หรือการนำมาประยุกต์ใช้โดยมีการเติมแต่งสารเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

โครงการนี้จึงได้ศึกษาและนำสาร Sm³⁺ มาเป็นตัวเจือเพื่อที่จะปรับปรุงสมบัติของเซรามิกให้มีประสิทธิภาพและดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามโครงการนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางแสง เพื่อศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการนำมาพัฒนาเซรามิกให้มีสมบัติที่มีความหลากหลาย อีกทั้งยังสามารถนำมาปรับใช้เป็นนวัตกรรมใหม่ๆ ที่เหมาะสมกับการใช้งานหรือวิวัฒนาการในอนาคตได้

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบสูตรทางเคมีของเซรามิก

ในการออกแบบสูตรเคมีของเซรามิก BSNT-BT ที่ใช้ในกระบวนการเผาไหม้แบบดั้งเดิมโดยใช้สารเคมีในอัตราส่วน 0.93 (Bi_{0.5-x/0.93} Sm_{x/0.93} Na_{0.5}) TiO₃-0.7BaTiO₃ ร้อยละโดยโมลและใช้ Sm₂O₃ ที่เงื่อนไข x มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.04 โดยโมล โดยจะอาศัยปฏิกิริยาการสลายตัว (Decomposition reaction) เพื่อให้สารตั้งต้นได้รับความร้อนจนทำให้เกิดการแตกตัว ดังนี้



2.2 กระบวนการ Ball mill

กระบวนการ Ball mill โดยเริ่มจากการเติมวัตถุดิบ และ Medium เช่น น้ำ, แอลกอฮอล์, โพลีเอธิลีน และ Additive ต่าง ๆ ลงไปใน Ball Mill แล้วทำการปิดฝา Ball Mill และจึงเริ่มดำเนินการบดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.3 กระบวนการอัดขึ้นรูป

1. นำสารที่อบแห้งแล้วมาบดในโถรงบดสารให้ละเอียด
2. ทำความสะอาด mold stainless steel ด้วยเอทานอลให้สะอาด
3. อัดขึ้นรูปด้วย mold stainless steel ที่มี Dimension ขนาด 15 มิลลิเมตร ด้วยแรงดัน 400 MPa เป็นเวลา

10 วินาที

4. จะได้ชิ้นงานขนาด Dimension 10 มิลลิเมตร จากนั้นนำเม็ดเซรามิกที่ได้ใส่ถุงซิปล็อคเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าไปเจือปนกับสารเคมี

5. เช็ดทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยเอทานอลและเตรียมชิ้นงานสำหรับเผาแคลไซน์

2.4 กระบวนการเผาแคลไซน์

1. ทำความสะอาดถ้วยครุชีเบิ้ลด้วยเอทานอลให้สะอาด
2. นำชิ้นงานใส่ลงในถ้วยครุชีเบิ้ลและนำถ้วยครุชีเบิ้ลเข้าตู้เผาเพื่อทำการเผาแคลไซน์
3. ทำการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยอัตราการขึ้นลงของอุณหภูมิอยู่ที่ 5 องศาเซลเซียสต่อวินาที
4. เมื่อครบ 2 ชั่วโมงนำถ้วยครุชีเบิ้ลออกจากเตาและนำมาพักไว้
5. จากนั้นทำชิ้นงานที่ได้ออกมาบดในโกรนบดสารให้ละเอียดเพื่อนำไปทดสอบ XRD เพื่อโครงสร้างของเซรามิกที่จะได้เป็นโครงสร้างแบบ Perovskite

2.5 กระบวนการ Sintering

1. หลังจากที่ได้ตรวจสอบโครงสร้างของชิ้นงานแล้วทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานด้วย mold stainless steel ที่มี Dimension ขนาด 10 มิลลิเมตร ด้วยแรงดัน 400 MPa เป็นเวลา 10 วินาที
2. จากนั้นทำความสะอาดถ้วยครุชีเบิ้ลด้วยเอทานอลให้สะอาด
3. ใส่ผง BT Mix เพื่อรองให้ผิวหน้าของชิ้นงานมีความเรียบและเพื่อสร้างบรรยากาศของ BT ในการเผาได้มากขึ้น
4. วัด Dimension ก่อนเผาของชิ้นงาน จากนั้นเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันตั้งแต่อุณหภูมิที่ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง โดยอัตราการขึ้นลงของอุณหภูมิอยู่ที่ 2 องศาเซลเซียสต่อวินาที
5. เมื่อครบกำหนดนำชิ้นงานออกมาจากเตาพักทิ้งไว้และทำการวัดค่า Dimension หลังเผา

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.6.1 การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นและปริมาตรเชิงโมล (Density)

1. นำชิ้นงานเซรามิกที่ได้หลังจากการเผา Sintering มาต้มเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนนำมาวัดค่า Density
2. ทำการชั่งชิ้นงานเซรามิกโดยชั่งน้ำหนักในอากาศด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง 10 รอบ เพื่อให้ได้ความแม่นยำของความหนาแน่นภายในอากาศ
3. จากนั้นทำการชั่งชิ้นงานเซรามิกในน้ำเพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของเซรามิกภายในน้ำ โดยชั่งทั้งหมด 10 รอบ เพื่อให้ได้น้ำหนักของเซรามิกในน้ำที่มีความแม่นยำของความหนาแน่น
4. นำค่าทั้งสองที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาความหนาแน่นของเซรามิกคำนวณโดยใช้สูตรได้ดังสมการที่ (1)

$$\rho = \frac{W_{Air}}{W_{Air} - W_{Water}} \times \rho_{Water} \quad (1)$$

เมื่อ	W_{Air}	คือ น้ำหนักของเซรามิกตัวอย่างที่ชั่งในอากาศ (g)
	W_{Water}	คือ น้ำหนักของเซรามิกตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ (g)
	ρ	คือ ความหนาแน่นของเซรามิกตัวอย่าง (g/cm ³)
และ	ρ_{Water}	คือ ความหนาแน่นของน้ำ ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.0000 g/cm ³

สำหรับค่าปริมาตรเชิงโมล (VM) นั้น สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของเซรามิกกับปริมาตรของโมล ดังสมการที่ (2)

$$V_M = \frac{M_T}{\rho} \quad (2)$$

เมื่อ VM = ปริมาตรเชิงโมลของเซรามิกตัวอย่าง (cm³/mol)
MT = น้ำหนักโมเลกุลรวมของเซรามิกตัวอย่าง (g/mol)
และ ρ = ความหนาแน่นของเซรามิกตัวอย่าง (g/cm³)

2.6.2 การวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD)

1. เตรียมสารใส่ลงในแผ่นโลหะและนำเซรามิกตัวอย่างวางลงที่ตำแหน่งวางวัสดุของเครื่อง
2. ทำการวัดค่าเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิกที่องศา 2θ ความยาวคลื่นที่ $20\lambda - 80\lambda$
3. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า XRD มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นและดู

โครงสร้างของเซรามิก BSNT-BT

โดยการทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์จะทดสอบด้วย เครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) เพื่อศึกษาโครงสร้างของเซรามิก BSNT-BT อีกทั้งยังทดสอบเพื่อดูความเป็นโครงสร้างแบบ Perovskite

2.6.3 การทดสอบ Linear Shrinkage

การทดสอบการหดตัวเมื่อเผา ทดสอบการหดตัวเมื่อเผาเพื่อเปรียบเทียบขนาดก่อนเผาและหลังเผาตามวิธี ตามมาตรฐานของ ASTM C326-09 Standard Test Method for Drying and Firing Shrinkages of Ceramic Whiteware Clays เพื่อดูเปอร์เซ็นต์ในการหดตัวของเซรามิก ดังสูตรที่ 3 ดังนี้

$$\text{การหดตัว, ร้อยละ} = \frac{\text{ความยาวเมื่อแห้ง} - \text{ความยาวเมื่อเผา}}{\text{ความยาวเมื่อแห้ง}} \times 100 \quad (3)$$

2.6.4 การวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้า (P-E hysteresis loop)

1. ขัดปรับผิวหน้าชิ้นงานด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 1,200 จนได้ระนาบที่เรียบเสมอกันทั้งสองด้านของชิ้นงาน
 2. เช็ดชิ้นงานให้แห้งจากนั้นทากาวเงินที่ชิ้นงานให้เรียบที่ละด้านโดยทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาครึ่งชั่วโมงจึงสามารถทากาวเงินอีกด้านได้และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องครึ่งชั่วโมงเช่นเดียวกัน
 3. นำชิ้นงานเซรามิกที่ทากาวเงินไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ความชื้น
 4. ใส่ซิลิโคนออยลงไปในอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบจากนั้นนำชิ้นงานวางลง ณ ตำแหน่งที่วางวัสดุตัวอย่าง
 5. ทำการวัดค่าสมบัติทางไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ และ โวลต์ ให้เหมาะสมตามที่ต้องการ
- ข้อมูลในการเปรียบเทียบจذبบันทึกข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์และความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

2.6.5 การทดสอบค่าความแข็ง (Vickers Hardness)

เป็นการทดสอบหาความแข็งของชิ้นงานโดยใช้เครื่อง micro vicker hardness ในการทดสอบหาความแข็งของเซรามิก โดยใช้หัวกดเพชรที่ 136 องศา ในการทดสอบชิ้นงาน มีวิธีการทดสอบชิ้นงานดังนี้

1. นำชิ้นงานมาขัดปรับระนาบด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 1,200 เพื่อให้ทั้งสองด้านมีระนาบที่เท่ากัน
2. ทำการหล่อเรซินเพื่อให้มีัดมีความเป็นระนาบมากยิ่งขึ้น จากนั้นทำการขัดปรับระนาบของเม็ดอีกครั้งก่อนนำมาทำการทดสอบ
3. ใช้หัวกดเพชรขนาด 136 องศา ที่สามารถปรับแรงกดได้กดลงบนพื้นผิวชิ้นงานเซรามิกเพื่อหาพื้นที่ที่มีความเรียบและสมบูรณ์มากที่สุดในการทดสอบ จากนั้นทำการกดทดสอบทั้งหมด 5 จุด ด้วยกำลังขยาย 25 ไมครอนและบันทึกผล

2.6.6 การทดสอบค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (Dielectric constant)

การทดสอบหาค่าคงที่ไดอิเล็กทริก เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุ มีความเป็นขั้ว (polar) สูง สามารถกักเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้ จากนั้นอ่านค่ากราฟและบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาอภิปรายผล

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สมบัติทางกายภาพของเซรามิก BSNT-BT

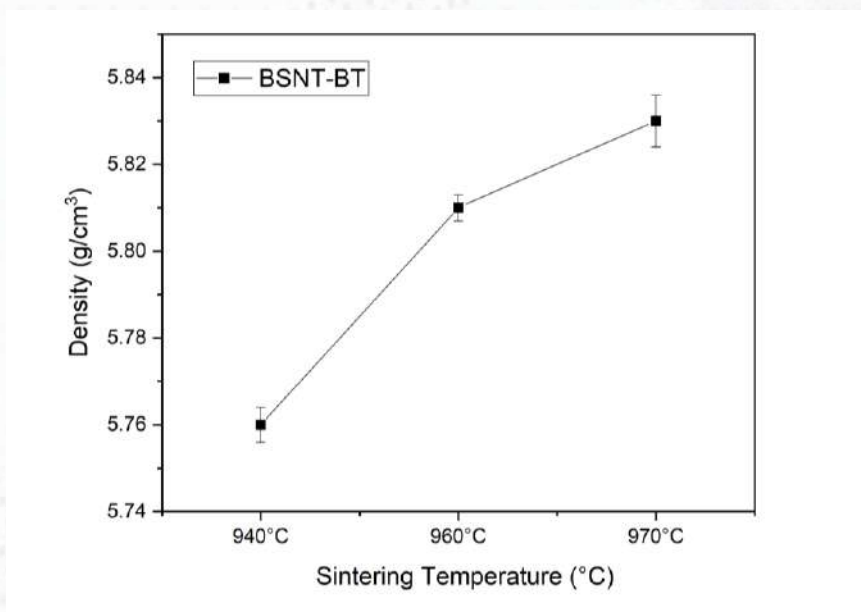
3.1.1 ลักษณะของเซรามิก BSNT-BT ที่เตรียมที่เงื่อนไข $x=0.04$ ณ อุณหภูมิที่ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เซรามิก BSNT-BT $x=0.04$ ณ อุณหภูมิ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส

3.1.2 ความหนาแน่น (Density)

ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของเซรามิกตัวอย่างที่เผาคนละอุณหภูมิเมื่อนำมาเปรียบเทียบแล้วพบว่าที่อุณหภูมิ 970 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นของชิ้นงานมากที่สุดในส่วนอุณหภูมิ 940 และ 960 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นน้อยลงตามลำดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา ทั้งนี้อุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อเม็ดเซรามิกการเผาที่อุณหภูมิทั้ง 3 อุณหภูมิโดยใช้ระยะเวลาในการแช่ทิ้งไว้ 7 ชั่วโมง จึงสรุปได้ว่าเม็ดเซรามิกจะมีความหนาแน่นขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นดังภาพที่ 3.2

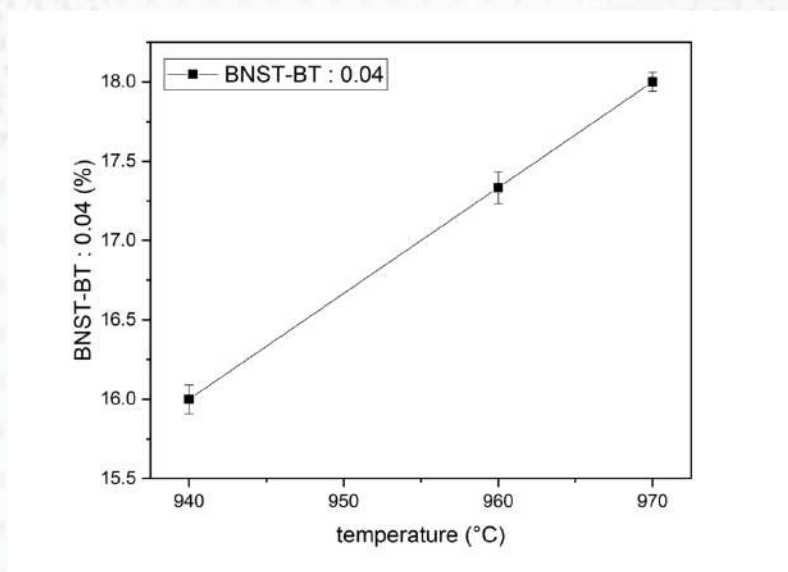


ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงค่า Density ที่เงื่อนไข $x=0.04$ ที่อุณหภูมิ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส

3.1.3 การหดตัวเชิงเส้น (Linear Shrinkage)

การหาการหดตัวของเม็ดเซรามิกตัวอย่างจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิส่งผลต่อการหดตัวของเม็ดเซรามิกเมื่อเราเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้เม็ดเซรามิกมีการหดตัวอย่างเห็นได้ชัดที่อุณหภูมิ 970 องศาเซลเซียสที่มีค่าการหดตัวมากที่สุด ซึ่งในส่วนของอุณหภูมิที่ 930, 940 จะมีค่าการหดตัวต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิและจำนวนเวลาในการเผาที่ส่งผลต่อการหดตัวของชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Naoya Takahashi และคณะ [2] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการหดตัวเชิงเส้นที่อุณหภูมิสูงพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงที่ 1,300 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวถึง 3 เปอร์เซ็นต์ทำให้งานมีความหนาแน่นมากขึ้นแต่อาจมีความ

เพราะบางเล็กน้อยเพื่อลดการหดตัวที่อุณหภูมิ 1,300 จึงได้มีการเคลือบ silica โดยเปอร์เซ็นต์การหดตัวจาก 4.3 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 1.5 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิและระยะเวลาในการเผาไหม้ผลต่อการหดตัวเชิงเส้นของวัสดุดังภาพที่ 3.3



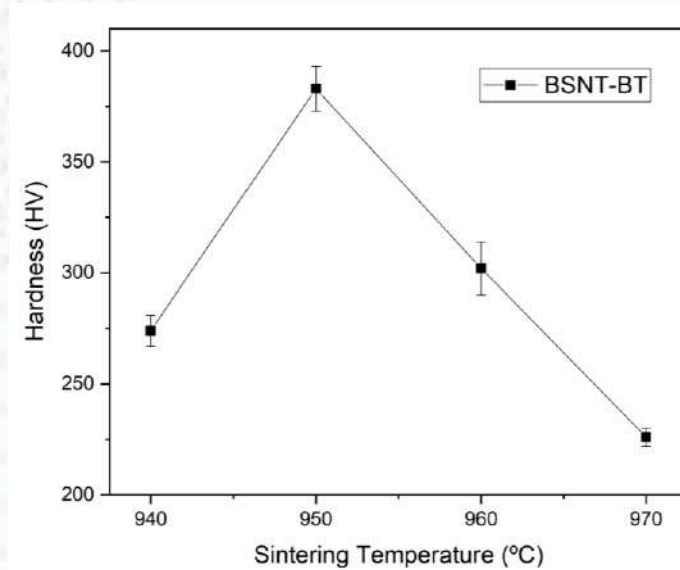
ภาพที่ 3.3 กราฟแสดงค่าการหดตัว ณ อุณหภูมิ 940,960 และ 970 องศาเซลเซียส

3.1.4 การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers Hardness)

จากความหนาแน่นผลจากการศึกษาความหนาแน่นของเซรามิกตัวอย่างพบว่าความหนาแน่นของเซรามิกตัวอย่างมีผลต่อค่าความแข็งและสมบัติเชิงกลซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความแน่นแต่ไม่เสมอไป ขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ด รูพรุน และ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเซรามิกดังภาพที่ 3.4

ตารางที่ 3.1 แสดงผลค่าความแข็งของตัวอย่างเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

	BSNT-BT 940°C	BSNT-BT 950°C	BSNT-BT 960°C	BSNT-BT 970°C
ผลการทดสอบ	Hardness (HV)	Hardness (HV)	Hardness (HV)	Hardness (HV)
1	284	397	317	232
2	278	387	311	227
3	273	380	299	225
4	270	378	297	224
5	267	371	285	223
ค่าเฉลี่ย	274	383	302	226
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7	10	12	4



ภาพที่ 3.4 ผลการทดสอบค่าความแข็งของเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

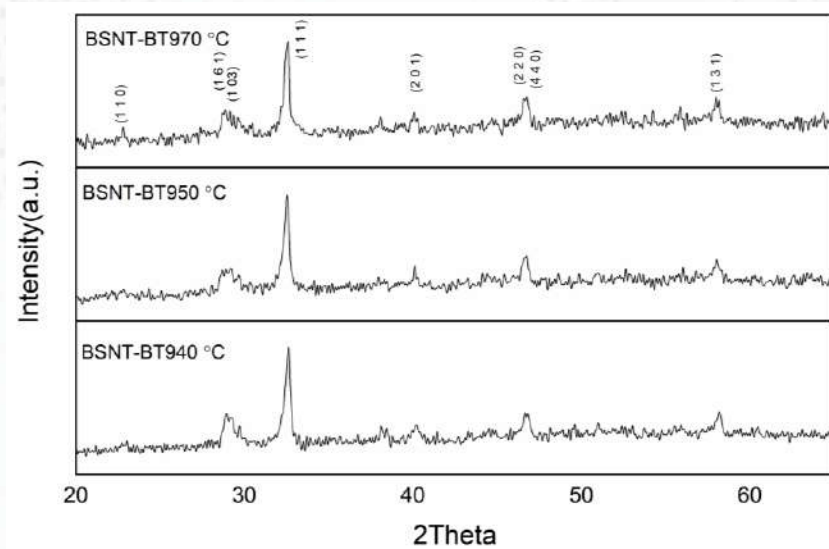
จากการศึกษาเซรามิก BSNT-BT ที่มีการเผาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (940, 950, 960 และ 970 องศาเซลเซียส) ที่เงื่อนไข $x = 0.04$ ซึ่งการเผาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันมีผลต่อความแข็งของชิ้นงานโดยพบว่าชิ้นงานของเซรามิก BSNT-BT ที่ความเข้มข้น $x = 0.04$ ที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับความหนาแน่น จากภาพที่ 4.4 แสดงถึงความแข็งของชิ้นงานเซรามิกแต่ละอุณหภูมิซึ่งอุณหภูมิที่ 950 องศาเซลเซียส มีความแข็งดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า density แล้วมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันถึงความหนาแน่นมากค่าความแข็งก็จะเพิ่มตามค่า Density ที่ได้ ในส่วนของอุณหภูมิที่ 960 และ 940 องศาเซลเซียสจะมีค่าความแข็งรองลงมาแต่มีแนวโน้มแตกต่างจากค่า density ไม่มากนักเนื่องจากมีผลมาจากรูพรุนและพื้นที่จำนวนในการทดสอบของเม็ดเซรามิกทั้งสองอุณหภูมิ และอุณหภูมิที่ 970 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งน้อยที่สุดเนื่องจากลักษณะของชิ้นงานมีรูพรุนเยอะและความหนาแน่นต่ำจึงทำให้ค่าความแข็งที่ได้เป็นไปตามค่าความหนาแน่นของอุณหภูมิที่ 970 องศาเซลเซียส โดยจากการวิจัยเกี่ยวกับความแข็งของเซรามิก Chuthathip Mangkonsuac และคณะ [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ calcium phosphate เซรามิกที่มีความหนาแน่นสูงโดยใช้การเผาซินเตอร์ด้วยไมโครเวฟโดยศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคและสมบัติเชิงกลเปรียบเทียบกับเซรามิกแบบดั้งเดิม ชิ้นงานที่ถูกซินเตอร์นั้นโดดเด่นด้วยโครงสร้างจุลภาคพื้นผิวผลปรากฏว่ามีความหนาแน่นและค่าความแข็งของชิ้นงานเซรามิก calcium phosphate ที่เผาโดยการเผาด้วยไมโครเวฟมีค่าสูงกว่าการเผาแบบทั่วไปโดยความหนาแน่นมีผลต่อค่าความแข็งไม่ว่าจะเป็นการเผาซินเตอร์แบบดั้งเดิมหรือการเผาด้วยไมโครเวฟ จึงสรุปได้ว่าค่าความแข็งของเซรามิกที่อุณหภูมิแตกต่างกันนั้นจะมีความสัมพันธ์และแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกันกับค่า Density กล่าวคือ ยิ่งเม็ดเซรามิกมีความหนาแน่นมากค่าความแข็งในการทดสอบก็จะเพิ่มขึ้นตามค่าของ Density ที่ได้

3.2 โครงสร้างของเซรามิก BSNT-BT

3.2.1 การศึกษาโครงสร้างด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD)

จากการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของเซรามิก บิสมาลไธเดียมไททาเนต-แบเรียม (BNT-BT) ที่เจือด้วย ซาแมเรียม (Sm) ที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำไปเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ผลการตรวจสอบพบว่า บิสมาลไธเดียมไททาเนต (BNT) มีลักษณะการเกิดเฟสที่สอดคล้องกับค่ามาตรฐาน Crystallography Open Database (COD) file หมายเลข 96-210-3297 ที่ตำแหน่ง $2\theta = 20-60$ องศา มีลักษณะโครงสร้างแบบ tetragonal แบเรียมไททาเนต (BT) เกิดเฟสที่สอดคล้องกับค่ามาตรฐาน Crystallography Open Database (COD) file หมายเลข 96-202-0379 ที่ตำแหน่ง $2\theta = 27.50$ องศา มีลักษณะโครงสร้างแบบ orthorhombic และนอกจากนี้ยังพบการเกิดเฟสซาแมเรียม (Sm_2O_3) ที่สอดคล้องกับค่ามาตรฐาน

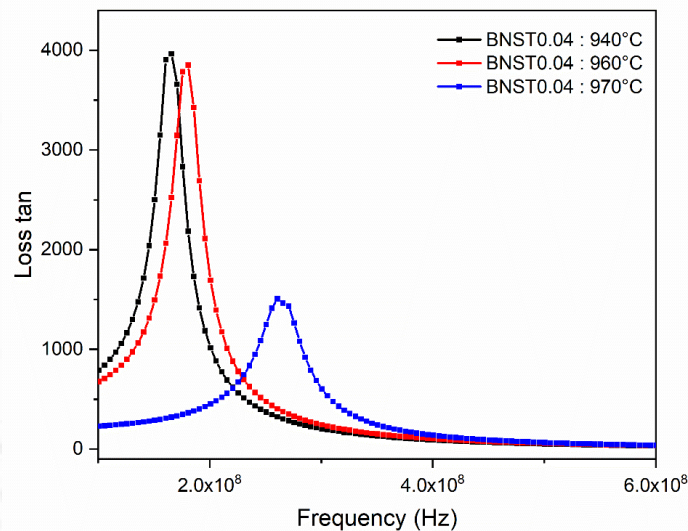
Crystallography Open Database (COD) file หมายเลข 96-153-1482 ที่ตำแหน่ง $2\theta = 46-49$ องศา ดังภาพที่ 3.5 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Peng Fu [4]



ภาพที่ 3.5 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของเซรามิก BSNT-BT

3.3 สมบัติไฟฟ้าของเซรามิก BSNT-BT

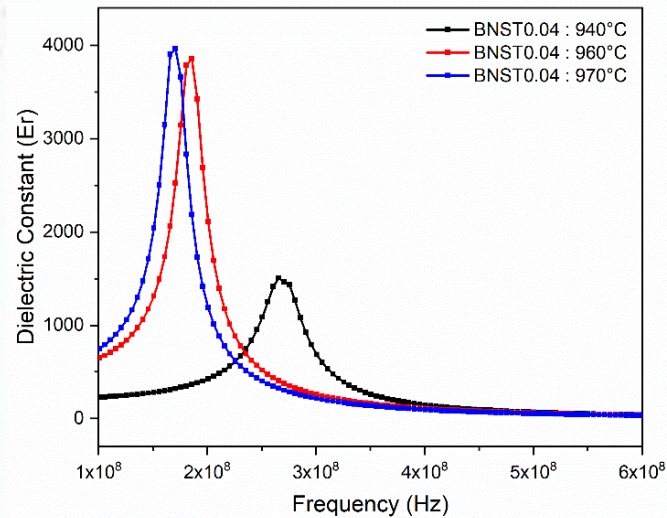
3.3.1 ค่า Dielectric ของเซรามิก BSNT-BT $x=0.04$ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน



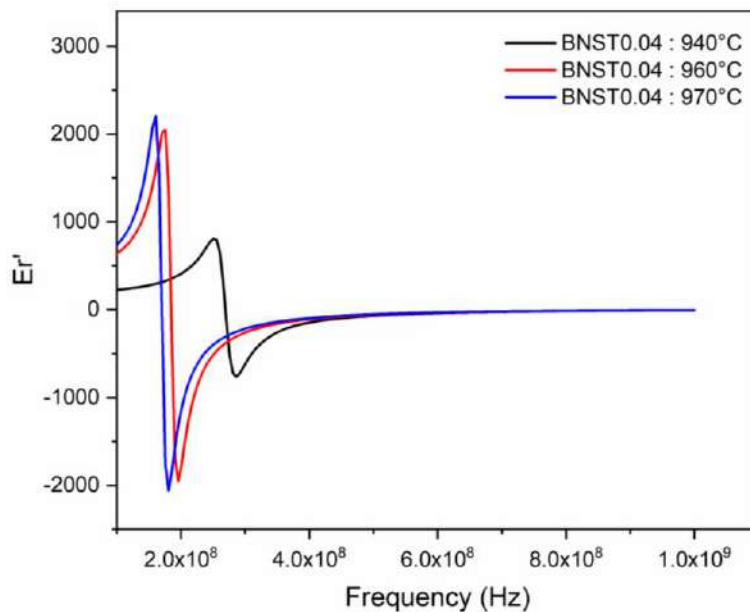
ภาพที่ 3.6 (ก) การเปลี่ยนแปลงค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเปรียบเทียบกับความถี่ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ในการเผาเซรามิก BSNT-BT ที่ความเข้มข้น 0.04 ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (ตั้งแต่อุณหภูมิ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ซึ่งอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าไดอิเล็กทริกโดยอุณหภูมิที่ 970 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ความถี่ 10⁶- 10⁸ เฮิรตซ์ จะมีค่าไดอิเล็กทริกสูงที่สุดอยู่ที่ช่วงความถี่ 170.8 เมกะเฮิรตซ์ ตามด้วยอุณหภูมิที่ 960 และ 940 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งพิกที่สูงของเซรามิกเกิดจากอุณหภูมิและชั่วโมงในการเผาที่นานขึ้นดังภาพที่ 3.6 (ก) ซึ่งเมื่อเทียบกับภาพที่ 3.6 (ข) จะพบว่ามีความสัมพันธ์กัน เมื่อเซรามิก BSNT-BT ที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงแต่จะมีค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกต่ำและเซรามิก BSNT-BT ที่อุณหภูมิต่ำจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำแต่จะมีค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกสูง จาก

งานวิจัยของ Jiwen Xu และคณะ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความถี่ที่แตกต่างกันและอุณหภูมิที่แตกต่างกันพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้มีค่าไดอิเล็กทริกที่เพิ่มขึ้นและมีความสัมพันธ์กันของการสูญเสียไดอิเล็กทริกจะทำให้มีค่าการสูญเสียที่ต่ำไปในทิศทางเดียวกัน [5] จึงสรุปได้ว่าในช่วงความถี่สูงเซรามิกที่อุณหภูมิ 970 องศาเซลเซียสสามารถนำมาใช้งานในช่วงความถี่นั้นๆได้



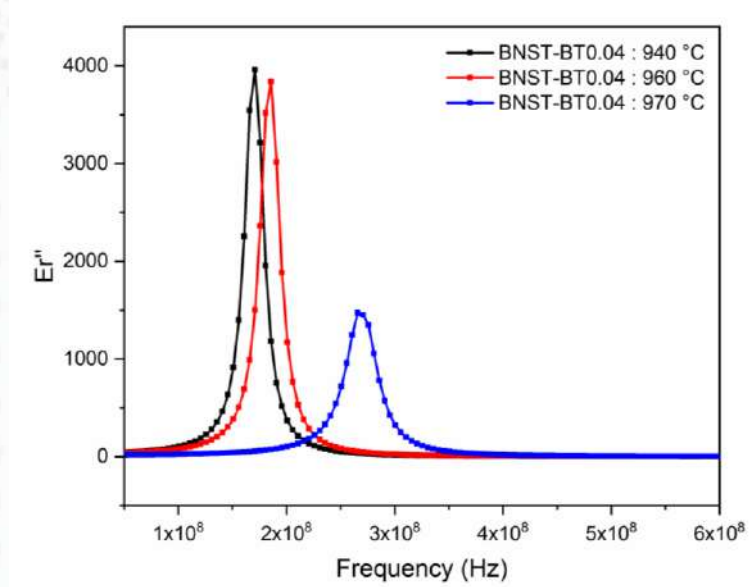
ภาพที่ 3.6 (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกกับความถี่ของเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 3.7 (ก) การเปรียบเทียบค่าส่วนจริงของค่าไดอิเล็กทริกกับค่าความถี่ของเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

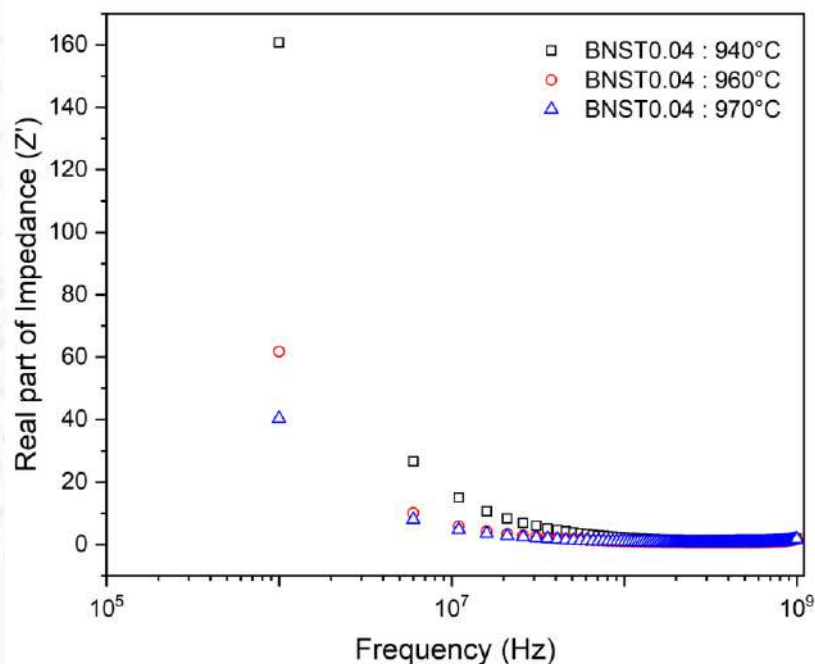
ในการเผาเซรามิก BSNT-BT ที่ความเข้มข้น 0.04 ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (ตั้งแต่อุณหภูมิ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ซึ่งอุณหภูมิที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าไดอิเล็กทริกโดยอุณหภูมิที่ 970 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ความถี่ 106-108 เฮิร์ตซ์ จะมีค่าไดอิเล็กทริกสูงที่สุดอยู่ที่ช่วงความถี่ 170.8 เมกะเฮิร์ตซ์ ตามด้วยอุณหภูมิที่ 960 และ 940 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งพิกัดที่สูงของเซรามิกเกิดจากอุณหภูมิและชั่วโมงในการเผาที่นานขึ้นดังภาพที่ 3.6 (ก) ซึ่งเมื่อเทียบกับภาพที่ 3.6 (ข) จะพบว่ามีความสัมพันธ์กัน เมื่อเซรามิก BSNT-BT ที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูงแต่จะมีค่า

การสูญเสียไดโพลีกริกต่ำและเซรามิก BSNT-BT ที่อุณหภูมิต่ำจะมีค่าคงที่ไดโพลีกริกต่ำแต่จะมีค่าการสูญเสียไดโพลีกริกสูง จากงานวิจัยของ Jiwen Xu และคณะ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความถี่ที่แตกต่างและอุณหภูมิที่แตกต่างพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าไดโพลีกริกที่เพิ่มขึ้นและมีความสัมพันธ์กันของการสูญเสียไดโพลีกริกจะทำให้มีค่าการสูญเสียที่ต่ำไปในทิศทางเดียวกัน [5] จึงสรุปได้ว่าในช่วงความถี่สูงเซรามิกที่อุณหภูมิ 970 องศาเซลเซียสสามารถนำมาใช้งานในช่วงความถี่นั้นๆได้

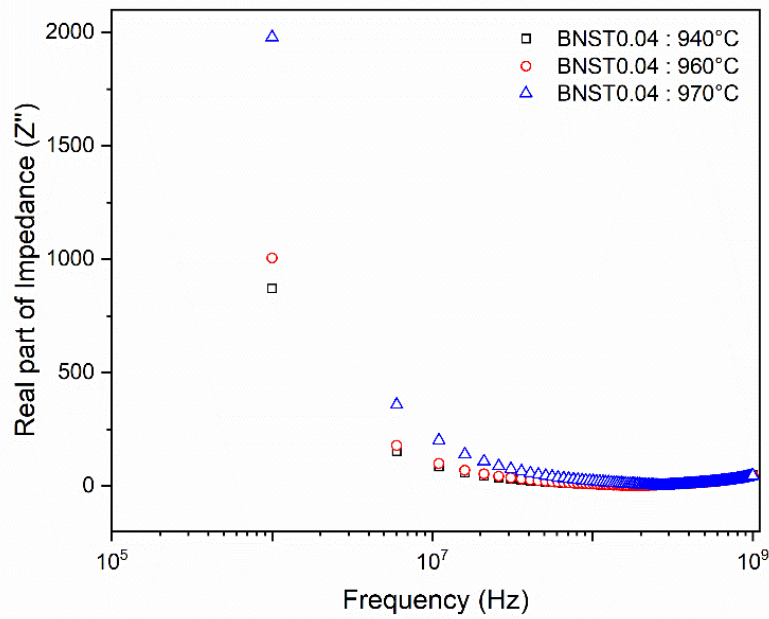


ภาพที่ 3.7 (ข) การเปรียบเทียบค่าส่วนจินตภาพของไดโพลีกริกกับค่าความถี่ของเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

3.3.2 ค่า Impedance ของเซรามิก BSNT-BT $x=0.04$ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

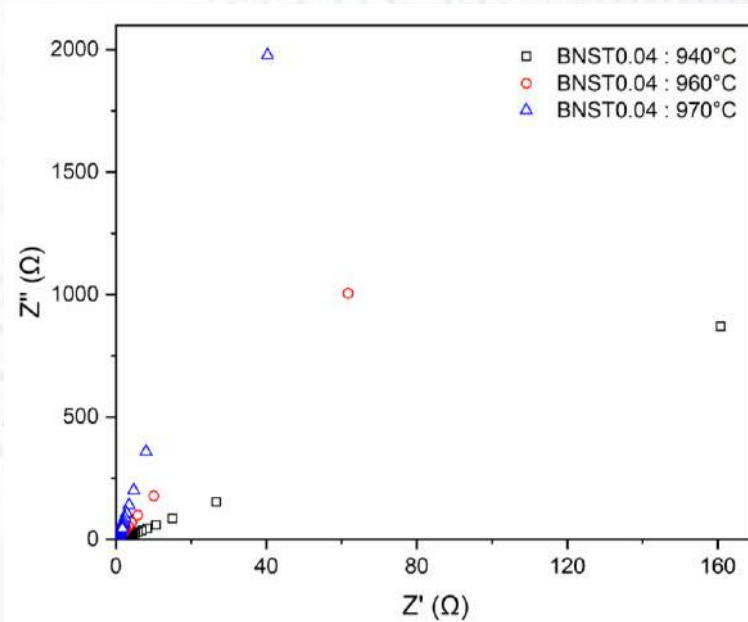


ภาพที่ 3.8 (ก) การเปรียบเทียบค่าส่วนจริงของเซรามิก BSNT-BT กับความถี่



ภาพที่ 3.8 (ข) การเปรียบเทียบค่าส่วนจินตภาพของเซรามิก BSNT-BT กับความถี่ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 3.8 (ก) จะเห็นได้ว่า ณ ช่วงความถี่ที่ 10⁵ - 10⁹ เฮิรตซ์ อุณหภูมิที่มีค่าส่วนจริงสูงสุดอยู่ที่อุณหภูมิ 940 องศาเซลเซียส ที่ความถี่ 100 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีแนวโน้มไปทางเดียวกันกับค่า loss tan ดังภาพที่ 3.6 (ข) ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งสองค่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จากการวิจัยของ S. Halder และคณะ [6] พบว่า มีการปรากฏจุดสูงสุดของพีคความถี่ที่แน่นอนเมื่อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งในส่วนของตรงส่วนจินตภาพของ เส้นโค้งความต้านทานและที่ความถี่สูง โดยสรุปได้ว่า ค่าจินตภาพของเซรามิก BSNT จะมีความสัมพันธ์และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่าไดอิเล็กทริก ดังภาพที่ 3.6 (ก) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่สูงจะมีค่าไดอิเล็กทริกและค่าจินตภาพที่ย่านความถี่สูงและมีความเป็นตัวต้านทานเช่นกัน

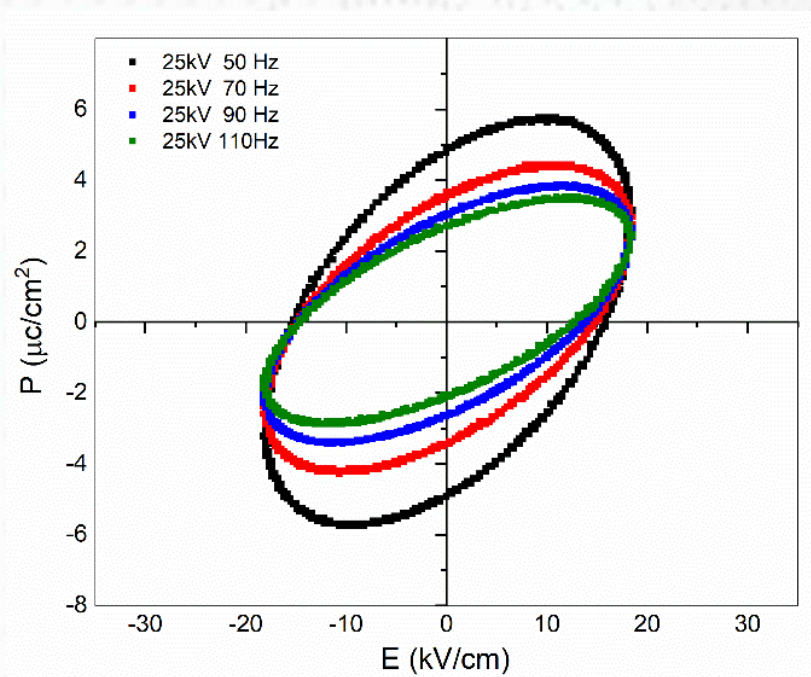


ภาพที่ 3.9 กราฟเปรียบเทียบค่าความต้านทานของเซรามิก BSNT-BT กับความถี่ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

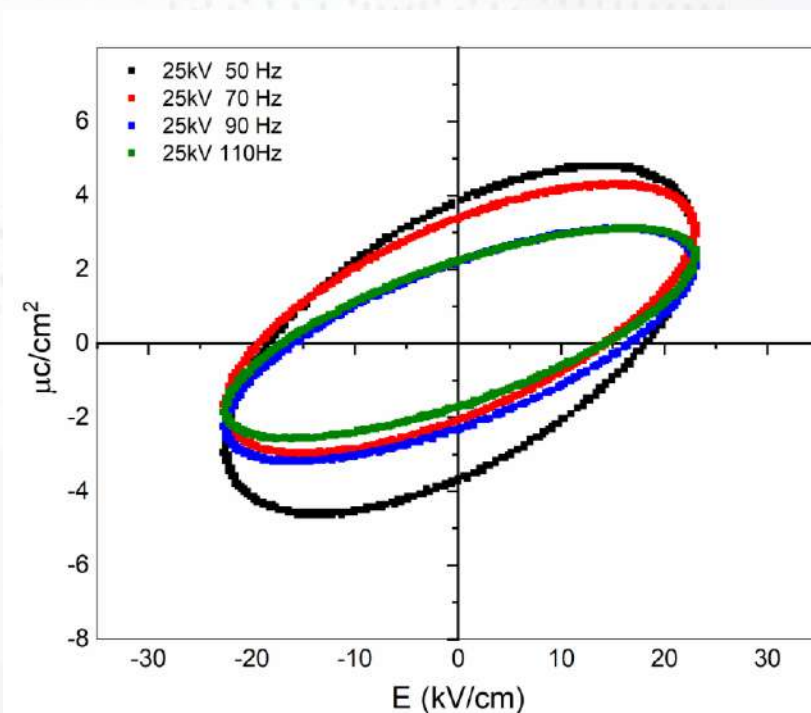
พล็อตอิมพีแดนซ์ของเซรามิก BSNT-BT ที่มีการเปรียบเทียบกับความต้านทานและความถี่จากภาพที่ 3.9 จะเห็นได้ว่าการเหนี่ยวนำในส่วนที่โค้งครึ่งวงกลมที่มีความถี่สูงอยู่ในช่วงความถี่ที่ 198.4 เมกะเฮิร์ตซ์ มีการกระจายตัวออกเป็นวงกลมแนวโค้งมากที่สุดโดยเรียงจากอุณหภูมิ 940 , 960 และ 970 องศาเซลเซียส ตามลำดับความถี่ จากงานวิจัยของ Elaheh Taghaddos และคณะ [7] พบว่าเมื่อให้ความถี่สูงเข้าไปจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและทำให้ส่วนโค้งของชิ้นงานมีคว้างโค้งและกระจายตัวได้มากขึ้นโดยความต้านทานจะมีองค์ประกอบสูงมาก เช่น องค์ประกอบของเฟส ผนึกในการเผา หรืออุณหภูมิในการเผาก็มีผลต่อส่วนโค้งที่มีขนาดใหญ่และการกระจายตัวซึ่งผลที่เข้าใกล้วงกลมและโค้งจะขึ้นอยู่กับความถี่ที่สอดคล้องกับผลที่ได้ จึงสรุปได้ว่า ผลของอุณหภูมิและความถี่มีผลต่อการโค้งและการกระจายตัวของเซรามิก BSNT-BT

3.3.3 P-E hysteresis loop parameters ของเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่าง

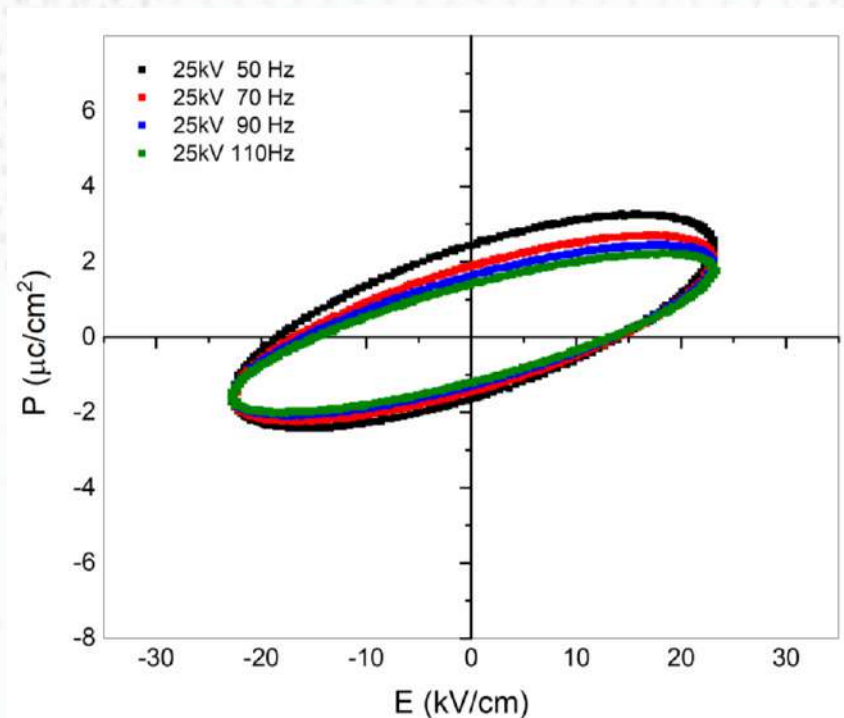
(ก)



(ข)



(ค)



ภาพที่ 3.10 (ก) P-E hysteresis loop เซรามิก BSNT-BT 940 องศาเซลเซียส (ข) P-E hysteresis loop เซรามิก BSNT-BT 960 องศาเซลเซียส (ค) P-E hysteresis loop ของเซรามิก BSNT-BT 970 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาสมบัติเพโรอิเล็กทริกพบว่าสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (ตั้งแต่อุณหภูมิที่ 940, 960 และ 970 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้มีลูปไฟฟ้ามีความโค้งมากขึ้นตามความถี่ที่สูงขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์และแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่าไดอิเล็กทริก ดังภาพที่ 3.6 (ก) เนื่องจากที่อุณหภูมิ 970 องศาเซลเซียสจะมีค่าไดอิเล็กทริกที่สูงที่สุด จากงานวิจัยของ Qi Xu และคณะ [8] ได้ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยผลวิจัยพบว่า อุณหภูมิที่แตกต่างกันจะส่งผลให้เซรามิกมีการนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นโดยขึ้นอยู่กับความถี่และอุณหภูมิที่ใช้โดยยิ่งอุณหภูมิสูงและความถี่สูงจะทำให้เซรามิกมีลูปไฟฟ้าที่ดีขึ้นตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าการเผาเซรามิกที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันทำให้เซรามิก สามารถเป็นตัวเก็บประจุได้ดีและระยะเวลาในการเผาส่งผลทำให้ลูปไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง

4. บทสรุป

4.1 สมบัติทางกายภาพของเซรามิก BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาเซรามิก BSNT-BT โดยการเตรียมด้วยวิธีการเผาไหม้แบบดั้งเดิมโดยเพิ่มอุณหภูมิในการเผา พบว่าความหนาแน่นของเซรามิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความอุณหภูมิและความหนาของชิ้นงานที่ใช้ในการเผาทำให้เซรามิกที่ได้มีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้น ในส่วนของค่าการหดตัวจะมีผลกับอุณหภูมิยิ่งอุณหภูมิสูงและความหนาแน่นมากจะทำให้ชิ้นงานมีการหดตัวสูงตามลำดับอีกทั้งในเรื่องของความแข็งแรงพบว่าอุณหภูมิ ความหนาแน่น รวมถึงโครงสร้างของเซรามิกที่ได้ส่งผลต่อความแข็งแรงของเซรามิก.

4.2 สมบัติทางไฟฟ้า BSNT-BT ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ในส่วนของการศึกษาในด้านของค่าไดอิเล็กทริกพบว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมีผลต่อเล็กน้อยต่อสมบัติไฟฟ้าซึ่งต้องขึ้นอยู่กับสารตัวเจือที่ใช้อีกทั้งยังอยู่ที่โครงสร้างของเซรามิกอีกด้วย ทั้งนี้ค่าไดอิเล็กทริกของเซรามิกมีแนวโน้มที่จะเป็นฉนวนได้ต่ำเนื่องจากค่าไดอิเล็กทริกมีค่าที่สูงจึงทำให้เซรามิกมีความเป็นฉนวนได้ต่ำ

4.3 ข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดในงานวิจัยอื่นได้ ในกระบวนการดำเนินงานมีเทคนิคที่แตกต่างในการทำงานซึ่งผลที่ได้เกี่ยวกับสมบัติต่างๆ อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยผลของการทดสอบขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่เจือกระบวนการเตรียมชิ้นงาน และระยะเวลาในการเผาที่อาจส่งผลให้ชิ้นงานมีสมบัติเชิงกลและสมบัติไดอิเล็กทริกที่ดีขึ้นหรือแย่ลงก็ได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมชิ้นงาน ระยะเวลาในการเผา และอุณหภูมิที่ต่างกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง “การประดิษฐ์เซรามิกบิสมาทโซเดียมชาแมเรียมไททาเนต-แบเรียมไททาเนตด้วยเทคนิคการสังเคราะห์แบบเผาไหม้” เกิดขึ้นด้วยความตั้งใจในการดำเนินงานศึกษาพัฒนาวัสดุเซรามิกให้มีสมบัติในด้านต่างๆ ให้ดีขึ้นเพื่อสามารถนำมาใช้ต่อยอดในอุตสาหกรรมในอนาคตได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพงศ์ สารอินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำสอนและชี้แนะแนวทางต่างๆ ในการดำเนินงานที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้วิจัย รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลวรรณ สีนะกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ จิระศักดิ์ ธาระจักร์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ญัฐพงศ์ วงศ์ดำเนิน กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จักรพงษ์ แก้วขาว ที่ให้ความกรุณาในการอนุญาตใช้เครื่องมือต่างๆ ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพันธ์ บุญอินทร์ ผู้ให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินงาน และ นาย พิระพงษ์ แยมชุมพร พี่เลี้ยงผู้ดูแลในการปฏิบัติงาน ที่สอนและให้เทคนิคต่างๆ ในการทำงาน ตั้งแต่กระบวนการเตรียมสารไปจนถึงกระบวนการทดสอบ ซึ่งทำให้การทำงานในครั้งนี้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ รุ่นพี่ ที่ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และ ศูนย์วิจัยเฟอร์โรอิเล็กทริก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่สามารถนำมาปรับใช้ในการทำงานและปรับปรุงแก้ไขงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครทุกท่านที่เคยสั่งสอนและให้ความรู้จนก่อให้เกิดความรู้และสามารถนำมาใช้และแก้ปัญหาต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้ได้เป็นอย่างมาก และ สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณครอบครัวทั้ง บิดา มารดา ที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการดำเนินงาน ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และรุ่นพี่ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและคอยสนับสนุนอย่างดีเสมอมา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] SE Perfect One Co.,Ltd. หลักการ Ball mill (2018) สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2563 [ออนไลน์] จากเว็บไซต์ : <http://secuttingtool.blogspot.com/2013/02/ball-mill.html>
- [2] Chuthathip Mangkonsua , Ishikawa Kuniob , Lila Bunhanc Radzali Otmand and Ahmad-Fauzi, Mohd Noor. (2016). “the effect of microwave sintering on the microstructure and properties of calcium phosphate ceramic,” *Procedia Chemistry, volume.19, pp498 – 504* <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.044>
- [3] Chuthathip Mangkonsua , Ishikawa Kuniob , Lila Bunhanc Radzali Otmand and Ahmad-Fauzi, Mohd Noor. (2016). “the effect of microwave sintering on the microstructure and properties of calcium phosphate ceramic,” *Procedia Chemistry, volume.19, pp498 – 504* <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.044>
- [4] Peng Fu, et al. “Piezoelectric, ferroelectric and dielectric properties of Sm₂O₃-doped (Bi_{0.5}Na_{0.5})_{0.94} Ba_{0.06}TiO₃ lead-free ceramics,” *Materials Chemistry and Physics. Vol. 124, pp. 1065–1070, 2010.*

- [5] Jiwen Xu , Xiaopeng Lu , Ling Yang , Changrong Zhou , Yangyang Zhao , Haibo Zhang , Xiaowen Zhang , Wei Qiu and Hua Wang. (2017,May 30).“Enhanced electrical energy storage properties in Ladoped ($\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{O}_{0.93}\text{Ba}_{0.07}\text{TiO}_3$ lead-free ceramics by addition of La_2O_3 and $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ ”. *J Mater Sci* (2017) 52:10062–10072 DOI: 10.1007/s10853-017-1209-0
- [6] S. Halder , S. Bhuyan , R.N.P. Choudhary. (2019,February) .“Structural, dielectric and electrical characteristics of lead-free electro-ceramic: $\text{Bi}(\text{Ni}_{2/3}\text{Ta}_{1/3})\text{O}_3$ ”. *Volume 22, Issue 1, February 2019, Pages 376-384* <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2018.11.007>
- [7] Elaheh Taghaddos , Harry Charalambous, Thomas Tsakalakos, Ahmed Safari. (2019 ,August) . “Electromechanical properties of flash sintered BNT-based piezoelectric ceramic”. *Volume 39, Issue 9, August 2019, Pages 2882-2888* <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2019.03.050>
- [8] Qi Xu , MichaelT.Lanagan , XuechenHuang , JuanXie , LinZhang , HuaHao and Hanxing Liu. (2016,June). “Dielectric behavior and impedance spectroscopy in lead-free BNT–BT–NBN perovskite ceramics for energy storage”. *Volume 42, Issue 8, June 2016, Pages 9728-9736* <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.03.06>

การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยฟิล์มไคโตซาน Storage-life of Cavendish banana with chitosan

ปัทมาธิ์ ธรรมจันทร์^{1*}

¹สาขาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
*E-mail: Pantharee_tammachab@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มไคโตซาน โดยการเตรียมสารละลายจากผงไคโตซาน 2% (w/w) ละลายในกรดแอซิติก 1% (w/w) และปรับความหนืดโดยเติมกลีเซอรอลที่ 15 30 และ 45 % (w/w) และทวิน 10% (w/w) ผลการวิจัยพบว่า ส่วนผสมของสารละลายที่ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากที่สุด คือกรณีการทดลองเติมกลีเซอรอล 45% ทวิน 10% (w/w) ลงในสารละลายไคโตซาน และอบแห้งให้มีความชื้นสุดท้าย 23% (d.b.) ซึ่งจะทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของฟิล์มเท่ากับ 4.14 MPa เมื่อนำฟิล์มไคโตซานมาทดสอบการเก็บรักษากล้วยหอม ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน ในระยะเวลา 1-5 วันสีของเปลือกกล้วยหอมยังคงเป็นสีเหลืองปกติ หลังจากนั้นสีของเปลือกกล้วยจะเริ่มคล้ำขึ้น ค่าความหวานของกล้วยหอมอยู่ในช่วง 19-28 บริกซ์

คำสำคัญ: ไคโตซาน การยืดอายุการเก็บรักษา กล้วยหอม

Abstract

This research was study the optimum condition for chitosan film forming from preparing the chitosan solution 2% (w/w) that added with acetic acid 1% (w/w). The solution viscosity was adjusted by glycerol at 15 30 and 45 % (w/w) and Tween 10% (w/w). From the experimental results, in case of the chitosan solution that adding with glycerol 45 % (w/w), Tween 10% (w/w) and drying which final moisture content at 23 % (d.b.) affected the highest viscosity of the chitosan film that compared with other condition. The ultimate tensile strength of chitosan film was 4.14 MPa. For banana storage testing, the banana was wrapped with chitosan film for 10 days at room temperature, the first five days, the color of banana peel was yellow normally after that the peel was slightly increased with dark color. The total soluble solid of the banana was in the range of 19-28 Brix.

Keywords: Chitosan, Extend shelf life, Cavendish Banana

1. บทนำ

กล้วยหอม เป็นผลไม้ที่ค่อนข้างจะเป็นที่นิยมหลักๆ ทั้งภายในประเทศไทยและต่างประเทศ กล้วยหอมยังเป็นผลไม้ที่เต็มไปด้วยวิตามินเอ ซูโครส ฟรุคโทส กลูโคส แบต้าแคโรทีน และมีกากใยอาหารอีกด้วย กล้วยหอมเป็นผลไม้ที่ส่งออกต่างประเทศมากพอสมควร เนื่องจากกล้วยหอมเป็นผลไม้ชนิดที่สุกง่าย และเกิดเชื้อราได้ง่ายเมื่อสุกแล้ว ซึ่งการเกิดการสุกและการเสื่อมถอยของกล้วยหอมจึงสามารถเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องหลังจากเก็บเกี่ยว อีกทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การสูญเสียสีของผิวและผล การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก เป็นต้น

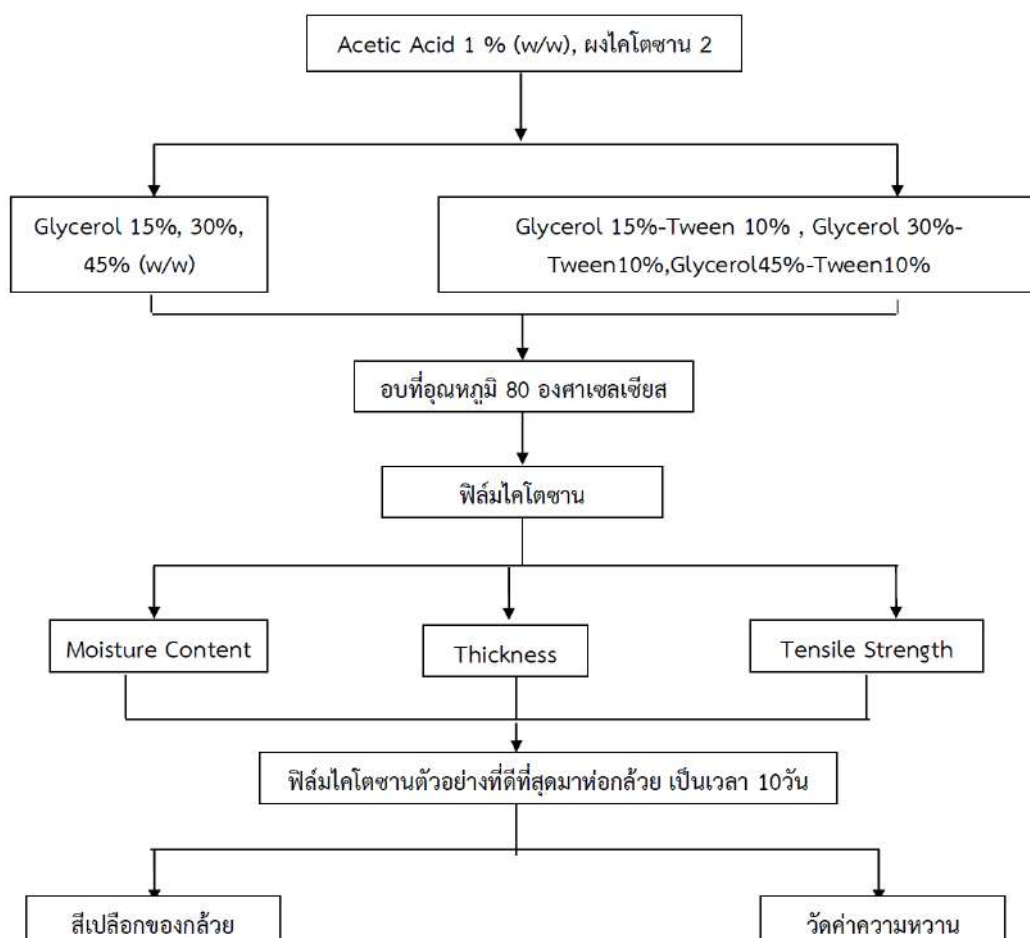
โดยปัจจุบันฟิล์มพลาสติกทั่วไปจะมีลักษณะยืด เหนียว แต่จะไม่สามารถยืดอายุพืช ผัก ผลไม้และอาหาร โดยฟิล์มพลาสติกจะใช้ระยะเวลานานในการย่อยสลายซึ่งอาจจะเป็นมลพิษต่อสภาพแวดล้อม จึงได้คิดค้นฟิล์มที่สามารถยืดอายุผัก ผลไม้และใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายได้เร็วกว่าฟิล์มพลาสติกทั่วไป ไคโตซานคือสารโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) เป็นสารสกัดที่ได้จากเปลือกกุ้ง กระดองปูหรือกระดองปลาหมึก โดยแยกเอาโปรตีนและเกล็ดแร่ออกจะได้สารที่เรียกว่าไคติน (Chitin) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ และประกอบกับผ่านกระบวนการทางเคมีจึงได้สารไคโตซานในและส่วนมากในปัจจุบันจะพบการทำไคโตซานไปใช้ในหลากหลายทางสรีรวิทยา จึงได้เห็นแนวทางการชะลออายุและการเก็บรักษาด้วยการทำฟิล์มไคโตซาน งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาอัตราส่วนการเติมกลีเซอรอลที่ 15 , 30 , 45 % (w/w) และการเติมทวิน 10% (w/w) เพิ่มในอัตราส่วนที่มีกลีเซอรอลที่แตกต่างกัน ระยะเวลาบ่มฟิล์มที่ส่งผลต่อความต้านทานแรงดึงสูงสุดและเปอร์เซ็นต์ความยืดของฟิล์มไคโตซาน เมื่อได้ฟิล์มคุณสมบัติที่เหมาะสมจะนำมาทดสอบโดยการห่อกล้วยหอมเป็นเวลา 10 วัน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มจากไคโตซานและการเก็บรักษาอายุกล้วยหอมด้วยฟิล์ม โดยจะศึกษาอัตราส่วนของปริมาณสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปฟิล์ม โดยประเมินผลจากการทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ความชื้น ความหนา ความยืดหยุ่น และการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอม

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

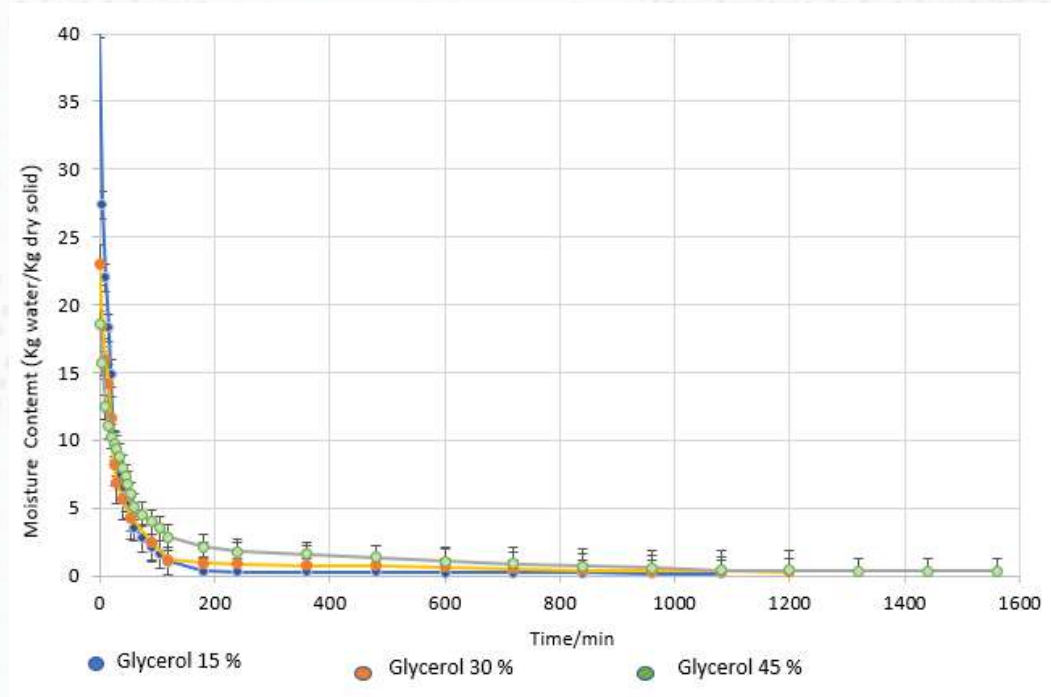
2.1 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้จะแบ่งเป็น 6 ตัวอย่าง โดยการเตรียมสารละลายในการทำฟิล์มไคโตซาน คือ น้ำกลั่น , Acetic Acid 1 % (w/w) , ผงไคโตซาน 2 % (w/w) โดยในตัวอย่างที่ 1,2 และ 3 จะทำการเติม Glycerol ในปริมาณอัตราส่วนที่แตกต่างกันที่ 15, 30 และ 45 % (w/w) และในตัวอย่าง 4,5 และ 6 จะใส่ Tween เพิ่มลงไปตัวอย่าง 1,2,3 ที่ 10 % (w/w) โดยจะทำการปั่นฟิล์มไคโตซานทั้งหมด 6 ตัวอย่างและนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้สารละลายรวมตัวกันเป็นแผ่นฟิล์ม

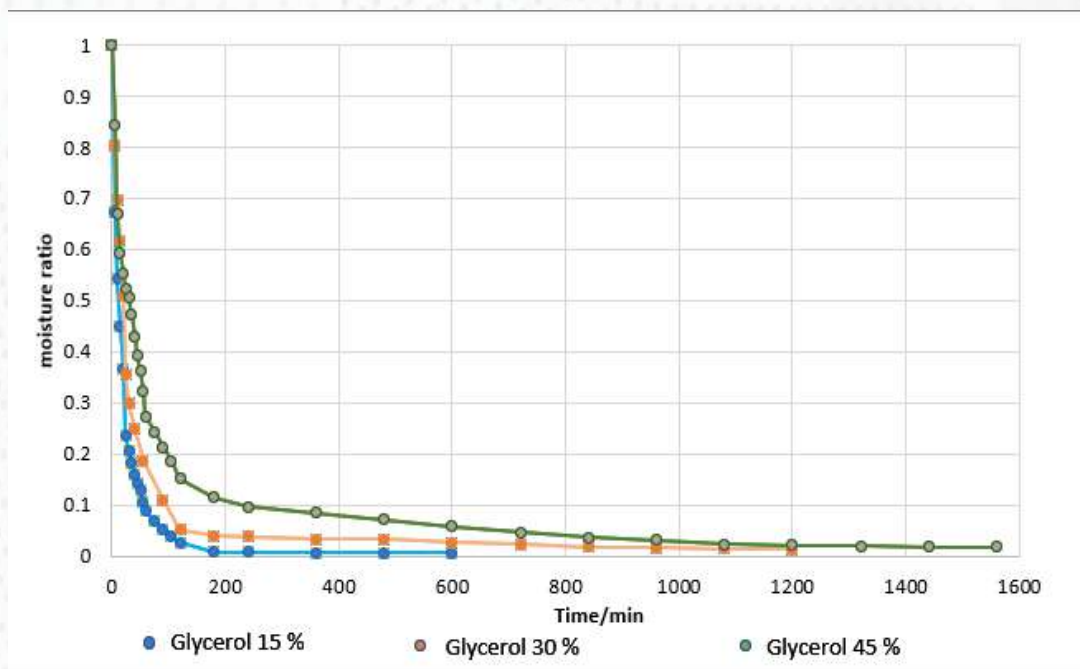


3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

โดยบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดลอง จากการศึกษาการนำโคโตซานมาทำเป็นฟิล์มเพื่อถนอมรักษาอายุของผลไม้ ซึ่งในการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาอัตราส่วนในการทำฟิล์มโคโตซานและนำฟิล์มมาทดลองใช้ได้จริง โดยสนใจเพิ่มอัตราส่วนของ Glycerol อยู่ที่ 15%, 30%, 45% และอัตราส่วนที่ใส่ Glycerol 15%, 30%, 45% ละเพิ่ม Tween 10% ทั้ง 3 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาอัตราความชื้น ความหนาและความยืดตัวของฟิล์มโคโตซาน โดยมีรายละเอียดทั้งหมดดังนี้



รูปที่ 1 กราฟความชื้นของ Glycerol ที่ 15%, 30% และ 45 %



รูปที่ 2 เปรียบเทียบความชื้นของ Glycerol ที่ 15%, 30% และ 45% เป็นกราฟ Moisture ratio

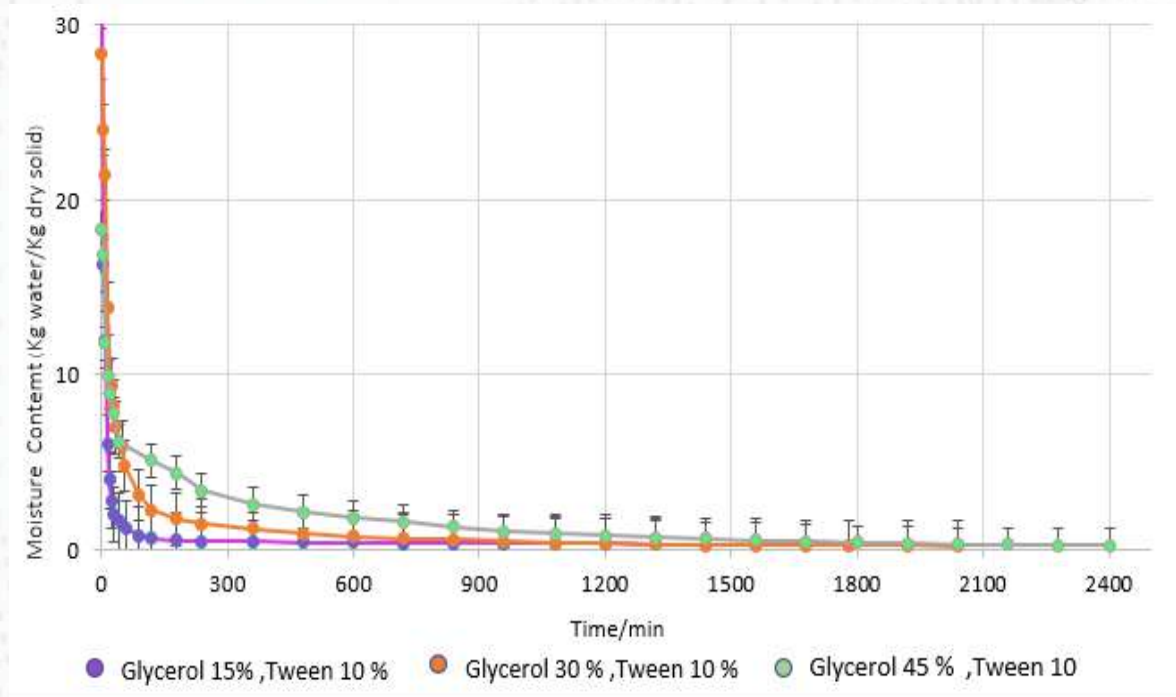
3.1 ผลการทดสอบ Moisture Content

ผลของการทดสอบค่าความชื้นของการขึ้นรูปฟิล์มโคโตนาน จะใช้วิธีการตรวจสอบค่าความชื้นที่หายไปในช่วงเวลาการอบฟิล์ม โดยจะอบจนถึงระยะเวลาที่เหมาะสมของแต่ละสูตร จะมีทั้งหมด ดังนี้

3.1.1 ค่าความชื้นของการเปรียบเทียบ Glycerol ที่ 15% ,30% และ 45%

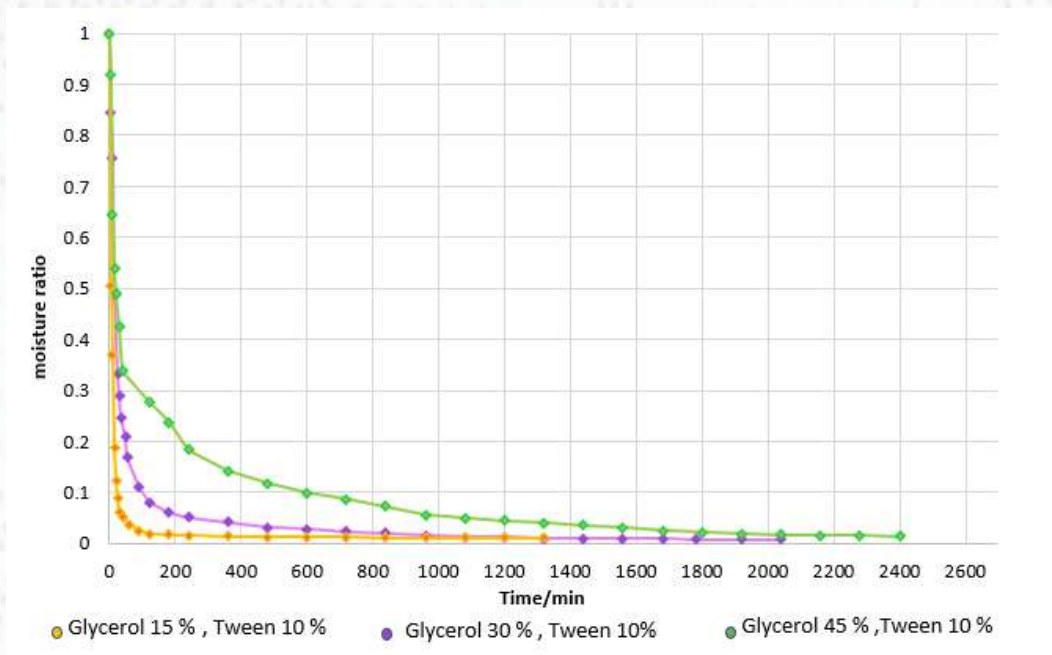
จากรูปที่ 1 จะแสดงให้เห็นค่าความชื้นของทั้ง 3 ตัวอย่างที่ใส่ Glycerol ที่แตกต่างกัน แต่จะเปรียบเทียบให้เห็นค่าความชื้นได้ชัดเจนโดยการเปลี่ยนเป็น Moisture ratio ตามรูปที่ 2 และจะเห็นได้ว่าความชื้นของทั้ง 3 ตัวอย่างเริ่มต้นเท่ากันทั้งหมด โดยความชื้นลงเร็วในช่วง 200 นาทีแรก เนื่องจากสารละลายได้ระเหยออกเป็นไอน้ำในช่วงแรกและหลังจากนั้นสารละลายจะจับตัวกันค่อย ๆ กลายเป็นแผ่นฟิล์มโคโตนาน แต่ยังคงมีความชื้นอยู่ภายในตัวฟิล์ม จึงต้องใช้วิธีการอบต่อเพื่อไล่ความชื้นออกจนให้ได้ความชื้นพอประมาณ ซึ่งในช่วงหลังจาก 200 นาทีจะเห็นว่าตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15 % จะใช้เวลาในการคายความชื้นออกจากตัวฟิล์มได้เร็วที่สุดในเวลา ตามด้วยตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 30% และ 45% ตามลำดับ

3.1.2 ค่าความชื้นของการเปรียบเทียบของ Glycerol 15% Tween10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% แสดงเป็นกราฟทั้งหมดดังนี้



รูปที่ 3 กราฟความชื้นของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween10% และ Glycerol 45% Tween 10%

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าของ ตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% จะมีค่าความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน จึงทำกราฟ Moisture ratio (รูปที่ 4) เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นค่าความชื้นเริ่มต้นที่เท่ากัน จากกราฟในรูปที่ 4 จะเห็นได้ชัดว่า ค่าความชื้นของทั้ง 3 ตัวอย่างจะลงอย่างรวดเร็วในช่วง 300 นาทีแรก ตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15% Tween10% จะลงต่อเนื่องได้เร็วกว่าตัวอย่างอื่น และใช้เวลาในการไล่ความชื้นออกให้ได้ค่าที่เหมาะสมเร็วที่สุด และตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 30% Tween20 10% จะลงอย่างต่อเนื่องเช่นกันแต่ใช้เวลาในการไล่ความชื้นได้ช้ากว่าตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15% Tween 10% และใช้เวลานานมากกว่าในการได้ความชื้นที่เหมาะสม และตัวอย่างสุดท้ายใส่ Glycerol 45% Tween 10% ความชื้นจะลงช้าที่สุด

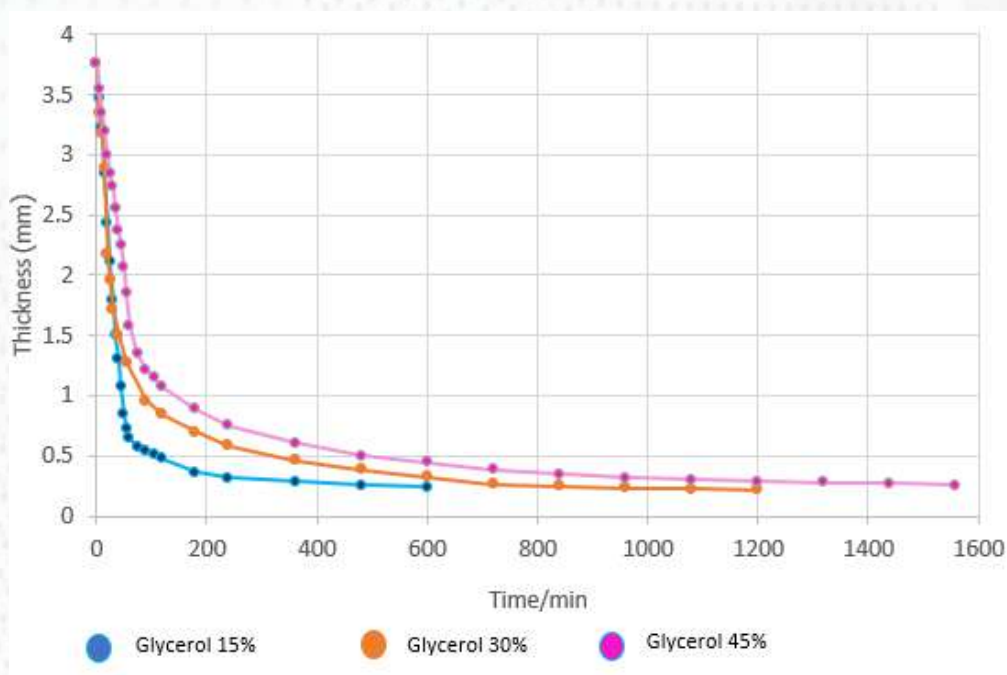


รูปที่ 4 เปรียบเทียบความชื้นของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% เป็นกราฟ Moisture ratio

3.2 ผลการทดสอบ Thickness

โดยการทดสอบความหนา จะใช้วิธีการวัดความหนาของฟิล์มโคโตนจากกระยะการอบของฟิล์ม โดยจะวัดค่าความหนาตั้งแต่เริ่มอบจนถึงได้แผ่นฟิล์มโคโตนของแต่ละตัวอย่าง โดยจะแสดงผลได้

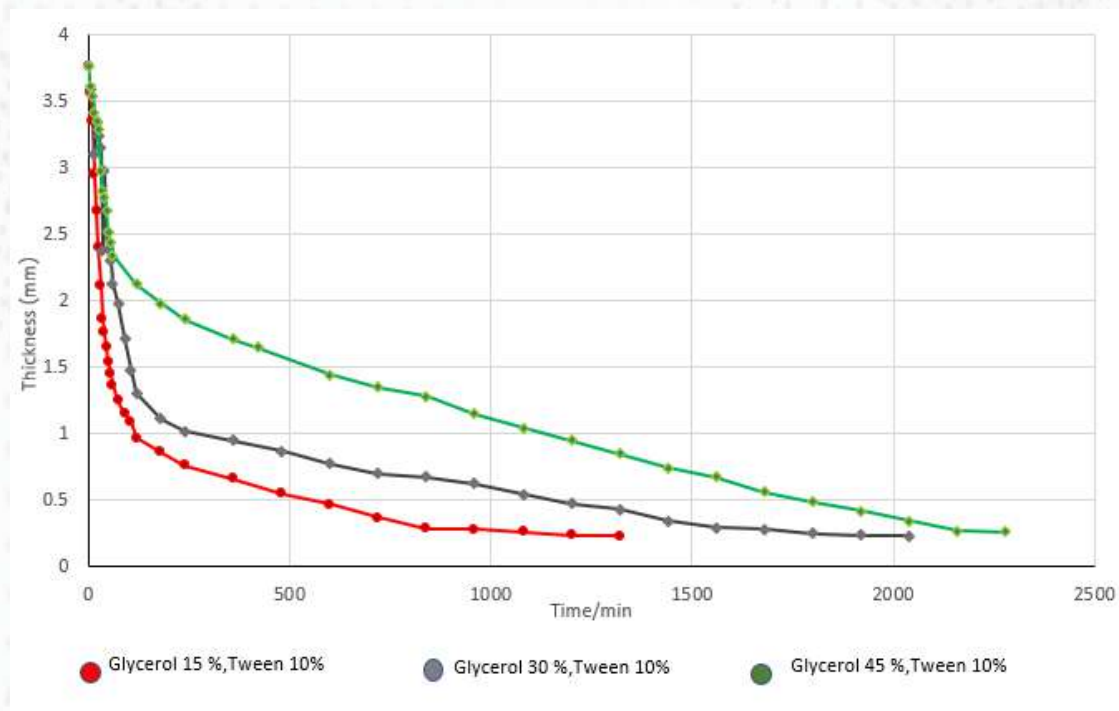
3.2.1 ผลการทดสอบ Thickness ของ Glycerol 15%, 30% และ 45%



รูปที่ 5 ค่าความหนาของ Glycerol 15%, 30% และ 45%

จากกราฟความหนาในรูปที่ 5 จะเห็นว่าในระยะแรกทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีความหนาลดลงอย่างรวดเร็ว และจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ในสูตรที่เติม Glycerol 15% จะมีความหนาที่ลดลงถึง 0.21 mm และใช้เวลาในการลดความหนาอย่างรวดเร็วที่สุดถึง 600 นาที ตามด้วยตัวอย่างที่เติม Glycerol 30% จะมีความหนาที่ลดลงถึง 0.23 mm และใช้ระยะเวลาในการอบนานกว่าถึง 1200 นาที และในตัวอย่างที่เติม Glycerol 45% จะมีความหนาที่ลดลงถึง 0.25 mm และใช้เวลาในการลดความหนาของแผ่นฟิล์มนานที่สุด ถึง 1560 นาที

3.2.2 ผลการทดสอบ Thickness ของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10%



รูปที่ 6 ค่าความหนาของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10%

จากกราฟรูปที่ 6 จะเห็นว่าค่าความชื้นของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% จะลดลงเร็วมากในช่วง 200-300 นาทีแรก และหลังจากนั้น ตัวอย่างที่เติม Glycerol 15% Tween 20 10% ความหนาจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึง 1380 นาที หนา 0.22 mm ตามด้วยตัวอย่างที่เติม Glycerol 30% Tween 10% จะใช้เวลาลดลงต่อเนื่องจนถึง 2040 นาที หนา 0.23 mm และตัวอย่างสุดท้ายจะใช้เวลานานในการลดความหนาและลดลงต่อเนื่องจนถึง 2280 นาที หนา 0.26 mm

3.3 ผลการทดสอบ Tensile Strength

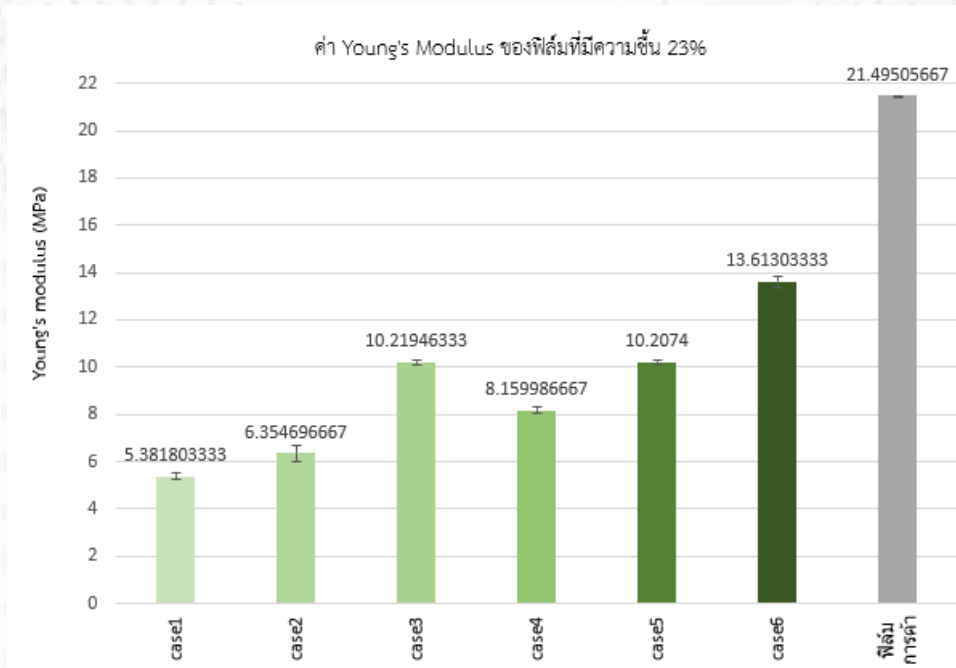
ผลของการทดสอบ Tensile Strength จะมีผลที่ต้องการแสดง 2 อย่างคือ ค่า Young's modulus หรือค่าความยืดหยุ่นของฟิล์มโคโตนทุกตัวอย่าง และค่า Ultimate Tensile Strength (UTS) หรือค่าทดสอบการต้านทานแรงดึงของฟิล์มทุกสูตร มีผลดังนี้

3.3.1 ค่า Young's Modulus ของฟิล์ม

3.3.1.1 ค่า Young's Modulus ของฟิล์มที่ความชื้นที่ 23%

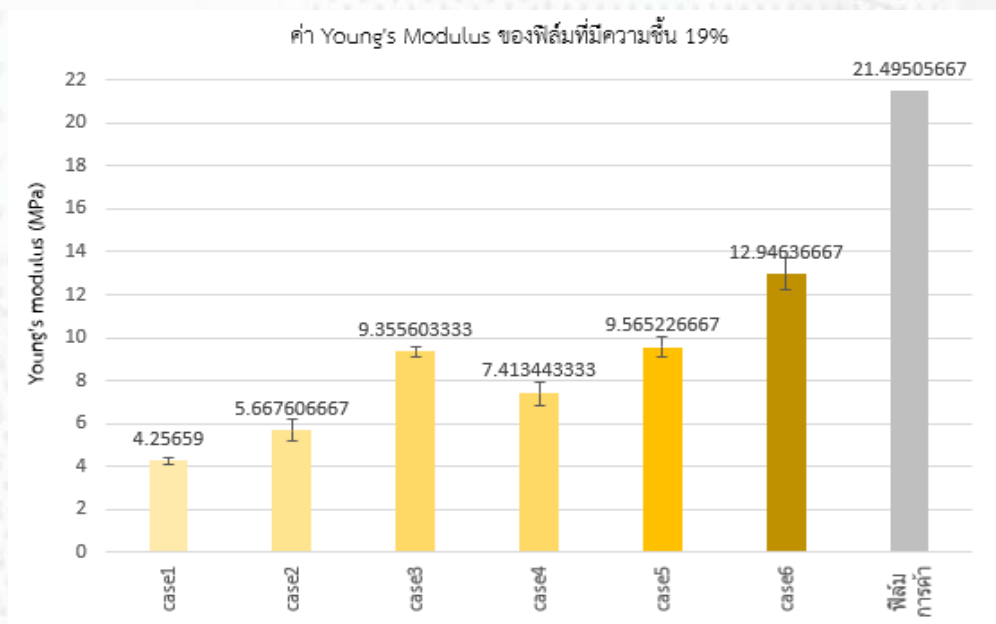
จากกราฟในรูปที่ 7 จะมีค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทุกตัวอย่าง รวมถึงฟิล์มทางการค้าด้วย ซึ่งค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทางการค้ามีค่าอยู่ที่ 21.49 MPa ซึ่งจะนำค่าของความยืดหยุ่นของฟิล์มทางการค้ามาเปรียบเทียบกับฟิล์มโคโตนที่มีความชื้นอยู่ที่ 23% ทั้ง 6 ตัวอย่าง จะสังเกตเห็นในกราฟได้ว่าฟิล์มโคโตนทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมี ตัวอย่างที่ 6 จะมีค่าที่โดดเด่นและมีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด ซึ่งมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 13.61 MPa และได้มีค่าใกล้เคียงที่สุดในทุกกรณีกับฟิล์มการค้า ตามด้วย ตัวอย่างที่ 3 มีความยืดหยุ่นอยู่ที่ 10.21 MPa,

ตัวอย่างที่ 5 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 10.20 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 8.15998667 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 6.35 MPa และ ตัวอย่างที่ 1 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 5.38 MPa ตามลำดับ



รูปที่ 7 ค่า Young's Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 23 % และฟิล์มทางการค้า

3.3.1.2 ค่า Young's Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้นที่ 19%



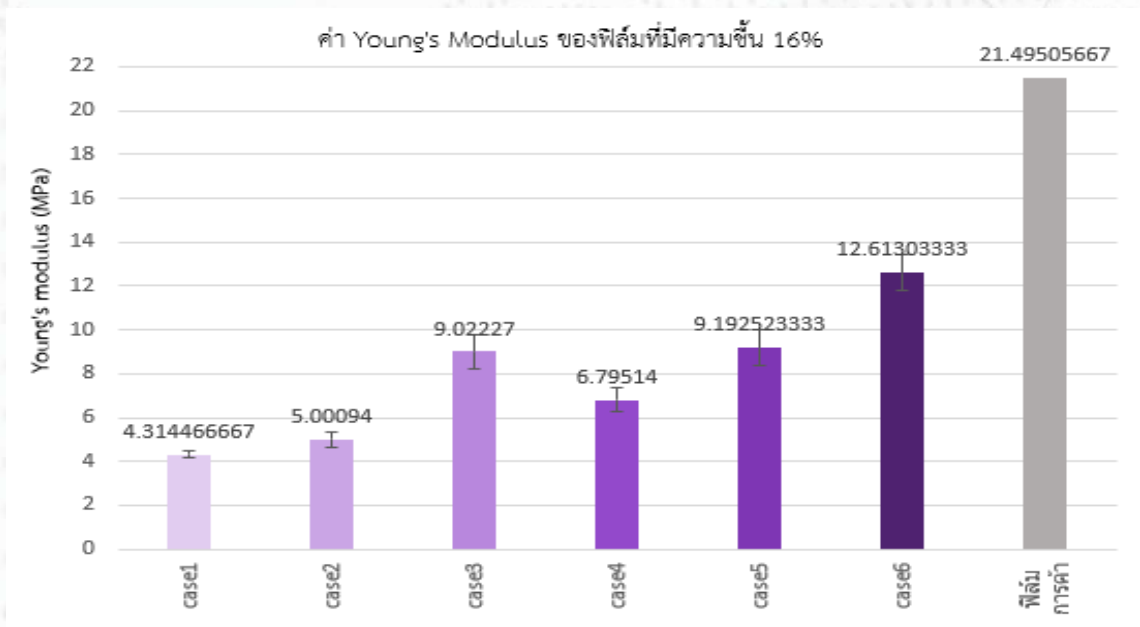
รูปที่ 8 ค่า Young's Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 19 % และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 8 จะมีค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทุกตัวอย่าง รวมถึงฟิล์มทางการค้าด้วย ซึ่งค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทางการค้ามีค่าอยู่ที่ 21.49 MPa ซึ่งมีค่าความยืดหยุ่นที่

แตกต่างกับฟิล์มไคโตซานที่มีความชื้น 19% เป็นอย่างมาก แต่กรณีที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่6 ซึ่งมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 12.94 MPa ตามด้วย ตัวอย่างที่5 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.55 MPa, ตัวอย่างที่3 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.35 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 7.41 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 5.66 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 4.25 MPa ตามลำดับ

3.3.1.3 ค่า Young's Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้นที่ 16%

จากกราฟในรูปที่ 9 จะมีค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทุกตัวอย่าง รวมถึงฟิล์มทางการค้าอีกด้วย ซึ่งค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทางการค้ามีค่าอยู่ที่ 21.49 MPa ซึ่งจะนำค่าของความยืดหยุ่นของฟิล์มทางการค้ามาเปรียบเทียบกับฟิล์มไคโตซานที่มีความชื้นอยู่ที่ 16% ทั้ง 6 ตัวอย่าง จะสังเกตเห็นในกราฟได้ว่าฟิล์มไคโตซานทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมี ตัวอย่างที่6 จะมีค่าที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้าและมีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด อยู่ที่ 12.61 MPa และตามด้วย ตัวอย่างที่5 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.19 MPa, ตัวอย่างที่3 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.02 MPa, ตัวอย่างที่ 4 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 6.79 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 5.00 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 4.31 MPa ตามลำดับ

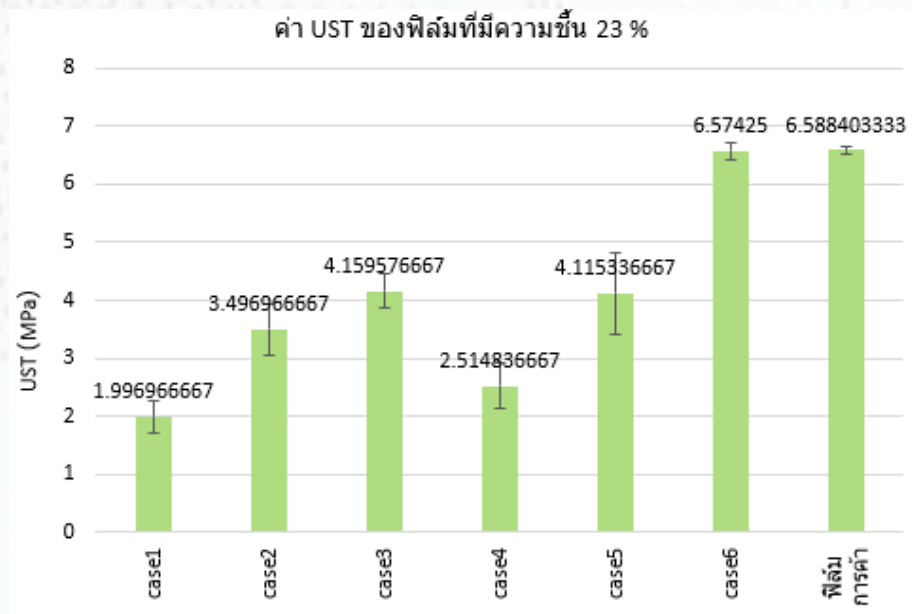


รูปที่ 9 ค่า Young's Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 16 % และฟิล์มทางการค้า

3.3.2 ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์ม

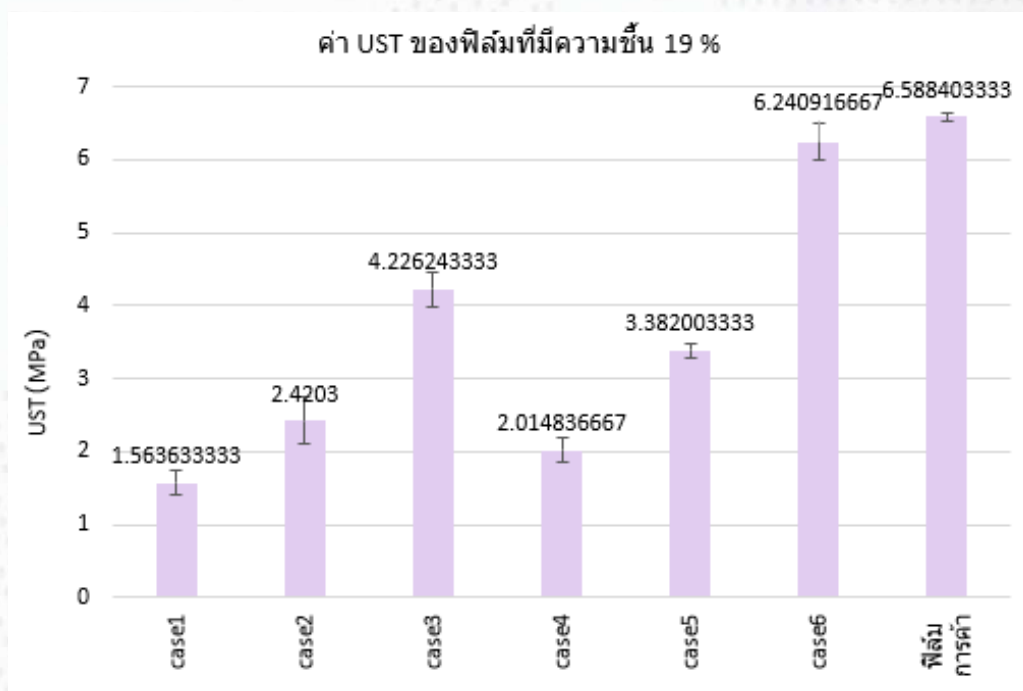
3.3.2.1 ค่า Ultimate Tensile Strength (UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 23%

จากกราฟในรูปที่ 10 จะแสดงให้เห็นค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) หรือค่าแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างที่มีความชื้น 23% และฟิล์มทางการค้า จะเห็นว่าฟิล์มทางการค้ามีค่าแรงต้านทานสูงสุดอยู่ที่ 6.58 MPa ซึ่งจะได้เห็นว่ากรณีที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่6 ซึ่งมีค่าแรงต้านทานสูงสุดถึง 6.57 MPa ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานมากที่สุดใน 6 ตัวอย่าง และจะมีตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานสูงสูดน้อยลงมาตามลำดับ คือ ตัวอย่างที่ 3 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.14 MPa, ตัวอย่าง 5 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.11 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 3.49 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.51 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 1.99 MPa



รูปที่ 10 ค่า Ultimate Tensile Strength(UST) ของฟิล์มที่มีความชื้น 23%และฟิล์มทางการค้า

3.3.2.1 ค่า Ultimate Tensile Strength (UST) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19%

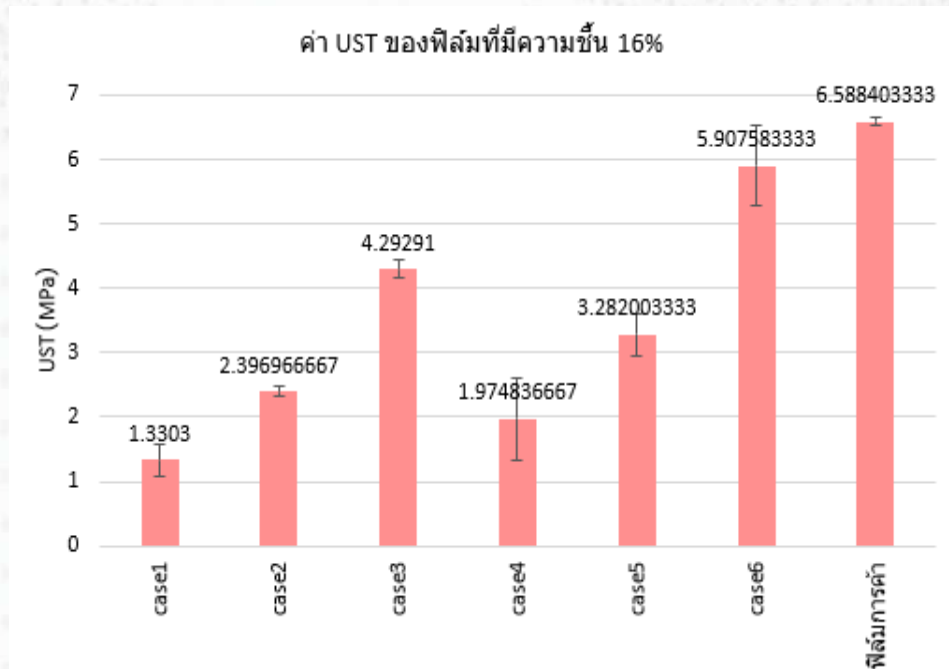


รูปที่ 11 ค่า Ultimate Tensile Strength(UST) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19% และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 11 จะแสดงให้เห็นค่า Ultimate Tensile Strength(UST) หรือค่าแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างที่มีความชื้น 23% และฟิล์มทางการค้า จะเห็นว่าฟิล์มทางการค้ามีค่าแรงต้านทานสูงสุดอยู่ที่ 6.58 MPa ซึ่งจะได้เห็นว่ากรณีที่ได้ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่ 6 ซึ่งมีค่าแรงต้านทานสูงสุดถึง 6.24 MPa ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานมากที่สุดใน 6 ตัวอย่าง และจะมีกรณีที่มีค่าแรงต้านทานสูงสุดน้อยลง

มาตามลำดับ คือ ตัวอย่างที่ 3 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.22 MPa, ตัวอย่างที่5 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 3.38 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.42 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.01 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 1.56 MPa

3.3.2.1 ค่า Ultimate Tensile Strength (UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 16%



รูปที่ 12 ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19% และฟิล์มทางการค้า

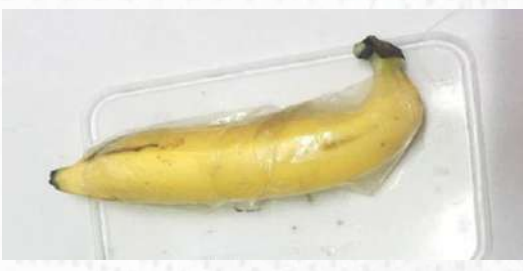
จากกราฟในรูปที่ 12 จะแสดงให้เห็นค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) หรือค่าแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างที่มีความชื้น 23% และฟิล์มทางการค้า จะเห็นว่าฟิล์มทางการค้ามีค่าแรงต้านทานสูงสุดอยู่ที่ 6.58 MPa ซึ่งจะได้เห็นว่าตัวอย่างของฟิล์มไคโตซานที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่6 ซึ่งมีค่าแรงต้านทานสูงสุดถึง 5.90 MPa ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานมากที่สุดใน 6 ตัวอย่าง และจะมีตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานสูงจนน้อยลงตามลำดับ คือ ตัวอย่างที่3 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.29 MPa, ตัวอย่างที่5 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 3.28MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.39 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.39 MPa และตัวอย่างที่1 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 1.33 MPa

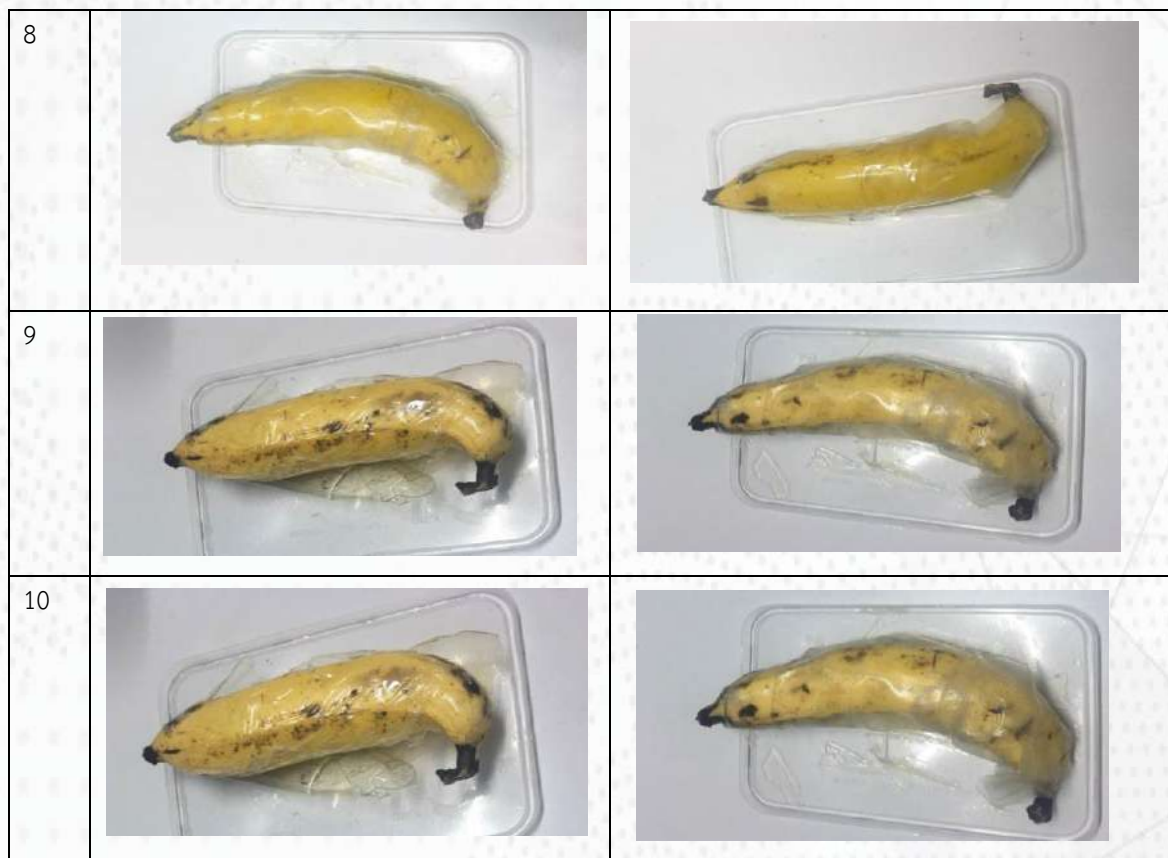
3.4 ผลทดลองการนำฟิล์มไคโตซานมาห่อกล้วยหอม

เมื่อนำฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างไปทดสอบต่าง ๆ แล้วจึงนำฟิล์มตัวอย่างที่ดีที่สุดคือ ตัวอย่างที่ 3 ที่ และ ตัวอย่างที่ 6 ที่ความชื้น 23% นำมาห่อกล้วยหอมเป็นเวลา 10 วัน เพื่อทดสอบการใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลได้ดังนี้

3.4.1 ตารางแสดงผลของสีเปลือกกล้วยที่นำฟิล์มไคโตซานมาห่อเป็นเวลา10 วัน

วันที่	เติม Glycerol 45% ที่ความชื้น 23%	เติมGlycerol 45% Tween20 10% ที่ความชื้น 23%
1		

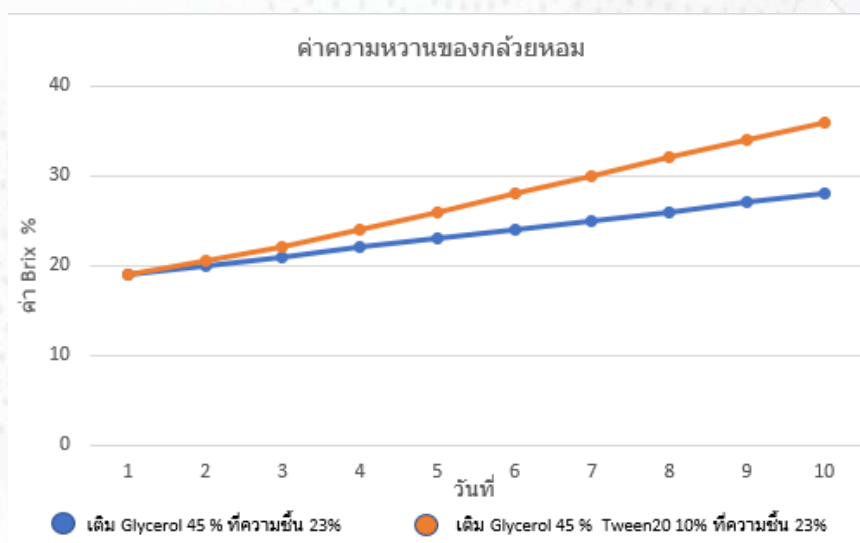
2		
3		
4		
5		
6		
7		



ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลของสีเปลือกกล้วย

จากตารางจะเห็นว่า ใน 5 วันแรก สีของเปลือกกล้วยที่ห่อฟิล์มทั้ง 2 ตัวอย่างยังคงเหลืองอยู่ แต่หลังจากวันที่ 6 สีของเปลือกกล้วยที่ห่อฟิล์มทั้ง 2 ตัวอย่างเริ่มคล้ำขึ้นและจะเห็นได้ชัดว่าสีของเปลือกกล้วยคล้ำขึ้น เมื่อถึงวันที่ 9 และ 10 สีของเปลือกกล้วยทั้ง 2 ตัวอย่างคล้ำขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่จะสังเกตเห็นว่าสีของเปลือกกล้วยที่ห่อด้วยฟิล์มที่เติม Glycerol 45% Tween10% จะมีความเข้มมากกว่า ฝัที่เติม Glycerol 45%

3.5 ผลการทดลองการวัดค่าความหวานของกล้วยหอม



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าความหวานของกล้วยหอม

จากกราฟในรูปที่ 13 จะเห็นว่ากล้วยหอมที่นำมาห่อฟิล์มไคโตซาน จะมีความหวานเริ่มต้นอยู่ที่ 19 บริกซ์ เมื่อเริ่มห่อด้วยฟิล์มไคโตซานตัวอย่างที่ 3 และ 6 จะเห็นว่า ตัวอย่างที่ 3 จะรักษาค่าความหวานทั้ง 10 วัน มีค่าดังนี้ 19,20,21,22,23,24,25,26,27,28 บริกซ์ ซึ่งเมื่อค่าความหวานอยู่ที่ 26 บริกซ์ ส่วนตัวอย่างที่ 6 จะรักษาค่าความหวานวันทั้ง 10 วัน มีค่าดังนี้ 19,20.5,22,24,26,28,30,32,34,36 บริกซ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากล้วยที่ห่อด้วย Glycerol 45% ที่ความชื้น 23% จะรักษาค่าความหวานของกล้วยหอมได้ดีกว่า Glycerol 45% Tween 10% ที่ความชื้น 23%

4. บทสรุป

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการนำผงไคโตซานมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม แต่มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ คุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางกายภาพ โดยใช้การทดสอบ Moisture Content Thickness Tensile การวัดค่าความหวานและการดูสีเปลือกของกล้วยหอม ซึ่งสรุปการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการทดสอบ Moisture Content (ค่าความชื้น) สรุปผลได้ดังนี้

1.1 ผลของความชื้นในตัวอย่างที่เติม Glycerol ตัวอย่างที่ 1 2 และ 3 ในช่วง 200 นาทีแรกความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นแต่ละตัวอย่างจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้า ๆ เนื่องจากการขึ้นรูปในช่วงแรกสารละลายได้ระเหยความชื้นออกไป ฟิล์มจึงขึ้นรูปเป็นแผ่นแต่ยังคงมีความชื้นอยู่ ซึ่งจะใช้เวลาในการลดความชื้นลงถึง 16% เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของตัวอย่างที่ 1,2,3 คือ 600, 1200 และ 1560 นาทีตามลำดับ

1.2 ผลของความชื้นในตัวอย่างที่เติมทั้ง Glycerol และ Tween ในช่วง 300 นาทีแรกความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ เนื่องจากการขึ้นรูปในช่วงแรกสารละลายได้ระเหยความชื้นออกไป ฟิล์มจึงขึ้นรูปเป็นแผ่นแต่ยังคงมีความชื้นอยู่ โดยจะใช้เวลาในการลดความชื้นลงถึง 16% เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของตัวอย่าง 4,5,6 คือ 1320, 2040 และ 2400 นาทีตามลำดับ

2. ผลการทดสอบ Thickness (ความหนา) สรุปผลได้ดังนี้

สรุปได้ว่าผลของความหนาของทั้ง 6 ตัวอย่างนั้นจะสัมพันธ์กันกับความชื้น เมื่อความชื้นแต่ละตัวอย่างลดลงเร็วความหนา ก็จะลดลงเร็วเช่นกัน ความหนาลดลงมากเมื่อใส่ Glycerol น้อย ส่วนตัวอย่างที่ใส่ Glycerol มากจะมีความหนาที่มากที่สุด และตัวอย่างที่เติม Tween จะทำให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งฟิล์มทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีความหนาน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.21 mm และหนามากที่สุด 0.26 mm

3. ผลการทดสอบ Tensile Strength สรุปผลได้ดังนี้

3.1 Young's Modulus สรุปผลได้ดังนี้

ฟิล์มไคโตซานตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุด คือตัวอย่างที่ 6 ที่เติมทั้ง Glycerol และ Tween ในความชื้น 23% มีค่าอยู่ที่ 13.61303333 MPa และในกรณีของตัวอย่างที่เติม Glycerol ที่มีค่ามากที่สุด คือตัวอย่างที่ 3 ในความชื้น 23% มีค่าอยู่ที่ 10.21 MPa ซึ่งการเติม Glycerol มาก มีผลต่อความยืดหยุ่นของฟิล์ม

3.2 Ultimate Tensile Strength สรุปได้ดังนี้

ฟิล์มไคโตซานที่มีค่าความต้านทานสูงสุดใกล้เคียงกับฟิล์มทางการค้ามากที่สุด คือตัวอย่างที่ 6 ซึ่งเติม Glycerol และ Tween ในความชื้น 23% ซึ่งมีค่าความต้านทานสูงสุดอยู่ที่ 6.57 MPa ซึ่งมีค่ามากที่สุดในทุกตัวอย่าง และในตัวอย่างที่เติม Glycerol ที่มีค่ามากที่สุดคือตัวอย่างที่ 3 ดังนั้น ค่าความต้านทานสูงก็ขึ้นอยู่กับปริมาณ Glycerol และ Tween

โดยสรุปได้ว่า Glycerol และ Tween มีผลต่อความชื้น ความหนา ความยืดหยุ่นและค่าแรงต้านทานสูงสุด เมื่อเติม Glycerol เพิ่มมากขึ้นจะลดลงช้า มีความหนามากขึ้น มีความยืดหยุ่นมากและค่าแรงต้านทานสูงสุดที่มากขึ้น ในตัวอย่างที่เติมทั้ง Glycerol และ Tween จะทำให้ความชื้นลดลงได้ช้ามากกว่าการเติม Glycerol ความหนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม แต่จะมีความยืดหยุ่นและแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มที่เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

4. ดูสีของเปลือกกล้วย สรุปผลได้ดังนี้

เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ 6 และตัวอย่างที่ 3 ในความชื้นที่ 23% มาห่อกล้วยในเวลา 10 วัน สีของเปลือกกล้วยจะค่อยๆ คล้ำลงในวันที่ 7-10 และทั้ง 2 ตัวอย่างที่นำมาห่อกล้วย แสดงผลไม่ต่างกันมาก แต่สีของกล้วยหอมที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 6 จะมีสีที่คล้ำกว่ากล้วยหอมที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 3

5. ค่าความหวานของกล้วย สรุปลงได้ดังนี้

สูตรที่เติม Glycerol ทำให้กล้วยรักษาค่าความหวานได้ดีกว่า สูตรที่เติม Glycerol และ Tween ซึ่งสีเปลือกอาจจะดูไม่แตกต่างกันมากนัก แต่กล้วยที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 6 เนื้อข้างในจะค่อนข้างและและนุ่มได้เร็วกว่ากล้วยที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 3

5. กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้ได้ลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของอาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องทั้งหลายด้วยกัน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา นาย พลฤกษ์ คุ่มกล้า และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นาย วรารุณ พุทธิให้ ที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานวิจัยในทุก ๆ ส่วน คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด

อนึ่งผู้วิจัยได้หวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าตนอาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอบคุณทุกความกตัญญูตลวงตาคุณ แต่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขออภัยแต่เพียงผู้เดียว และพร้อมที่จะรับคำแนะนำของทุกท่านเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาวิจัยต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาสุรี ฤทธิเลิศ และวารินทร์ พิมพา. “การยืดอายุผลมะม่วงโดยการเคลือบด้วยไคโตซานและโซเดียมคาร์บอเนต” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2548
- [2] ปิยวรรณ ปันทานเต. “บรรจุภัณฑ์ล้ำสมัยเพื่อโลกยุคใหม่”, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2549.
- [3] ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ และวรรณิศา กิจไธสง, “ผลของฟิล์มไคโตแซนผสมสารโซเดียมเบนโซเอตต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอ,” วารสารเทคโนโลยีการอาหาร, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2551- พฤษภาคม, 2552.
- [4] ชินวัฒน์ ทองซั. “การใช้ฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหารให้ปลอดภัย,” วารสารกรมวิทยาศาสตร์, 2554.
- [5] ดวงใจ มาลัยและคณะ. “ผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ” วิทยานิพนธ์, ปีที่ 43 ฉบับที่ 2(พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม, 2555
- [6] ภิเชก รุ่งโรจน์ชัยพร. “กลีเซอรอล :การใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจน,” วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, ปีที่ 23, ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม, 2557.
- [7] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2010. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting (D882-10). Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, PA.
- [8] P. Sarinya, D. Sakamon, T. Wasina, and S. Somchart, “IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF EDIBLE CHITOSAN FILMS BY COMBINED USE OF PLASTICIZER AND EMULSIFIER,” 2015.

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนโลหะโดยการระเหิดด้วยเลเซอร์ในน้ำ Synthesis of Metal Nanoparticles by Laser Ablation in Water

สุปราณี เนาวกุล¹ จิระศักดิ์ ธาระจักร์¹ และ ภูมิรัตน์ นวรัตน์^{1*}

¹สาขาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* Email: jirasak.th@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

วัสดุนาโนเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งทางด้านการแพทย์ ด้านความงาม ด้านอุตสาหกรรม และด้านอื่นๆ อีกมากมาย เมื่ออนุภาคมีขนาดลดลงจำนวนอะตอมที่อยู่บริเวณผิวหน้าและสัดส่วนของผิวสัมผัสต่อปริมาตรของวัสดุจึงเพิ่มขึ้น ทำให้สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางแม่เหล็ก และสมบัติทางแสงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การสังเคราะห์อนุภาคนาโนมีหลายวิธี เช่น การบด (Grinding) ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Method) และ การระเหิดด้วยเลเซอร์ (Laser ablation) เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกการสังเคราะห์อนุภาคนาโนโลหะโดยวิธีการการระเหิดด้วยเลเซอร์ เพราะการสังเคราะห์ด้วยวิธีนี้ไม่ทำให้เกิดของเสียที่เป็นอันตราย พร้อมทั้งสะดวกและรวดเร็ว จากผลการวิจัยพบว่าการใช้ศักย์ไฟฟ้าที่ 6V ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนได้ขนาดอนุภาคนาโนโลหะที่เล็กที่สุด (10-100 nm) และการสังเคราะห์อนุภาคนาโนด้วยศักย์ไฟฟ้า 8V และ 10V ได้อนุภาคนาโนโลหะที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าศักย์ไฟฟ้ามีผลต่อขนาดของอนุภาคนาโนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยการระเหิดด้วยเลเซอร์

คำสำคัญ: การสังเคราะห์อนุภาคนาโนโลหะ การระเหิดด้วยเลเซอร์ ขนาดอนุภาคและศักย์ไฟฟ้า

Abstract

Nanomaterials are widely used in many applications such as medicine, cosmetic, industry, and other. When the size of the particle is reduced, the number of atoms on the surface and the ratio between surface area to volume of the material increase result in the enhancement of the material's physical, magnetic and optical properties. There are many methods to synthesize the nanoparticle, such as grinding, chemical reaction, electrochemical method, and laser ablation. In this research, laser ablation was chosen to synthesize the metal nanoparticles because this method is quick and convenient and does not produce hazardous waste. The results show that the laser with 6V electric potential could synthesize the metal nanoparticles with the smallest size (10-100 nm). The metal nanoparticles with larger size were obtained when higher electrical potential of 8V and 10V were used. In conclusion, the electric potential of the laser affects the size of the metal nanoparticle obtained from laser ablation.

Keywords: synthesis of metal nanoparticles, laser ablation, nanoparticle size and electrical potential

1. บทนำ

ปัจจุบันโครงสร้างระดับนาโนได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ การสร้าง หรือการสังเคราะห์วัสดุที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร (1-100 นาโนเมตร) เนื่องจากวัสดุนาโนขนาดเล็กจึงส่งผลให้จำนวนอะตอมที่อยู่บริเวณผิวหน้าและสัดส่วนของผิวสัมผัสต่อปริมาตรของวัสดุเพิ่มขึ้นทำให้สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางแม่เหล็ก และสมบัติทางแสงเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย แตกต่างจากวัสดุที่มีขนาดใหญ่จึงให้นาโน

เทคโนโลยีมีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตด้านต่างๆ ในปัจจุบันมากขึ้น เช่น เทคโนโลยีสารสนเทศ การแพทย์ สาธารณสุข วัสดุ การผลิต พลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

กระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อความต้องการที่จะได้ขนาดของอนุภาคตามที่ต้องการ การสังเคราะห์อนุภาคนาโนมีหลายวิธี เช่น การบด (Grinding) ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Method) โฟโตเคมีสตรี้ (Photochemistry) โซโนเคมีสตรี้ (Sonochemistry) และ การระเหิดด้วยเลเซอร์ (Laser ablation) เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้การสังเคราะห์อนุภาคนาโนใช้เทคนิคการระเหิดด้วยเลเซอร์ เพราะการสังเคราะห์ด้วยวิธีนี้ไม่ทำให้เกิดของเสีย พร้อมทั้งสะดวกและรวดเร็ว วัสดุที่นำมาสังเคราะห์อนุภาคนาโนคือ ทองแดง เงิน และ ทอง

อนุภาคนาโนทองแดงเป็นอนุภาคโลหะในระดับนาโนที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้งานในด้านต่างๆ เช่น สารต้านจุลชีพ [1] สารเร่งปฏิกิริยา [2] หมึกพิมพ์ [3] และหมึกนำไฟฟ้า [4] เป็นต้น อนุภาคนาโนเงิน ด้วยขนาดที่เล็กลงมากทำให้ไปเพิ่มพื้นผิวในการสัมผัสกับเชื้อโรคทำให้คุณสมบัติในการขัดเชื้อโรคเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิมหลายร้อยเท่า [5] เมื่ออนุภาคนาโนเงินสัมผัสกับเชื้อแบคทีเรีย จะไปเกาะที่ผนังเซลล์และแทรกเข้าไปภายในไปเกาะกับหมู่ -SH (Sulphydryl) ของเอนไซม์ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเพิ่มจำนวนและการเจริญเติบโตของเชื้อโรคทำให้เชื้อโรคตายในที่สุด [6] และสุดท้ายคือ อนุภาคนาโนทอง มีการใช้ประโยชน์เป็นสารแต่งสีของเนื้อแก้วในงานศิลปะในทวีปยุโรปมาหลายร้อยปีโดยบังเอิญ คือศิลปินเองก็ไม่เคยรู้ว่าสิ่งที่ตนใช้เป็นสีนั้นประกอบด้วยอนุภาคทองคำนาโน เนื้อแก้วที่ผสมด้วยอนุภาคทองคำนาโนที่มีขนาดพอเหมาะ เมื่อนำมาวางทางเดินของแสงอาทิตย์จะเห็นเป็นสีแดงทับทิม (ruby) แก้วชนิดนี้ทางฟิสิกส์เรียกว่าเป็นแก้วไดโครอิก (dichroic glass) ชนิดหนึ่งซึ่งสีของมันเมื่อให้แสงผ่านเป็นคลื่นสะท้อนกลับเมื่อมันสะท้อนแสง [7]

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 บทนำ

การสังเคราะห์โลหะนาโนโดยกระบวนการ Laser Ablation ในน้ำ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคนาโนโลหะนาโนโดยวิธีการระเหิดด้วยเลเซอร์ ศึกษาขนาดของอนุภาคนาโนที่สังเคราะห์ได้ และเพื่อเปรียบเทียบการสังเคราะห์ระหว่างแบบปกติและแบบที่ใช้เครื่อง sonication

2.2 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. ทองคำ (Au) 2. เงิน (Ag) 3. ทองแดง (Cu)

2.3 การเตรียมชิ้นงาน

2.3.1 การเตรียมชิ้นงานทอง (Au)

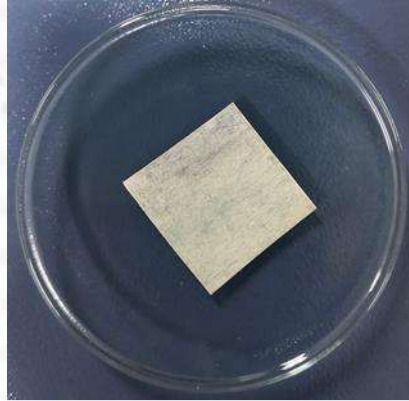
นำชิ้นงานมาทำความสะอาดด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจาง (32.78% โดยปริมาตร) 30 วินาที จากนั้นนำไปทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าแล้วเป่าให้แห้งโดยเครื่องเป่าลมร้อน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ทองคำ (Au)

2.3.2 การเตรียมชิ้นงานเงิน (Ag)

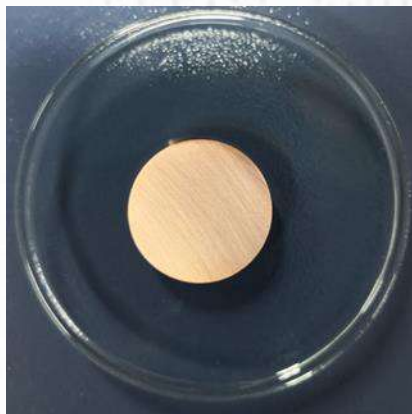
นำชิ้นงานมาทำความสะอาดด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจาง (32.78% โดยปริมาตร) 30 วินาที จากนั้นนำไปทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าแล้วเป่าให้แห้งโดยเครื่องเป่าลมร้อน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เงิน (Ag)

2.3.3 การเตรียมชิ้นงานทองแดง (Cu)

นำทองแดงมาขัดด้วยกระดาษทรายให้สะอาด (กระดาษทรายเบอร์ 1000) จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าและอะซิโตน แล้วนำไปเป่าให้แห้งโดยเครื่องเป่าลมร้อน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ทองแดง (Cu)

2.4 กระบวนการ Laser ablation

Laser ablation หรือ Photoablation เป็นกระบวนการกำจัดวัสดุออกจากพื้นผิวของแข็ง โดยการฉายรังสีด้วยลำแสงเลเซอร์ ที่ฟลักซ์เลเซอร์ต่ำวัสดุจะได้รับความร้อนจากพลังงานเลเซอร์ที่ถูกดูดซับและระเหิด หรือ ที่ฟลักซ์เลเซอร์สูงวัสดุโดยทั่วไปจะถูกแปลงเป็นพลาสมาแล้วระเหิด โดยปกติการระเหิดด้วยเลเซอร์หมายถึงการเอาวัสดุออกด้วย pulsed laser (เลเซอร์แบบคลื่นไม่ต่อเนื่อง) แต่ก็เป็นไปได้ที่จะทำให้วัสดุระเหิดหรือระเหิดด้วย continuous laser wave (เลเซอร์แบบคลื่นต่อเนื่อง) หากความเข้มของเลเซอร์สูงพอ

2.4.1 ขั้นตอนการสังเคราะห์อนุภาคโลหะนาโนด้วยเลเซอร์เอปเบลชันในน้ำ

การสังเคราะห์อนุภาคโลหะนาโนด้วยกระบวนการเลเซอร์เอปเบลชัน (Laser ablation) เป็นการสังเคราะห์ที่ไม่มีการใช้ตัวทำละลายจึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งานไม่ได้สัมผัสกับสารเคมี ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำกว่าการทำลายด้วยน้ำแข็งแห้งแม้ว่าต้นทุนการลงทุนจะสูงกว่ามาก โดยขั้นตอนการปฏิบัติมีดังต่อไปนี้

1. นำชิ้นงานโลหะตั้งต้นที่ใช้สังเคราะห์ไปทำความสะอาด เพื่อขจัดคราบสกปรกและทำให้พื้นผิวของชิ้นงานเรียบ
2. ใส่ DI water 10 ml ในบีกเกอร์ขนาด 40 ml
3. นำชิ้นงานโลหะแต่ละชิ้นใส่ลงไปใน DI water
4. นำอนุภาคทอง เงิน ทองแดงที่สังเคราะห์ได้ใส่ในหลอดทดลองโดยแยกศักย์ไฟฟ้าเป็น 6V, 8V, 10V แบบสังเคราะห์ปกติ และ 6V, 8V, 10V แบบใช้เทคนิค sonication เข้ามาช่วย
5. การสังเคราะห์แต่ละครั้งใช้เวลาในการสังเคราะห์ 30 วินาที
6. สุดท้ายนำพาราฟิล์มมาปิดไว้ เพื่อกันฝุ่นหรือสิ่งสกปรกต่างๆหล่นลงไป

2.5 การตรวจสอบ

การตรวจสอบอนุภาคนาโนนั้นมีด้วยกันหลายวิธี เพื่อตรวจสอบว่าอนุภาคที่สังเคราะห์ได้นั้นมีขนาดตรงกับวัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์อนุภาคนาโน โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

2.5.1 Particle Size Analyzer

เป็นเครื่องวัดขนาดอนุภาคในสารตัวอย่างแบบอัตโนมัติ ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถวัดขนาดอนุภาค, ความต่างศักย์ไฟฟ้าบนผิวอนุภาค สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดอนุภาคตั้งแต่ ช่วงนาโนเมตรจนถึงไมโครเมตร



รูปที่ 4 Particle Size Analyzer ยี่ห้อ Horiba รุ่น SZ-100 [11]

การประยุกต์ใช้งาน: สามารถใช้วัดขนาดอนุภาคได้ตั้งแต่ 0.6 นาโนเมตร ถึง 7 ไมโครเมตรโดยใช้หลักการ Photon Correlation Spectroscopy (PCS) สำหรับเครื่องนาโน และสามารถวัดค่า Zeta Potential ได้ตั้งแต่ +200 mV ถึง -200 mV สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.6 นาโนเมตร ถึง 30 ไมครอน และสามารถวัดค่า Zeta Potential บนพื้นผิวแผ่นวัสดุตัวอย่าง (Solid Flat Surface) ได้ [10]

ลักษณะตัวอย่างที่ทำการทดสอบ: ชิ้นงานที่มีสารละลาย

2.5.2 Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis)

เป็นเครื่องวิเคราะห์สารเคมีชนิดละลายแสงคู่ โดยใช้หลักการดูดกลืนแสงของสารประกอบ ที่สามารถตรวจวัดได้ ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต (UV) และในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible) ซึ่งควบคุมและประมวลผลด้วยตัวเครื่องเอง (Standalone) หรือควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5 Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1700 [3]

การประยุกต์ใช้งาน: การวัดการดูดกลืนและการทะลุผ่านของคลื่นแสงผ่านชิ้นงานตัวอย่าง เช่น ชิ้นตัวอย่างกระจก ตัวอย่างทางด้านชีวภาพ และการหาค่าการสะท้อนของแสงในชิ้นตัวอย่างฟิล์มและการเคลือบบนพื้นผิว ฝ้า ผงโลหะ ผงออกไซด์ของโลหะ ผงสี พลาสติก และเซรามิก เป็นต้น [9]

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 บทนำ

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอนุภาคโลหะนาโนที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการ Laser ablation ในน้ำ เพื่อหาขนาดอนุภาคโลหะนาโนเมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าที่แตกต่างกันในการสังเคราะห์

3.2 การสังเกตสี

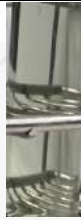
การสังเคราะห์อนุภาคนาโนทอง เงิน และทองแดง จะได้สารสังเคราะห์อยู่ในรูปของเหลวและมีสีแตกต่างกันตามสภาวะการสังเคราะห์ แสดงได้ดัง ตารางที่ 1 โดยพบว่าสีของสารสังเคราะห์อนุภาคโลหะนาโนทั้ง 3 ชนิดในสภาวะที่มีและไม่มีการสั่น มีความเข้มสูงขึ้นเมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าในกระบวนการสังเคราะห์สูงขึ้น จาก 6V, 8V และ 10V ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างสภาวะการทดสอบที่ไม่มีการสั่นจะมีสีที่เข้มกว่ามีการสั่น โดยสารสังเคราะห์ทองคำนาโนจะแสดงผลการเปลี่ยนแปลงสีที่ชัดเจน ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นแสดงถึงขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคโลหะที่เพิ่มขึ้น [12] (เช่นเดียวกับงานของฟาราเดย์ ทำได้ทำการสังเคราะห์อนุภาคทองคำนาโนโดยพบว่าสีของอนุภาคขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคนาโน)

3.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนในสารสังเคราะห์

สารสังเคราะห์อนุภาคนาโนทอง เงิน และทองแดงถูกนำมาทดสอบหาความเข้มข้นของอนุภาคในสารสังเคราะห์ด้วยเครื่อง Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis) โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงที่อนุภาคนาโนสามารถดูดกลืนได้ ซึ่งอนุภาคนาโนแต่ละชนิดจะมีช่วงของการดูดกลืนแสงที่ต่างกัน โดยทอง เงิน และ ทองแดง จะมีช่วงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 400 และ 600 nm ตามลำดับ [8] ความเข้มที่เกิดขึ้นแสดงถึงความเข้มข้นของอนุภาคที่อยู่ในสารสังเคราะห์นั้น จากการทดสอบแสดงผลได้ดังกราฟที่ 1 2 และ 3 และสามารถสรุปผลดังตารางที่ 2 โดยในการทดสอบนี้ได้ดำเนินการทดสอบตัวอย่างที่สังเคราะห์ในสภาวะที่ไม่มีการสั่นเท่านั้น เนื่องจากการสังเคราะห์อนุภาคนาโนในสภาวะที่มีการสั่น 50 Hz ส่งผลให้อนุภาคเกิดจากรวมตัวและตกตะกอนอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาทดสอบหาความเข้มข้นด้วยวิธีการดูดกลืนแสงได้ จากผลการทดสอบดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าในการสังเคราะห์เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณการดูดกลืนแสงของสารสังเคราะห์อนุภาคนาโนเพิ่มสูงขึ้นจาก 6 8 และ 10V ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโน ทำให้แสงเลเซอร์ที่ตกกระทบผิววัสดุมีความเข้มสูงขึ้น ดังนั้นจึงทำให้อนุภาคที่หลุดออกจากผิวชิ้นงานโลหะมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามผลของอนุภาคทองที่ศักย์ไฟฟ้า 10 V มีค่าต่ำกว่าที่ 8 V เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของ

อนุภาคนาโนในสารสังเคราะห์นั้น และช่วงของการดูดกลืนแสงของอนุภาคนาโนแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน โดยช่วงความยาวคลื่นของทอง เงิน และ ทองแดง อยู่ในช่วง 500 – 550 nm 400 – 450 nm และ 580 – 600 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสีของสารสังเคราะห์อนุภาคนาโนทอง เงิน และทองแดง ที่ความต่างศักย์ 6 8 และ 10 V

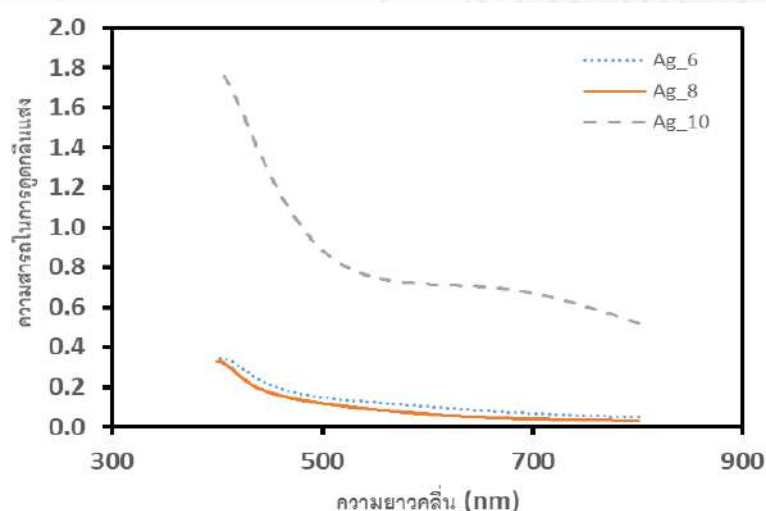
วัสดุ	สถานะในการสังเคราะห์	ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการสังเคราะห์ (V)		
		6	8	10
ทอง (Au)	ไม่มีการสั่น (Without sonication)			
	มีการสั่น (With sonication)			
เงิน (Ag)	ไม่มีการสั่น (Without sonication)			
	มีการสั่น (With sonication)			
ทองแดง (Cu)	ไม่มีการสั่น (Without sonication)			
	มีการสั่น (With sonication)			

3.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนในสารสังเคราะห์

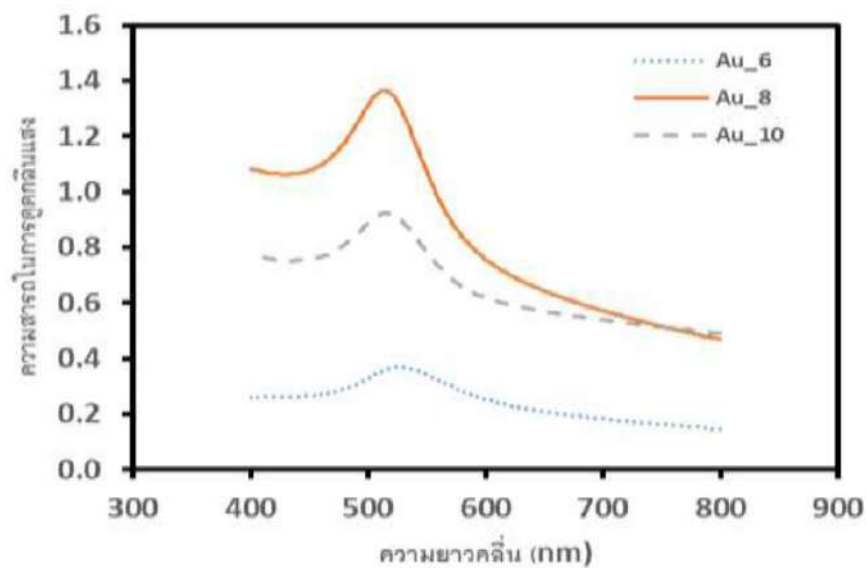
สารสังเคราะห์อนุภาคนาโนทอง เงิน และทองแดงถูกนำมาทดสอบหาความเข้มข้นของอนุภาคในสารสังเคราะห์ด้วยเครื่อง Ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis) โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงที่อนุภาคนาโนสามารถดูดกลืนได้ ซึ่งอนุภาคนาโนแต่ละชนิดจะมีช่วงของการดูดกลืนแสงที่ต่างกัน โดยทอง เงิน และ ทองแดง จะมีช่วงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 400 และ 600 nm ตามลำดับ [8] ความเข้มที่เกิดขึ้นแสดงถึงความเข้มข้นของอนุภาคที่อยู่ในสารสังเคราะห์นั้น จากการทดสอบแสดงผลได้ดังกราฟที่ 1 2 และ 3 และสามารถสรุปผลดังตารางที่ 2 โดยในการทดสอบนี้ได้ดำเนินการทดสอบตัวอย่างที่สังเคราะห์ในสภาวะที่ไม่มีการสั่นเท่านั้น เนื่องจากการสังเคราะห์อนุภาคนาโนในสภาวะที่มีการสั่น 50 Hz ส่งผลให้อนุภาคเกิดจากรวมตัวและตกตะกอนอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาทดสอบหาความเข้มข้นด้วยวิธีการดูดกลืนแสงได้ จากผลการทดสอบดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่อใช้ศักย์ไฟฟ้าในการสังเคราะห์เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณการดูดกลืนแสงของสารสังเคราะห์อนุภาคนาโนเพิ่มสูงขึ้นจาก 6 8 และ 10V ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโน ทำให้แสงเลเซอร์ที่ตกกระทบผิววัสดุมีความเข้มสูงขึ้น ดังนั้นจึงทำให้อนุภาคที่หลุดออกจากผิวชิ้นงานโลหะมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามผลของอนุภาคทองที่ศักย์ไฟฟ้า 10 V มีค่าต่ำกว่าที่ 8 V เนื่องจากเกิดการตกตะกอนของอนุภาคนาโนในสารสังเคราะห์นั้น และช่วงของการดูดกลืนแสงของอนุภาคนาโนแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน โดยช่วงความยาวคลื่นของทอง เงิน และ ทองแดง อยู่ในช่วง 500 – 550 nm 400 – 450 nm และ 580 – 600 nm ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การดูดกลืนแสงของอนุภาคนาโนสังเคราะห์ชนิดต่างๆ

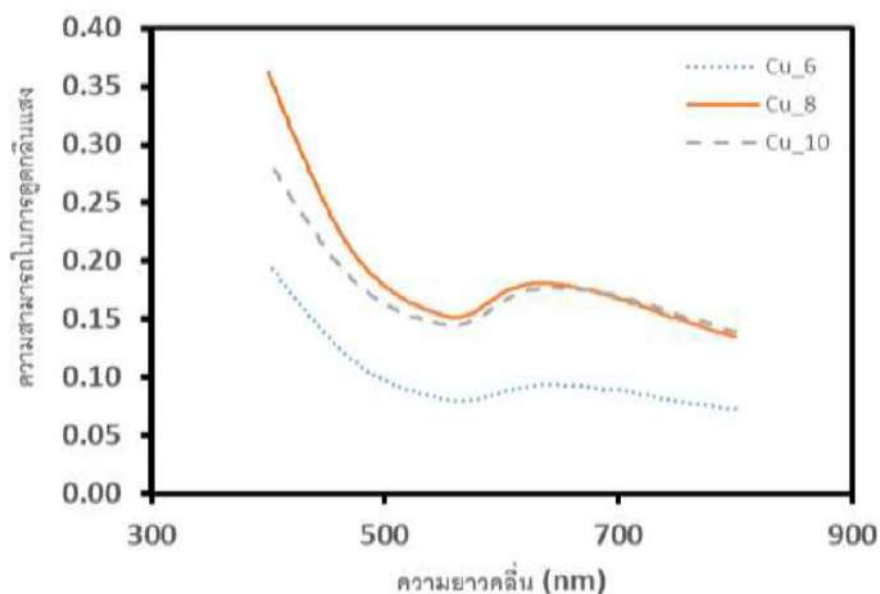
วัสดุ	ช่วงความยาวคลื่น การดูดกลืนแสง (nm)	การดูดกลืนแสง (A.u.)		
		ความต่างศักย์ 6 V	ความต่างศักย์ 8 V	ความต่างศักย์ 10 V
ทอง (Au)	500 – 550	0.40	1.40	0.95
เงิน (Ag)	400 - 450	0.30	0.30	1.80
ทองแดง (Cu)	580 - 650	0.10	0.18	0.18



กราฟที่ 1 การดูดกลืนแสงของสารอนุภาคนาโนทองสังเคราะห์



กราฟที่ 2 การดูดกลืนแสงของสารอนุภาคนาโนเงินสังเคราะห์



กราฟที่ 3 การดูดกลืนแสงของสารอนุภาคนาโนทองแดงสังเคราะห์

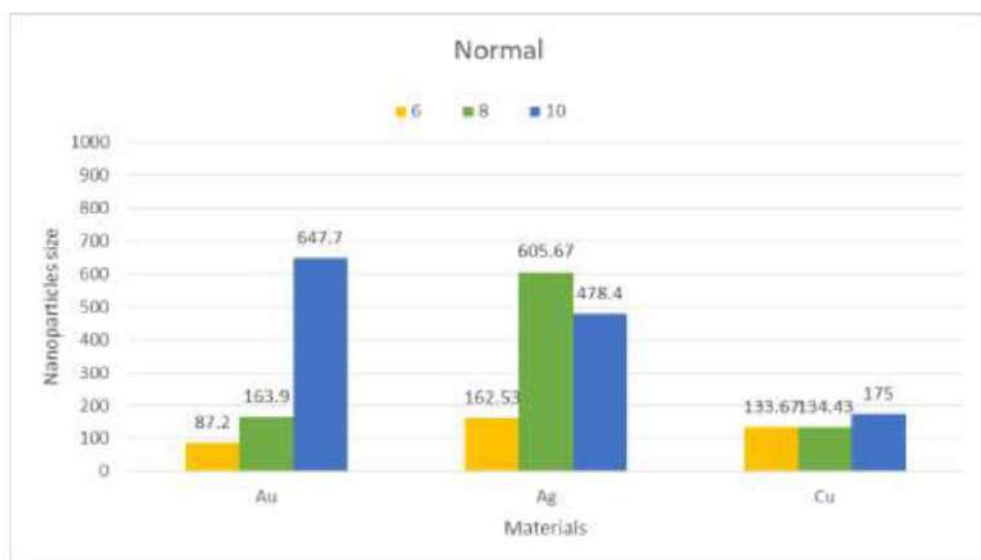
3.4 ขนาดของอนุภาคนาโนสังเคราะห์

ขนาดของอนุภาคนาโนสังเคราะห์ถูกวัดด้วยเครื่อง Particle size analyzer แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าการสังเคราะห์อนุภาคนาโนในสภาวะไม่มีการสั่นขนาดของอนุภาคนาโนมีขนาดเล็กกว่าการสังเคราะห์อนุภาคนาโนในสภาวะที่มีการสั่น เนื่องจากการสั่นส่งผลให้อนุภาคนาโนที่สังเคราะห์เกิดการรวมตัวกันจนเป็นอนุภาคนาโนขนาดใหญ่และตกตะกอนได้ง่าย [13] ซึ่งแสดงผลเช่นเดียวกันของวัสดุทั้ง 3 ชนิด เมื่อพิจารณาผลของศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการกำเนิดแสงเลเซอร์ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ขนาดของอนุภาคนาโนสังเคราะห์เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากการเพิ่มความเข้มของแสงเลเซอร์ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการเกิดอนุภาคนาโนมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น โอกาสในการจับตัวกันของอนุภาคนาโนที่เกิดขึ้นจึงมีสูงขึ้น ซึ่งพบในวัสดุทั้ง 3

ชนิด เมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุพบว่าที่ความต่างศักย์เดียวกัน วัสดุทอง ทองแดง และเงินมีขนาดแตกต่างกัน โดยที่ความต่างศักย์ 6V ส่งผลให้มีขนาดเล็กที่สุด โดยทอง ทองแดง และเงิน มีขนาดอยู่ที่ 87.20 162.53 และ 133.67 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ขนาดอนุภาคนาโนที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Particle size analyzer

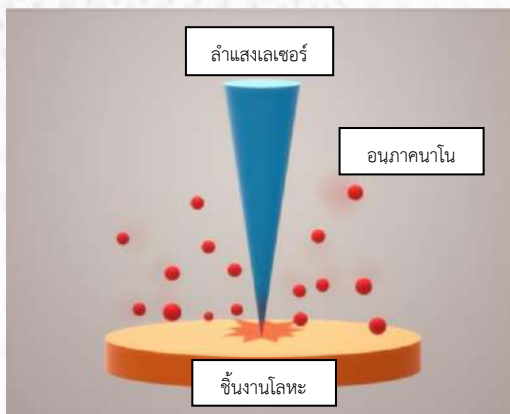
Materia Voltag	Au		Ag		Cu	
	Normal	Sonication	Normal	Sonication	Normal	Sonication
6	87.2	142.63	162.53	282.3	133.67	231
8	163.9	154.17	605.67	556.7	134.43	114.6
10	647.7	379.7	478.4	578.3	175	617.9



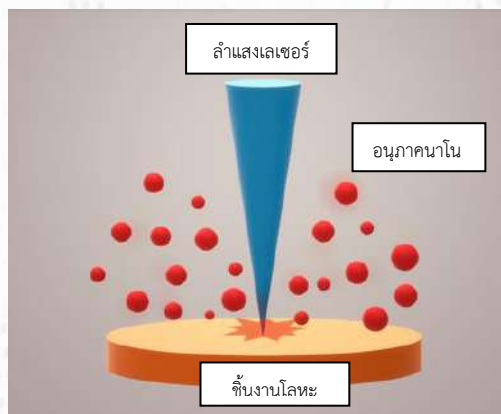
กราฟที่ 4 สภาวะที่ไม่มีการสั่น (nm)

3.5 แบบจำลองกลไกการเกิดอนุภาคนาโนที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์

กลไกการระเหยด้วยเลเซอร์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของโลหะและตัวกลางในสภาพแวดล้อม ดังนั้นการระเหยของโลหะจึงเป็นเรื่องซับซ้อน [14] [15] [16] การระเหยของโลหะเริ่มต้นด้วยการดูดซับพลังงานของลำแสงเลเซอร์ เมื่อลำแสงเลเซอร์ทำปฏิกิริยากับชิ้นงานโลหะ ความร้อนและโฟตอนอิเล็กทรอนิกส์จึงสามารถเกิดขึ้นได้ หลังจากนั้นอนุภาคนาโนโลหะจะถูกปล่อยออกมาจากแผ่นโลหะ เนื่องจากเฟสที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับพลังงานที่ดูดซับและพลาสมาที่เกิดการขยายตัว [14] ดังนั้นความเข้มข้นและการกระจายตัวของอนุภาคนาโนโลหะจึงขึ้นอยู่กับความเข้มของลำแสงเลเซอร์ [17] [18] ดังรูป 6 และ 7



รูปที่ 6 ที่ศักย์ไฟฟ้าต่ำ (10-100 nm)



รูปที่ 7 ที่ศักย์ไฟฟ้าสูง (100+ nm)

4. บทสรุป

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์อนุภาคโลหะนาโน (ทองคำ (Au), เงิน (Ag), และทองแดง (Cu)) ด้วยกระบวนการ laser ablation ในน้ำ จากผลการทดสอบขนาดของอนุภาคโลหะนาโน ที่สังเคราะห์ด้วยกระบวนการ laser ablation ในน้ำพบว่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการสังเคราะห์สัมพันธ์กับขนาดของอนุภาคโลหะนาโนที่ได้ คือการใช้ศักย์ไฟฟ้า 6V ในการสังเคราะห์จะทำให้ได้ขนาดของอนุภาคโลหะนาโนขนาดเล็กและการใช้ศักย์ไฟฟ้า 8V, 10V ก็จะได้ขนาดของอนุภาคโลหะนาโนใหญ่ตามไปด้วย เนื่องจากพลังงานของเลเซอร์มากขึ้น จึงทำให้โฟตอนต่อเวลามากขึ้น โอกาสการหลอมจึงมากขึ้นตามไปด้วย

ในการสังเคราะห์อนุภาคโลหะนาโนด้วยกระบวนการ laser ablation แบบปกติและแบบใช้เครื่อง sonication ขนาดของอนุภาคโลหะนาโนที่สังเคราะห์ได้นั้นมีความแตกต่างแบบไม่มีนัยสำคัญ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Nourbakhsh, S., Habibi, S. and Rahimzadeh, M. (2017). "Copper Nano-Particles for Antibacterial Properties of Wrinkle Resistant Cotton Fabric", Materials Today: Proceedings. 4, 7032-7037.
- [2] Ojha, N. K., Zyryanov, G.V., Majee, A., Charushin, V. N., Chupakhin, O.N. and Santra, S. (2017). "Copper Nanoparticles as Inexpensive and Efficient Catalyst: A Valuable Contribution in Organic Synthesis", Coordination Chemistry Reviews. 353, 1-57.
- [3] Son, Y., Jang, J., Kang, M. K., Ahn, S. and Lee, C.S. (2018). "Application of Flash-Light Sintering Method to Flexible Inkjet Printing using Anti-Oxidant Copper Nanoparticles", Thin Solid Films. 656, 61-67.
- [4] Tang, X., Yang, Z., Wang and W. (2010). "A Simple Way of Preparing High-Concentration and High-Purity Nano Copper Colloid for Conductive Ink in Inkjet Printing Technology", Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 360, 99-104.
- [5] สถาบันนวัตกรรมและพัฒนาระบบการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. ม.ป.ป. ความพิเศษของโลกนาโน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ <https://il.mahidol.ac.th/e-media/nano/Page/Unit2-5.html>. (วันสืบค้นข้อมูล: 15 พฤษภาคม 2563)

- [6] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2559). มาตรฐานนาโนซิลเวอร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ <https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/1851-silver-nano>. (วันสืบค้นข้อมูล: 16 พฤษภาคม 2563)
- [7] Nanosafety Information center of Thailand (NICT). ม.ป.ป. โลหะทองคำ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ <http://nict.sc.chula.ac.th/site/index.php/technology/risk/nanomaterial/gold/gold-metal>. (วันสืบค้นข้อมูล: 20 พฤษภาคม 2563)
- [8] วรณวิภา นามสุวรรณ และ ฤทธิ มีสัจย์, “การสังเคราะห์อนุภาคนาโนเมตรเพื่อตรวจวัดระดับครีเอตินีน”, การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 608-617, 2561
- [9] อัจฉราพร ศรีอ่อน, “Materials Characterization”, ห้องปฏิบัติการวัสดุทางการแพทย์ หน่วยวิจัยวิศวกรรมชีวการแพทย์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, หน้า 77-80, 2559 https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/299_77.pdf
- [10] MTEC. (2559). หลักการทำงานของเครื่องวัดขนาดอนุภาค (particle size analyzer). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://old.mtec.or.th/mcu/phcl/files/presentation/Technique_for_PC.pdf. (วันสืบค้นข้อมูล: 20 กุมภาพันธ์ 2563)
- [11] THAILAND SCIENTIFIC EQUIPMENT CENTER NETWORK (TSEN). (2560). Particle Size Analyzer. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://tsen.in.th/particle-size-analyser/>. (วันสืบค้นข้อมูล: 16 กุมภาพันธ์ 2563)
- [12] ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. (2557). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://science.skru.ac.th/knlMain.php?k_id=9. (วันสืบค้นข้อมูล: 19 พฤษภาคม 2563)
- [13] ปาลิดา พงศานนท์, “การสังเคราะห์อนุภาคนาโนทองคำโดยใช้ทางน้ำยางและการใช้ซ้ำสารตั้งต้นที่เหลือ”, วทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2561
- [14] Yang GW. Laser ablation in liquids: Applications in the synthesis of nanocrystals. *Progress in Materials Science*. 2007;52:648-698
- [15] Fabbro R, Fournier J, Ballard P, Devaux D, Virmont J. Physical study of laser-produced plasma in confined geometry. *Journal of Applied Physics*. 1990;68:775-784
- [16] Sakka T, Iwanaga S, Ogata YH, Matsunawa A, Takemoto T. Laser ablation at solid-liquid interfaces: An approach from optical emission spectra. *The Journal of Chemical Physics*. 2000;112:8645-8653
- [17] Sylvestre JP, Kabashin AV, Sacher E, Meunier M. Femtosecond laser ablation of gold in water: Influence of the laser-produced plasma on the nanoparticle size distribution. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*. 2005;80:753-758
- [18] Nichols WT, Sasaki T, Koshizaki N. Laser ablation of a platinum target in water. I. Ablation Mechanisms. *Journal of Applied Physics*. 2006;100:114911-114917

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากวัสดุเชิงประกอบพลาสติกชีวภาพและเส้นใยธรรมชาติที่ผ่านการปรับปรุงด้วยสารไซเลน

Development of Biodegradable Packaging from Bio-based Plastic/Silane Treated Natural Fiber Composites

สุพรรณษา นพวงศ์¹ อรรวรรณ มีใย¹ และ กัลทิมา เชาวชัยกุล^{1*}

¹สาขาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* Email: kantima.c@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากพอลิแลคติกแอซิดโดยใช้เส้นใยป่านศรนารายณ์ เนื่องจากเส้นใยป่านศรนารายณ์มีสมบัติทางกลที่ดี ย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ และราคาถูก ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ การเติมเส้นใยป่านศรนารายณ์ การปรับปรุงผิวด้วยสารอีพอกซีไซเลน และทิศทางการจัดเรียงตัวของเส้นใย และทำการประเมินผลจากการทดสอบสมบัติทางกล และการตรวจสอบทางสัณฐานวิทยา จากผลการทดลอง พบว่า การเติมเส้นใยป่านศรนารายณ์มีผลทำให้ค่ามอดูลัสแรงดึงและแรงดัด และค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่มีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด และค่าความต้านทานแรงกระแทกลดลง ส่วนการปรับปรุงผิวมีผลทำให้ค่ามอดูลัสของแรงดึงและแรงดัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น สารอีพอกซีไซเลนช่วยทำให้การยึดเกาะระหว่างเฟสที่ดี โดยการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างวงแหวนออกซิเรนของสารไซเลนและหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิแลคติกแอซิด ส่วนผลของทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใย พบว่า สมบัติการรับแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบที่มีการจัดเรียงตัวเส้นใยในทิศทาง 0 องศา มีค่าสูงกว่ากรณีทิศทาง 45 องศา

คำสำคัญ: พอลิแลคติกแอซิด เส้นใยธรรมชาติ การปรับปรุงผิว ทิศทางของเส้นใย สมบัติทางกล

Abstract

This work aimed to improve the mechanical properties of biodegradable packaging made from polylactic acid (PLA) by using sisal fiber. Because sisal fiber has good mechanical properties, biodegradable material and low cost. The variables studied were the addition of sisal fiber, surface treatment with epoxy silane and fiber direction. Their effects were investigated by mechanical testings and morphology analysis. The results showed that the addition of sisal fiber increased tensile and flexural moduli and ultimate tensile stress whereas elongation at break and impact strength tended to decrease. The surface treatment led to the increases in tensile and flexural moduli. Epoxy silane enhances good interfacial bonding by hydrogen bonding between the oxirane ring of silane and the hydroxyl group of PLA. The effect of fiber direction revealed that tensile properties of composite in fiber direction of 0° were higher than those of composite in fiber direction of 45°.

Keywords: Polylactic acid, natural fiber, surface treatment, fiber direction, mechanical properties

1. บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุประเภทหนึ่งที่มีความนิยมในการนำมาใช้งาน โดยพลาสติกที่ใช้ทั่วไปนั้นมีการย่อยสลายได้ยาก จึงทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันทั่วโลกจึงให้ความสนใจนำพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ (Biodegradable plastic) มาใช้งาน โดยในกลุ่มของพลาสติกที่ย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพที่ทางคณะวิจัยให้ความสนใจ คือ พอลิแลกติกแอซิด (PLA) เนื่องจาก PLA อยู่ในกลุ่มพลาสติกที่ย่อยสลายได้ที่ผลิตมาจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย และมีสมบัติทางกลที่ดี [1] แต่ยังมีข้อด้อยในเรื่อง ของความเหนียวต่ำ และมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับพลาสติกที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบัน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการนำพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้มาใช้งานในเชิงพาณิชย์มากขึ้น ทางคณะวิจัยจึงเกิดแนวคิดนำเส้นใยป่านศรนารายณ์ (Sisal fiber) มาเสริมแรงให้กับ PLA เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตและยังคงรักษาความแข็งแรงของ PLA เอาไว้ เส้นใยธรรมชาติที่ทางคณะวิจัยสนใจนำมาศึกษา คือ ป่านศรนารายณ์ ซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศ และมีสมบัติความแข็งแรงสูงมาใช้เป็นสารเสริมแรง แต่เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) ทำให้เข้ากันไม่ได้กับพอลิแลกติกแอซิด ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) [2] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงผิวเส้นใยธรรมชาติด้วยสารไฮเลขนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะระหว่างเฟสของพอลิเมอร์และเส้นใย และทำการศึกษาผลของการจัดเรียงตัวเส้นใยที่มีต่อพฤติกรรมการรับแรงเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม

งานวิจัยจึงเป็นการศึกษาผลของการเติมเส้นใยป่านศรนารายณ์ ผลของการปรับปรุงผิวของเส้นใยด้วยสารอีพอกซีไฮเลขน และผลของทิศทางการจัดเรียงตัวของเส้นใยที่มีต่อสมบัติทางกลของ PLA โดยประเมินจากการทดสอบแรงดึง แรงดัด และแรงกระแทก พร้อมทั้งตรวจสอบการยึดเกาะระหว่างเฟสด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วิธีการปรับปรุงผิวเส้นใยป่านศรนารายณ์ด้วยสารอีพอกซีไฮเลขน

การปรับปรุงผิวเส้นใยป่านศรนารายณ์เริ่มต้นจากการนำเส้นใยป่านศรนารายณ์จากสหกรณ์หุบกะพง จังหวัดเพชรบุรีมาอบไล่ความชื้น ด้วยตู้อบลมร้อนแบบมีพัดลม ที่อุณหภูมิ 80 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และทำการเตรียมสารละลายอีพอกซีไฮเลขนจากบริษัท Shin-Etsu Silicones (Thailand) Limited โดยมีชื่อทางการค้า คือ KBM403 และมีชื่อทางเคมี คือ 3-Glycidypropyl trimethoxysilane ที่ความเข้มข้น 0.5 %โดยน้ำหนักของสารละลาย โดยใช้น้ำกลั่น และมีการเติมกรดอะซิติกเพื่อทำหน้าที่ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 3 โดยมีการกวนสารละลายตลอดเวลาด้วยด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic stirrer) เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้น้ำกลั่นและสารไฮเลขนทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หลังจากนั้นนำเส้นใยป่านศรนารายณ์มาแช่ในสารละลายไฮเลขน โดยสัดส่วนของสารอีพอกซีไฮเลขน 1.0 %โดยน้ำหนักของเส้นใย และนำของผสมไปอบที่ อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการควบแน่นและการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเส้นใยและสารไฮเลขน จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านการอบมาล้างสารไฮเลขนส่วนเกินออกจากผิวเส้นใยธรรมชาติด้วยน้ำกลั่น และสุดท้ายอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

2.2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ PLA และเส้นใยป่านศรนารายณ์

2.2.1 การขึ้นรูปแผ่น PLA

นำเม็ดพลาสติก PLA เกรด 4043D จากบริษัท Nature Works LLC (USA) มาทำการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำเม็ด PLA มาทำการขึ้นรูปเป็นแผ่น PLA ดังรูปที่ 1 ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความดัน โดยใช้อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส ความดันที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป คือ 2,000 psi เวลาที่ใช้ในการอุ่นความร้อน (Pre-heat) 5 นาที และเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป 5 นาที

2.2.2 การขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ

นำแผ่น PLA จำนวน 2 แผ่น มาทำการประกบบนล่างกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่เตรียมไว้ในรูปที่ 2 และนำมาทำการอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ ดังรูปที่ 3 ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความดัน โดยใช้อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส ความดันที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป 1,200 psi เวลาที่ใช้ในการอุ่นความร้อน 12 นาที และเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป 12 นาที หลังจากนั้นนำแผ่นชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบมาทำการตัดเพื่อเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงดึง แรงดัด และแรงกระแทก มีลักษณะของชิ้นงานทดสอบเป็นดังรูปที่ 4



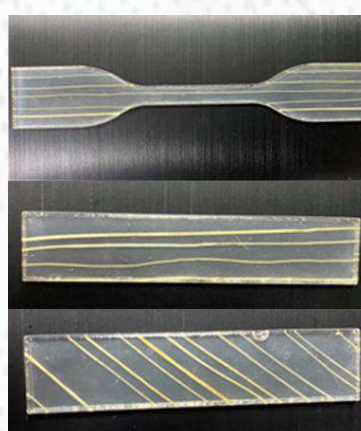
รูปที่ 1 แผ่น PLA



รูปที่ 2 การจัดเรียงเส้นใย



รูปที่ 3 ชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบ



รูปที่ 4 ลักษณะชิ้นงานทดสอบ

2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบสมบัติทางกล และสัณฐานวิทยา

2.3.1 การทดสอบสมบัติทางกล

- ทดสอบการรับแรงดึง โดยใช้เครื่อง Universal testing machine (UTM) โดยทำการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D638 [4] ชิ้นงานทดสอบมีรูปทรงดัมเบล แบบ Type IV ระยะความยาวเกจ 25 มิลลิเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่หัวจับยึดชิ้นงาน 5 มิลลิเมตร/นาทีก ในการทดสอบความต้านทานแรงดึงในแต่ละสูตรใช้ชิ้นงานทดสอบ จำนวนทั้งหมด 7 ชิ้นงานทดสอบ

- ทดสอบการรับแรงดัด โดยใช้เครื่อง Universal testing machine (UTM) โดยทำการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D790 (1999) [5] ระยะฐานรองรับ 40 มิลลิเมตร ความเร็วในการกดชิ้นงาน 3 มิลลิเมตร/นาทีก จำนวนชิ้นงานทดสอบแต่ละสูตร คือ 7 ชิ้นงานทดสอบ

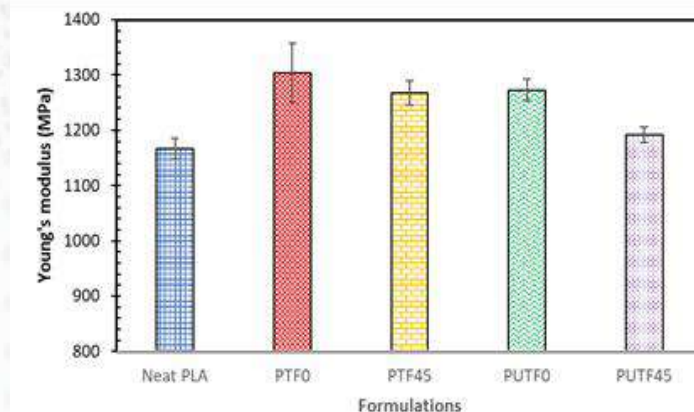
- ทดสอบการรับแรงกระแทก โดยใช้เครื่องมือทดสอบแรงกระแทกของบริษัท Gotech Testing Machines รุ่น GT7045-HML ทำการทดสอบความต้านทานแรงกระแทกด้วยวิธีการทดสอบ แบบ Izod อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D256 [6] จำนวนชิ้นงานทดสอบแต่ละสูตร คือ 7 ชิ้นงานทดสอบ

2.3.2 การตรวจสอบทางสัณฐานวิทยา

การตรวจสอบทางสัณฐานวิทยาเป็นการตรวจสอบการยึดเกาะระหว่างเฟสของ PLA และเส้นใยป่าน ทรนารายณ์ ทำการวิเคราะห์จากรอยแตกหักของชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการทดสอบแรงกระแทก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) มีความต่างศักย์ 15 kv ณ กำลังขยาย 100 เท่า

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดสอบแรงดึง

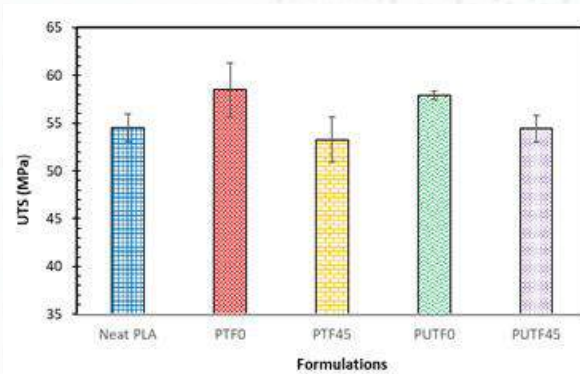


รูปที่ 5 ผลของการปรับปรุงผิวเส้นใย และทิศทางการจัดเรียงตัวของเส้นใยที่มีต่อค่ามอดุลัสของยังของวัสดุเชิงประกอบพอลิแล็กติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์

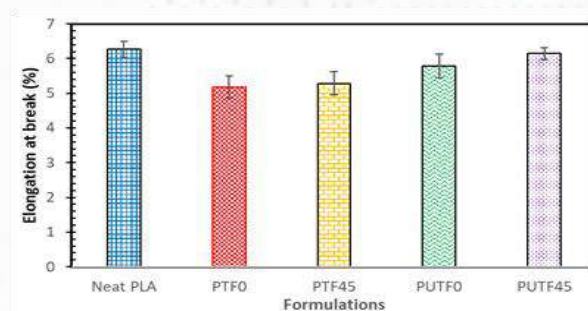
รูปที่ 5 แสดงผลของการเติมเส้นใยป่านศรนารายณ์ การปรับปรุงผิวเส้นใยด้วยสารอีพอกซีไซเลน และทิศทางการจัดเรียงตัวของเส้นใยที่ 0 และ 45 องศา ที่มีต่อค่ามอดุลัสของยังของวัสดุเชิงประกอบพอลิแล็กติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์ โดยที่ PTF0 และ PTF45 คือ วัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว และมีจัดเรียงตัวในทิศทาง 0 และ 45 องศา ตามลำดับ และ PUTF0 และ PUTF45 คือ วัสดุเชิงประกอบพอลิที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว จัดเรียงตัวในทิศทาง 0 และ 45 องศา ตามลำดับ จากกราฟ พบว่า การเติมเส้นใยป่านศรนารายณ์มีแนวโน้มทำให้ค่ามอดุลัสของยังมีค่าสูงขึ้นกว่ากรณีที่ไม่เติมเส้นใย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่ามอดุลัสของเส้นใยมีค่าสูงกว่าพอลิแล็กติกแอซิด [2] จึงมีผลทำให้วัสดุมีความคงรูปเพิ่มมากขึ้น สำหรับผลของการปรับปรุงผิวเส้นใยด้วยสารไซเลน พบว่า การปรับปรุงผิวเส้นใยมีส่วนช่วยให้ค่ามอดุลัสมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยสามารถสังเกตเห็นผลได้ชัดเจนในกรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยที่ 45 องศา ทั้งนี้เพราะสารอีพอกซีไซเลนเป็นสารคู่ควบจึงทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดและเส้นใยธรรมชาติ โดยวงแหวนออกซิเรน (Oxirane ring) ในสารอีพอกซีไซเลนสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิแล็กติกแอซิด [3] สำหรับการปรับปรุงผิวสามารถสังเกตเห็นผลได้ชัดเจนในกรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยที่ 45 องศา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดเรียงตัวเส้นใยในทิศทาง 45 องศา ผลของการยึดเกาะระหว่างเฟสที่ไม่แข็งแรงจะมีผลค่อนข้างมากกว่ากรณี 0 องศา เนื่องจากทิศทางของแรงกระทำจะกระทำกับรอยต่อระหว่างเฟสในทิศทางตั้งฉาก จึงทำให้แรงกระทำมีประสิทธิภาพในการแยกเฟสของพอลิเมอร์และเส้นใยได้มากกว่ากรณี 0 องศา สำหรับผลของทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใย พบว่า การจัดเรียงตัวเส้นใยในทิศทาง 0 องศา มีค่ามอดุลัสสูงกว่ากรณี 45 องศา โดยสังเกตเห็นผลได้ชัดเจนในกรณีเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว เพราะการจัดเรียงตัวของเส้นใยที่ 0 องศา มีทิศทางขนานกับทิศทางของแรง จึงส่งผลทำให้เส้นใยรับแรงได้เต็มประสิทธิภาพมากกว่ากรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยที่ 45 องศา

จากรูปที่ 6 ซึ่งแสดงผลของค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของพอลิแล็กติก และวัสดุเชิงประกอบพอลิแล็กติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์ พบว่า การเติมเส้นใยมีส่วนช่วยในการปรับปรุงค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด เฉพาะกรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยที่ 0 องศา เท่านั้น สำหรับผลของการปรับปรุงผิวเส้นใยป่านศรนารายณ์ด้วยสารอีพอกซีไซเลน พบว่า ไม่สามารถสังเกตเห็นผลของการปรับปรุงผิวที่มีต่อค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดได้อย่างชัดเจนมากนัก และในส่วนผลของทิศทางการจัดเรียงของเส้นใย พบว่า กรณีการจัดเรียงเส้นใยในทิศทาง 0 องศา ทั้งกรณีเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวและไม่ผ่านการปรับปรุงผิวมีส่วนช่วยให้วัสดุเชิงประกอบมีความต้านทานแรงดึงสูงสุดสูงกว่ากรณีพอลิแล็กติกแอซิด

สำหรับรูปที่ 7 แสดงผลของเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด ของพอลิแล็กติก และวัสดุเชิงประกอบ พบว่า พอลิแล็กติกแอซิดมีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดสูงกว่ากรณีวัสดุเชิงประกอบ เพราะการเติมเส้นใยเข้าไปในพอลิแล็กติกแอซิดมีผลทำให้วัสดุมีความคงรูปร่างเพิ่มมากขึ้น วัสดุเชิงประกอบที่มีค่าการคงรูปที่สูงจะส่งผลทำให้การยืดตัวเกิดได้ยากมากขึ้น ส่วนผลของการปรับปรุงผิวเส้นใย พบว่า การปรับปรุงผิวเส้นใยมีผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดของกรณีวัสดุเชิงประกอบที่เส้นใยผ่านการปรับปรุงผิวมีค่าต่ำกว่ากรณีเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการยึดเกาะระหว่างเฟสของเมทริกซ์และเส้นใยเกิดการยึดเกาะได้ดีขึ้น จึงมีผลทำให้การยืดตัวของวัสดุเมื่อได้รับแรงกระทำเกิดได้ยากขึ้น ส่วนผลของทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยไม่สามารถสังเกตเห็นผลของทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด

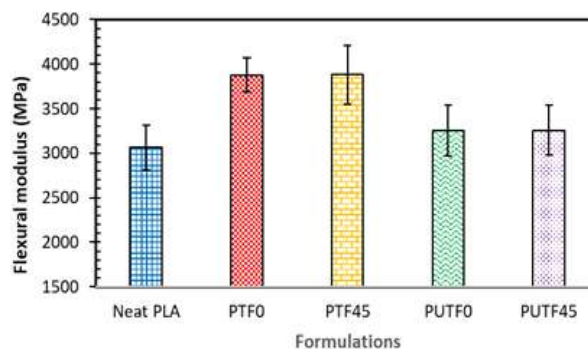


รูปที่ 6 กราฟแสดงผลของความต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุเชิงประกอบพอลิแล็กติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปที่เป็นผลมาจากการปรับปรุงผิวเส้นใย และทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใย

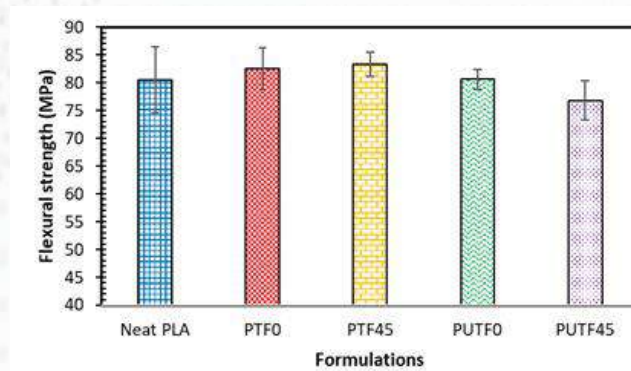


รูปที่ 7 กราฟแสดงผลของการเสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์ การปรับปรุงผิวเส้นใย และทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดของวัสดุเชิงประกอบ

3.2 ผลการทดสอบแรงดัด



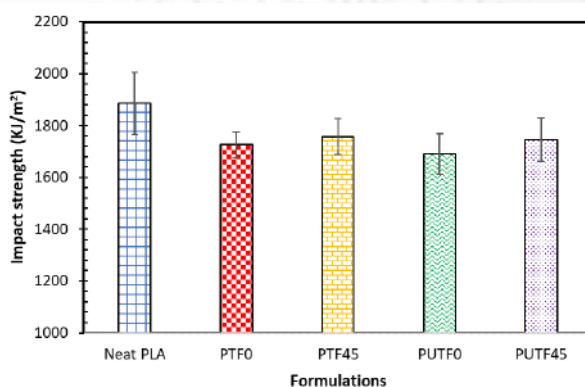
รูปที่ 8 ผลของการเติมเส้นใย การปรับปรุงผิวเส้นใย และทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยที่มีผลต่อค่ามอดุลัสแรงดัดของวัสดุเชิงประกอบพอลิแล็กติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์



รูปที่ 9 ผลของการเติมเส้นใย การปรับปรุงผิวเส้นใย และทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยที่มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดัดของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดที่เสริมแรงด้วยเส้นใยป่านครนารายณ์

จากรูปที่ 8 พบว่า ค่ามอดุลัสแรงดัดมีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่ามอดุลัสของยัง คือ การเติมเส้นใยมีส่วนช่วยทำให้ค่ามอดุลัสแรงดัดเพิ่มสูงขึ้น โดยสามารถเห็นผลได้ชัดเจนในกรณีเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิว ทั้งนี้เพราะการยึดเกาะระหว่างเฟสที่ดี จึงมีส่วนช่วยให้การส่งผ่านแรงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนผลของทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยไม่สามารถสังเกตเห็นผลที่มีต่อค่ามอดุลัสแรงดัด สำหรับผลของค่าความต้านทานแรงดัด ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่า ผลของการเติมเส้นใยไม่ได้มีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดของวัสดุเชิงประกอบแตกต่างจากพอลิแลกติกแอซิดมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเส้นใยมีทิศทางการจัดเรียงตัวที่ไม่ขนานกับแรงที่มากระทำ จึงส่งผลทำให้การส่งผ่านไปยังเส้นใยไม่มีประสิทธิภาพเท่ากับกรณีการทดสอบแรงดึง ประกอบกับปริมาณเส้นใยในวัสดุเชิงประกอบมีปริมาณเพียง 0.342 %โดยน้ำหนัก ส่วนผลของการปรับปรุงผิวเส้นใย พบว่า การปรับปรุงผิวเส้นใยด้วยมีส่วนช่วยในการปรับปรุงค่าความต้านทานแรงดัด โดยสังเกตเห็นผลได้ชัดเจนในกรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยทิศทาง 45 องศา สำหรับผลของทิศทางการจัดเรียงตัวสามารถสังเกตเห็นผลได้เฉพาะกรณี เส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว โดยพบว่าการจัดเรียงตัวของเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวทิศทาง 0 องศา มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่ากรณีเส้นใยที่จัดเรียงตัวในทิศทาง 45 เล็กน้อย

3.3 การทดสอบแรงกระแทก



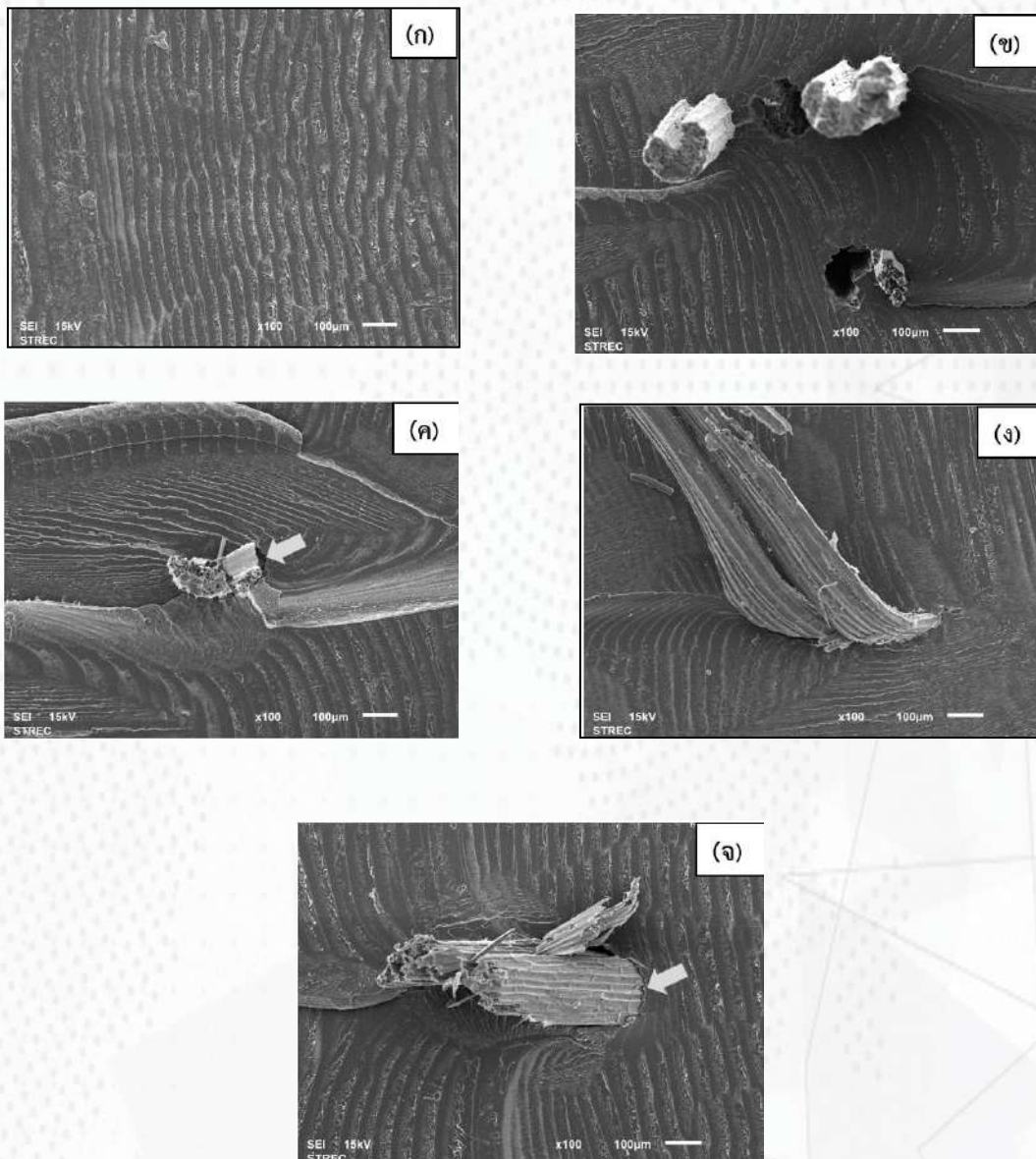
รูปที่ 10 ค่าความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบที่ผ่านการปรับปรุงผิวและไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารอีพอกซีไซเลนที่มีทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยที่ 0 และ 45 องศา

รูปที่ 10 แสดงค่าความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุเชิงประกอบ พบว่า การเติมเส้นใยมีผลทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกของพอลิแลกติกแอซิดมีค่าต่ำลงในทุกกรณี ทั้งนี้เป็นเพราะการเติมเส้นใยลงในพอลิเมอร์มีผลทำให้วัสดุมีความคงรูปเพิ่มมากขึ้น ความยืดหยุ่นลดลงส่งผลทำให้การดูดซับแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลง ผลที่ได้นี้มีความสอดคล้องกับผลของค่า

มอดูลัสของยัง และค่ามอดูลัสแรงดัด ผลของการปรับปรุงผิวเส้นใย พบว่า ค่าความต้านทานแรงกระทำของกรณีวัสดุเชิงประกอบที่เติมเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิว และไม่ปรับปรุงผิวมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ส่วนผลทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใย พบว่า ค่าความต้านทานแรงกระทำของกรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยที่ 45 องศา มีค่ามากกว่ากรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยที่ 0 องศา เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากทิศทางการจัดเรียงตัวเส้นใยในทิศทาง 45 องศา สามารถส่งผลแรงกระทำไปยังเส้นใยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยไปในทิศทาง 0 องศา

3.4 สันฐานวิทยา

รูปที่ 11 แสดงรอยแตกหักของชิ้นงานพอลิแล็กติกแอซิด และวัสดุเชิงประกอบที่ผ่านการทดสอบแรงกระทำ จากการสังเกตลักษณะพื้นผิวรอยแตกหักมีพฤติกรรมการแตกหักแบบเปราะทั้งกรณีพอลิแล็กติกแอซิด และวัสดุเชิงประกอบ เนื่องจากมีลักษณะพื้นผิวรอยแตกหักที่ค่อนข้างเรียบ และเมื่อพิจารณาผลของการปรับปรุงผิวเส้นใยด้วยสารอีพอกซีไซเลน พบว่า กรณีเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารอีพอกซีไซเลน ดังรูปที่ 11(ข) และ 11(ง) แสดงการยึดเกาะระหว่างเฟสที่ดี ในขณะที่รูปที่ 11(ค) และ 11(จ) แสดงการยึดเกาะระหว่างเฟสของกรณีเส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว พบว่า มีช่องว่างเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างเฟส ซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงระหว่างเฟสที่อ่อนแอ



รูปที่ 11 ภาพทางสัณฐานวิทยาของบริเวณรอยแตกของชิ้นงานพอลิแล็กติกแอซิดและวัสดุเชิงประกอบที่ผ่านการทดสอบแรงกระทำด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

- (ก) พอลิแลกติกแอซิด
- (ข) และ (ค) วัสดุเชิงประกอบที่มีเส้นใยจัดเรียงตัวทิศทาง 0 องศา สำหรับกรณีเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิว และไม่ผ่านการปรับปรุงผิว ตามลำดับ
- (ง) และ (จ) วัสดุเชิงประกอบที่มีเส้นใยจัดเรียงตัวทิศทาง 45 องศา สำหรับกรณีเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิว และไม่ผ่านการปรับปรุงผิว ตามลำดับ

4. บทสรุป

จากผลงานวิจัย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- การเติมเส้นใยป่านครนารายณ์มีผลทำให้ความคงรูป และความแข็งแรงของพอลิแลกติกแอซิดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่มีผลทำให้ความทนแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลง
- การปรับปรุงผิวเส้นใยด้วยสารอีพอกซีไซเลนมีส่วนช่วยเพิ่มความแข็งแรงระหว่างเฟสของพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยป่านครนารายณ์ โดยพิจารณาจากค่ามอดูลัสที่เพิ่มสูงขึ้น และภาพสัณฐานวิทยาที่บริเวณรอยต่อระหว่างเฟสที่มีการยึดเกาะที่ดีขึ้นระหว่างเมทริกซ์และเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิว วงแหวนออกซิเจนของสารอีพอกซีไซเลนสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิแลกติกแอซิด
- การจัดเรียงตัวของเส้นใย พบว่า ผลของทิศทางเส้นใยมีผลอย่างมากต่อการรับแรงดึง โดยการจัดเรียงตัวเส้นใยทิศทาง 0 องศา มีผลทำให้วัสดุเชิงประกอบสามารถทนต่อแรงดึงได้สูงกว่ากรณีการจัดเรียงตัวเส้นใยในทิศทาง 45 องศา
- เนื่องปริมาณเส้นใยป่านครนารายณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ยังไม่สูงนักมีเพียง 0.342 %โดยน้ำหนัก จึงทำให้ค่าการทดสอบทางกลมีค่าน้อยกว่าวัสดุคอมโพสิตที่มีปริมาณเส้นใยป่านครนารายณ์ในปริมาณมาก [2]

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (2561). รายละเอียดข้อมูลพลาสติกชีวภาพประเภทพอลิแลกติกแอซิด [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://asp.plastics.or.th:8001/files/article_file/20180624235102u.pdf
- [2] ปราณี ชุมสำโรง, และนิธินาถ ศุภกาญจน์, “การศึกษาการใช้เส้นใยป่านครนารายณ์เสริมแรงอีพอกซีเรซินที่ปรับปรุงด้วยยางธรรมชาติ,” รายงานการวิจัย สาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2556.
- [3] ศิริณา ฉลอม, “การศึกษาผลของการกราฟต์ไกลซิดิล เมธาโครเลตลงบนโมเลกุลของยาง ที่มีต่อ คุณสมบัติการผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและยางธรรมชาติ,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม, 2559.
- [4] ASTM D638, 2014, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics
- [5] ASTM D790, 1999, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials
- [6] ASTM D256, Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics

การเปรียบเทียบความสามารถการดูดซับพลังงานจากวัสดุ PZT จากการจำลองการทำงานเครื่องจักร The Comparison of Energy Absorption Capability from PZT For Machine Vibration Analysis

อัญธร เพชรทวีรัตน์¹ และ จุฑามาส กลีบพึง^{1*}

¹ สาขาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

* Email: Ms.Jutamas.89@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำและทดสอบความสามารถในการดูดซับพลังงานจากการสั่นสะเทือน ผลลัพธ์ที่ได้มาจากการจำลองสถานะการทำงานของเครื่องจักรขนาดเล็ก เพื่อให้ได้แรงกลจากการสั่นของเครื่องจักรโดยใช้ วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (พีแซดที) พบว่าความหนาของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่นำมาใช้ของแต่ละเงื่อนไขส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน มีตัวแปรที่สนใจของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกันที่ขนาด 27 และ 35 มิลลิเมตร ผลจากการทดลองพบว่าค่า การขจัดไดอิเล็กทริกแปรผันตรงกับแรงที่ใช้แต่แปรผกผันกับขนาดของพื้นที่หน้าตัดของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก นอกจากนี้ความสามารถดูดซับพลังงานในช่วงเวลาหนึ่งวินาทีมีค่าเป็น 4.51 โวลต์ และได้พลังงานสูงสุดที่ประมาณ 7.4×10^{-8} จูล

คำสำคัญ: การดูดซับพลังงาน วัสดุเพียโซอิเล็กทริก, ไดอิเล็กทริก

Abstract

The purpose of the research is to devise and implement for testing the ability to absorb energy from vibration. The results are obtained from simulating the operating status of small machines. In order to get the mechanical force from the vibrating of the machine by using piezoelectric materials (PZT) It was found that the size of the piezoelectric materials used in each condition affected the energy absorption. There are variables interested in different diameters at 27 and 35 millimeters. The result shows that the dielectric displacement is directly proportional to the force used but is inversely proportional to the size of the cross-sectional area of the piezoelectric material. In addition, the ability to absorb energy in one second is 4.51 volts and has a maximum energy of 7.4×10^{-8} joules.

Keywords: Absorb Energy, Piezoelectric Materials, Dielectric

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการพัฒนาของอุตสาหกรรมภายในประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามแผนพัฒนาไทยแลนด์ 4.0 จึงทำให้มีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วและยังช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยให้มีการส่งออกที่สูงขึ้นทำให้ภาพรวมของเศรษฐกิจดีขึ้นจากเดิมและในส่วนของการใช้งานเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมนั้นก็ยังเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อกำไรในการผลิตส่วนหนึ่งเนื่องจากการใช้งานเครื่องจักรนั้นมักจะมีการใช้งานที่หนักหน่วงและยังต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อน

เครื่องจักรกลซึ่งโดยส่วนใหญ่การทำงานของเครื่องจักรนั้นในขณะที่เครื่องจักรทำงานมักจะมีแรงทางกลหรือการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

ในปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นน้ำมันดิบก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลัก ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศเพื่อนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และในปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้พลังงานที่มากขึ้นจึงทำให้มีงานวิจัยต่าง ๆ ที่พยายามคิดค้นหาวิธีการเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อจะหาแหล่งพลังงานทดแทนหรือมาตรการประหยัดพลังงานให้แก่ประเทศ ซึ่งรูปแบบของพลังงานทดแทนในปัจจุบันมีมากมาย เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานเคมีจากไฮโดรเจน พลังงานไบโอดีเซล ฯลฯ ซึ่งการเก็บเกี่ยวพลังงาน (energy harvesting) จากพลังงานที่สูญเสียไปเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยประหยัดพลังงานและลดการนำเข้าพลังงานได้ อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่มีความน่าสนใจคือการเก็บเกี่ยวพลังงานกล ซึ่งพลังงานกลที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมีมากมายตลอดเวลาและไม่หมดอย่างแน่นอน เช่น ในยุคปัจจุบันเป็นยุคของอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมักจะเกิดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรตลอดระยะเวลาการทำงานในการผลิต

พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการอาศัยแรงทางกลจากการสั่นสะเทือนจากปรากฏการณ์เพียโซและอิเล็กโตรสตริกทิฟ (Piezoelectric and \ Electro strictive Effects) วัสดุทุกตัวจะเกิดความเปลี่ยนแปลงขนาดเล็กน้อยเมื่ออยู่ภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้า ถ้าความเครียด (strain) ที่เกิดขึ้นเป็นส่วนโดยตรงกับสนามไฟฟ้ากำลังสอง เราเรียกว่าปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์อิเล็กโตรสตริกทิฟ (electro strictive Effects) ในขณะที่วัสดุบางตัวจะแสดงปรากฏการณ์ในทางตรงข้ามกล่าวคือมีการเกิดโพลาไรเซชันทางไฟฟ้า (electrical polarization) ขึ้น เมื่อเกิดความเครียดในวัสดุเนื่องจากความเค้น (stress) ที่ให้เข้าไป ปรากฏการณ์ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric effects)

ปรากฏการณ์อิเล็กโตรสตริกทิฟสามารถแสดงได้ด้วยความสัมพันธ์

$$X = ME^2 \quad (1)$$

โดยที่ M เป็นค่าสัมประสิทธิ์อิเล็กโตรสตริกทิฟ หรือถ้าแสดงในเทอมของการ กระจัดทางไดอิเล็กทริก D ก็จะได้ว่า

$$X = QD^2 \quad (2)$$

เมื่อ Q เป็นค่าสัมประสิทธิ์อิเล็กโตรสตริกทิฟอีกตัวหนึ่ง

ประจุและพลังงานประจุทั้งหมด (สัญลักษณ์ Q) ที่เก็บในตัวเก็บในตัวเก็บประจุ

$$Q = C \times V \quad (3)$$

Q= ประจุหน่วยเป็นหน่วยคูลอมป์ (c)

C=ค่าความสามารถเก็บประจุหน่วยฟารัด (F)

V=แรงดันหน่วยโวลต์ (V) ประจุและพลังงาน

$$E = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 \quad (4)$$

E = พลังงานหน่วยเป็นจูล (J)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าได้จากการอาศัยแรงทางกลจากการทำงานของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งวัสดุชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายพลังงานของตัวเอง สำหรับใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าพลังงานไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้สามารถนำไปบรรจุในตัวเก็บประจุหรือแบตเตอรี่ก็ได้ และสามารถนำไปชาร์จอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีกำลังไฟฟ้าที่ไม่สูงหรืออุปกรณ์รับรู้ในการตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าที่ผิดปกติจากเดิม ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนที่เกิดความเสียหายภายในเครื่องจักรเพื่อลดต้นทุนของการซ่อมบำรุงก่อนการเกิดความเสียหาย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกในการทดสอบและเปรียบเทียบเงื่อนไขของชิ้นงานทดสอบ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาหาตัวแปรที่ส่งผลต่อลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเมื่อเกิดการสั่นสะเทือน
- 1.2.3 เพื่อสร้างอุปกรณ์ในการตรวจจับพลังงานไฟฟ้า จากการสั่นสะเทือนโดยนำวัสดุเพียโซอิเล็กทริกติดตั้งในหัวตรวจสอบต้นแบบ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 วัสดุที่ใช้ในการตรวจจับการสั่นสะเทือน คือ วัสดุเพียโซอิเล็กทริก
- 1.3.2 ออกแบบหัวตรวจสอบที่เหมาะสมในการติดตั้งของแผ่นเซ็นเซอร์เพียโซอิเล็กทริก
- 1.3.3 จำลองสถานการณ์การสั่นสะเทือน
- 1.3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่เกี่ยวข้องกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ที่แตกต่างกัน
- 1.3.5 ควบคุมเซนเซอร์ด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Uno R3)

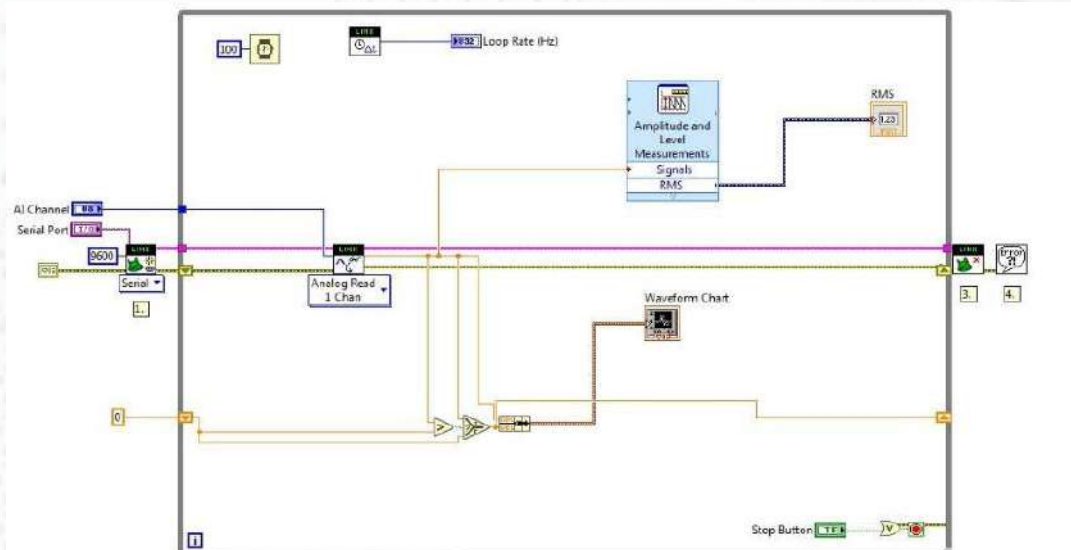
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถสร้างรูปแบบการตรวจจับสัญญาณการสั่นสะเทือน
- 1.4.2 เป็นการนำความรู้ทางด้านวัสดุศาสตร์มาประยุกต์ใช้งานจริง
- 1.4.3 เผยแพร่ผลงานทางวิชาการและองค์ความรู้
- 1.4.4 การนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนเขียนโค้ดคำสั่งในโปรแกรม LabVIEW 2017

ขั้นตอนการออกแบบการเขียนคำสั่งในรูปแบบของไอคอนที่เป็นรูปภาพหรือเป็น subvi. โดยเชื่อมต่อกันผ่าน wire เพื่อการเชื่อมต่อของสัญญาณคำสั่งที่เข้ามาทาง analog input ไปยัง subvi. ต่าง ๆ ในที่นี้การออกแบบของโค้ดมีการออกแบบในการรับสัญญาณแบบ analog โดยมีการเลือกช่องสัญญาณที่เข้าได้เช่นในการทดลองครั้งนี้ผู้ศึกษาวิจัยตั้งค่าให้สัญญาณรับค่าอินพุตที่ A0 และทำการแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบของ Half-Wave Rectifiers ในแต่ละช่วงเวลาในโดเมนของเวลาที่เท่าๆกันและมีการออกแบบให้บอกถึงแรงดันสูงสุดหรือค่าแอมพลิจูดที่สูงที่สุดของสัญญาณนั้นๆ จากนั้นผู้วิจัยได้ตั้งค่าให้สามารถเก็บหรือบันทึกข้อมูลของสัญญาณในช่วงเวลาต่างๆ และสามารถนำสัญญาณออกมาวิเคราะห์ลักษณะของคลื่นที่แตกต่างกันได้

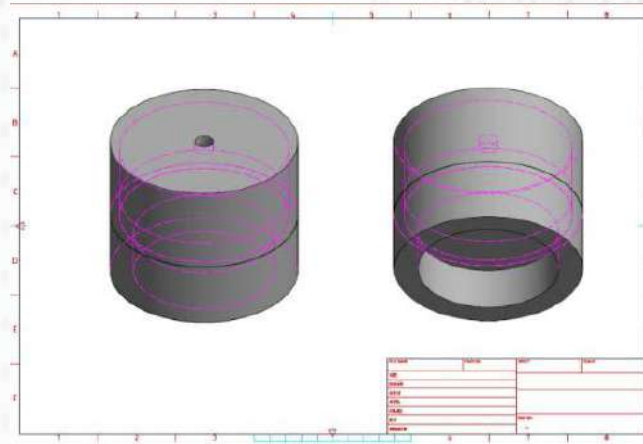


2.2 ขั้นตอนการออกแบบหัวตรวจจับต้นแบบด้วยโปรแกรม Autodesk inventor 2016

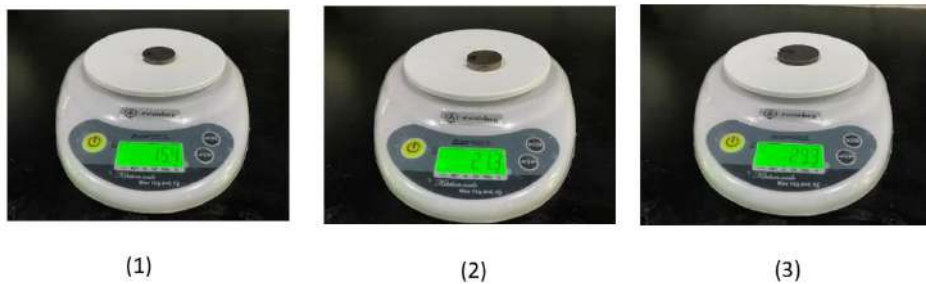
ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการออกแบบหัวตรวจจับต้นแบบที่จะนำไปติดตั้งแผ่นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 27 และ 35 มิลลิเมตร และทำการออกแบบให้น้ำหนักรวมของหัวตรวจสอบมีตัวแปรของน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดเพื่อทำการเปรียบเทียบ

2.3 ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักตัวแปรของตม้น้ำหนักแต่ละขนาด

ขั้นตอนการตรวจสอบตัวแปรที่สนใจในส่วนของน้ำหนักของตม้น้ำหนักของขนาดที่ใช้กับเซนเซอร์ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรของน้ำหนักที่ใช้คือที่น้ำหนักทั้งหมด 3 ค่าคือที่ขนาดน้ำหนัก 15 กรัม, 21 กรัมและ 29 กรัม โดยมีน้ำหนักของตม้น้ำหนักของตม้น้ำหนักทั้งสองขนาดจะต้องมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน



รูปภาพที่ 2.2 หัวตรวจจับการสั่นสะเทือนขนาดสำหรับ PZT แบบประกอบระหว่างฝาครอบนอกและฐาน



รูปภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักตัวแปรของตม้น้ำหนักสำหรับ PZT ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 27 มิลลิเมตร
(ก) ตม้น้ำหนักที่ 1 15.4 กรัม (ข) ตม้น้ำหนักที่ 2 21.3 กรัม (ค) ตม้น้ำหนักที่ 3 29.4 กรัม

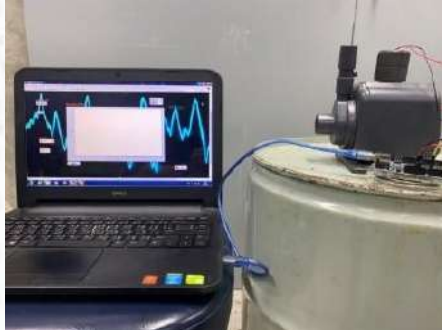
2.4 ขั้นตอนการจำลองการทดสอบการสั่นสะเทือน

ขั้นตอนการจำลองการสั่นสะเทือนโดยจะนำมอเตอร์ขนาดกำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณของการสั่นสะเทือนและติดตั้งไว้บนถังเหล็กขนาดความจุที่ 50 ลิตร โดยจะมีการจำลองความผิดปกติของมอเตอร์โดยการนำชิ้นส่วนที่เสียหายของแกนไปติดตั้งกับมอเตอร์และเปรียบเทียบกับใบพัดที่ไม่เกิดความเสียหายเพื่อที่จะใช้วัสดุเพื่อใช้เล็กทรอนิกส์ในการจับความผิดปกติของสัญญาณที่ได้จากการสั่นที่ผิดปกติไปจากเดิม



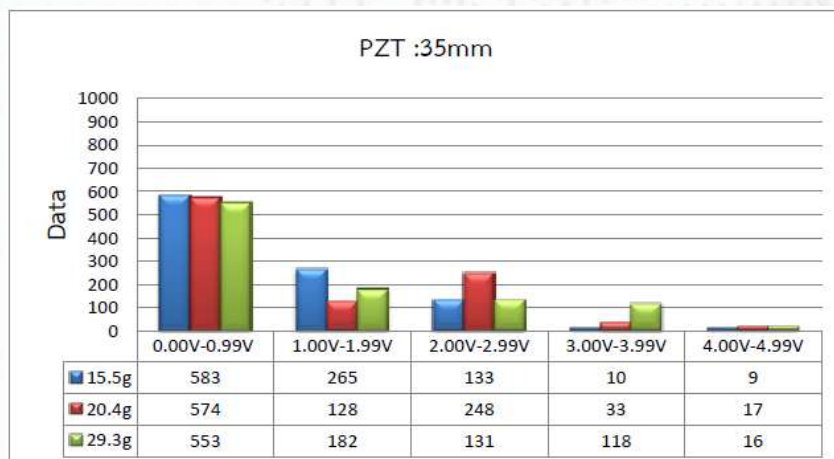
รูปภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการสร้างการจำลองการสั่นสะเทือน

2.5 ขั้นตอนการติดตั้งชุดหัวตรวจจับต้นแบบเข้ากับชุดจำลองการสั่นสะเทือน ขั้นตอนนี้ได้นำเอาหัวตรวจสอบต้นแบบ ไปติดตั้งบนแท่นกลิ้งบริเวณที่ใกล้กับมอเตอร์และ ทำการติดตั้งเซนเซอร์เข้ากับบอร์ดควบคุมและต่อกับ laptop เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับบอร์ดควบคุมที่ค่าที่อ่านและรวบรวมข้อมูล เพื่อที่จะนำมาแสดงผลของสัญญาณในโปรแกรม LabVIEW ในรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าแบบ Half-Wave Rectifier



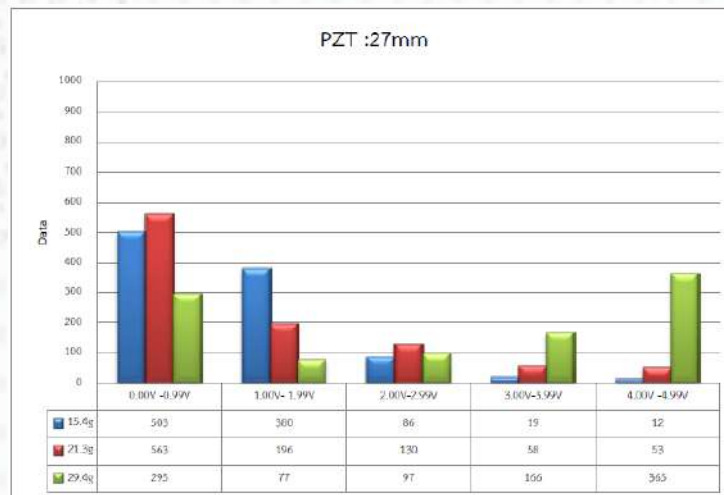
รูปภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการติดตั้งหัวตรวจจับต้นแบบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล



จากการทดลองการเปลี่ยนตัวแปรในส่วนของน้ำหนักที่นำมาเป็นตัวกระตุ้นสัญญาณจากการสั่น สะเทือนเพื่อทำการดูดซับพลังงานของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกขนาด 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อทำการเพิ่ม ขนาดของน้ำหนักขึ้นในแต่ละช่วงในแต่ละการ ทดลองจะทำให้ได้ขนาดของสัญญาณในบางช่วงเพิ่มมากยิ่งขึ้น แต่ในขณะเดียวกันที่ช่วงสัญญาณที่ต่ำที่สุดกลับแปรผกผันตามน้ำหนักเช่น ที่ขนาดน้ำหนัก15.5 กรัม ได้จำนวน ของข้อมูลที่สูงที่สุดอยู่ในคาบที่ 0.00-0.99 โวลต์ ที่583 ข้อมูลแต่เมื่อทำการปรับเปลี่ยนตัวแปรน้ำไปเพิ่มไปที่ขนาด 29.3กรัม ขนาดของข้อมูลในช่วง 0.00-0.99โวลต์และ1.00-1.99 โวลต์,2.00-2.99โวลต์ ได้มีการลดลงของจำนวน ข้อมูลแต่มีการเพิ่มขึ้นในส่วนของข้อมูลในช่วงที่มีขนาดข้อมูลที่สูงกว่าคือช่วงที่ 3.00V-3.99โวลต์ และ4.00V-4.99โวลต์ โดยมีค่าเฉลี่ยของขนาดข้อมูลอยู่ที่3.47-4.00โวลต์

จากการทดลองการเปลี่ยนตัวแปรในส่วนของน้ำหนักที่นำมาเป็นตัวกระตุ้นสัญญาณจากการสั่น สะเทือนเพื่อทำการดูดซับพลังงานของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกขนาด 27มิลลิเมตร ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มขนาดของน้ำหนักขึ้นในแต่ละช่วงในแต่ละการ ทดลองจะทำให้ได้ขนาดของสัญญาณในบางช่วงเพิ่มมากยิ่งขึ้นแต่ในขณะเดียวกันที่ช่วงสัญญาณที่ต่ำที่สุดกลับแปรผกผันตามน้ำหนักเช่น ที่ขนาดน้ำหนัก15.4กรัม ได้จำนวนของข้อมูลที่สูงที่สุดอยู่ในคาบที่ 0.00-0.99โวลต์ ที่503 ข้อมูลแต่เมื่อทำการปรับเปลี่ยนตัวแปรน้ำไปเพิ่มไปที่ขนาด 29.4กรัม ขนาดของข้อมูลในช่วง 0.00-0.99โวลต์และ1.00-1.99 2.00-2.99โวลต์ ได้มีการลดลงของจำนวนข้อมูลแต่มีการเพิ่มขึ้นในส่วนของข้อมูลในช่วงที่มีขนาดข้อมูลที่สูงกว่าคือช่วงที่ 3.00-3.99 โวลต์ และ4.00-4.99โวลต์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละช่วงสูงสุดคือ 3.53-4.68โวลต์



4. บทสรุป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุผลึกที่เรียกว่าวัสดุเพียโซอิเล็กทริก PZT ที่มีสมบัติและความสามารถในการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์หรือแรงทางกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเกิดจากความไม่สมมาตรของโครงสร้างภายในของวัสดุและยังศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงานจลน์ที่เกิดจากการสั่นสะเทือนโดยการออกแบบอุปกรณ์ในการตรวจจับสัญญาณจากการสั่นสะเทือนในการตรวจจับสัญญาณไฟฟ้านั้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกิดการสั่นสะเทือนระหว่างการทำงานและสามารถนำไปต่อยอดในการออกแบบวงจรเพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานได้ในอนาคตข้างหน้าเนื่องด้วยวัสดุในยุคสมัยปัจจุบันนี้มีขนาดที่เล็กลงถึงระดับนาโน ผู้วิจัยคาดว่าจะสามารถนำไปใช้ในอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กๆได้เพราะไม่ต้องใช้แหล่งพลังงานมากซึ่งการทดลองการเปรียบเทียบการดูดซับพลังงานของแผ่นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกมีผลการทดลองดังนี้

1. การศึกษาตัวแปรในส่วนของคุณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดจากการสั่นสะเทือนนั้นที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 27 มิลลิเมตรนั้นสามารถได้รับสัญญาณทางไฟฟ้าได้ดีกว่าวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 35 มิลลิเมตรเพราะแรงดันไฟฟ้านั้นแปรผันตรงกับ compress stress ซึ่ง stress นั้นแปรผันตรงกับแรงและแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานหรือแผ่นวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (stress = force/area) ดังนั้นแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 27 มิลลิเมตรนั้นจึงเกิด stress มากกว่าแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่มีขนาดใหญ่ที่ขนาด 35 มิลลิเมตร

2. ตัวน้ำหนักที่ใช้เป็นตัวแปรในการกระตุ้นสัญญาณทางไฟฟ้านั้นแปรผันตรงกับสัญญาณไฟฟ้าที่แผ่นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกผลิตได้จะทำให้มีขนาดของสัญญาณที่ใหญ่และชัดเจนขึ้นเมื่อใช้ตัวน้ำหนักที่มีขนาดมากขึ้นแต่การใช้ตัวน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้แรงกลที่เกิดสูงขึ้นส่งผลให้แผ่นวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเกิดการเสื่อมสภาพหรือเสียหายได้อาจจะส่งผลต่อสัญญาณที่ผิดปกติไปจากเดิม

5. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนพงศ์ สารอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับผู้วิจัย ดร. จิระศักดิ์ ธาระจักร์ ผู้ที่ให้คำแนะนำทางด้านการเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์ ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครทุกท่านที่เคยสั่งสอนและให้ความรู้จนก่อให้เกิดความรู้และสามารถนำมาช่วยในการวิจัยครั้งนี้ได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรม และส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดี จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุพัตรา วงศ์แสนใหม่, พิศณีย์ มุรัตน์, อีระพงษ์ ศิลาวงศ์สวัสดิ์, สุพล อนันตา และ รัตติกร ยี่มนิธิ, การศึกษาสมบัติฮิสเทอรีซิสในสารเซรามิกเลดเซอร์โคเนตไทเทเนต (PZT) ด้วย วงจร Sawyer-Tower, Naresuan University Journal 2003; 11(3): 21-27
- [2] ธงชัย โชติวัฒนากานต์กุล (Thongchai Chotwattanakankul) * ชัชชัย คุณบัว (Dr.Chatchai Khunboa), เพียโซอิเล็กทริกในระบบเก็บเกี่ยวพลังงานสำหรับเซนเซอร์โนดไร้สาย, สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2013
- [3] เบญญา เชิดหิรัญกร* และเจียรนัย เล็กอุทัย, การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล จากการวัดค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้จากการวัดสมบัติทางไดอิเล็กทริกของวัสดุเฟอร์โรอิเล็กทริก Software, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 24 ฉบับที่ 5 (ฉบับพิเศษ) 2559
- [4] Romano, P., Acciari, G., Miceli, R., Caruso, M., Schettino, G. & Viola, F., 2017, In: IEEE Transactions on Industry Applications. 54, p. 458-468 11 p.
- [5] Lu Wang, Jianjun Ding, Zhuangde Jiang, Guoxi Luo, Libo Zhao, Dejiang, Xiao Yangb, Maeda Ryutaro (2019, 17 January)
- [6] Prasertsiri Varunchittapongsa, VIBRATION ANALYSIS OF TEST CHAMBER SLOT IN TEST PROCESS, Suranaree University of Technology, (2011)
- [7] นายนธิพน พุทธงชัย, การออกแบบเครื่องทดสอบการเคลื่อนที่ของ PZT บนหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, ปีการศึกษา 2552

ระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างาน Overtime Duration Computed System with Time Attendance Changing Function

จิระภัทท์ บุญยานุเคราะห์^{1*} สุภชัย สัสดีวงศ์¹ ภาคพล อยู่วิจิตร¹ และ ณัฐติญา ไขติยากุล¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

*Email: Jirapat-b@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันบริษัทหลายแห่งมีการ ใช้งานระบบขอเปลี่ยนเวลาทำงานหรือระบบทำงานล่วงเวลาที่แตกต่างกัน และบริษัทบางแห่งยังมีการใช้งานระบบขอเปลี่ยนเวลาทำงาน โดยการยื่นหนังสือคำร้องขอเปลี่ยนเวลาทำงาน ซึ่งมีผลทำให้การอนุมัติมีความล่าช้า สืบเนื่องจาก บุคคลที่จะทำการอนุมัติใบคำร้องขอเปลี่ยนเวลาเข้างานนั้น อาจติดกิจธุระส่วนตัว จึงมีผลให้ไม่ได้ทำการอนุมัติหนังสือคำร้องขอเปลี่ยนเวลาทำงานเมื่อถึงวันที่กำหนด จึงมีผลให้พนักงานผู้ยื่นหนังสือคำร้องขอเปลี่ยนเวลาทำงานไม่สามารถรับรู้ว่าหนังสือคำร้องที่ยื่นไปนั้นได้รับการอนุมัติหรือไม่ ทางผู้พัฒนาจึงประสงค์ที่จะจัดทำระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาทำงาน เพื่อให้คำร้องขอเวลาการทำงานล่วงเวลาและการขอเปลี่ยนแปลงวันเวลาทำงานของพนักงานภายในบริษัทมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยทางผู้พัฒนาจัดทำเป็นเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อสะดวกต่อการยื่นหนังสือคำร้องขอของพนักงานและอำนวยความสะดวกต่อเจ้าหน้าที่ผู้ทำการอนุมัติหนังสือคำร้องของพนักงานในการอนุมัติคำร้อง และยังช่วยประหยัดเวลาในการยื่นหนังสือคำร้องได้มากขึ้น จากผลการทดสอบระบบ พบว่า ระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างาน สามารถอำนวยความสะดวกแก่พนักงานทั่วไป โดยระบบได้มีการนำส่งหนังสือคำร้องของพนักงานในรูปแบบของเอกสารเอกสารอิเล็กทรอนิกส์เมื่อพนักงานทำการกรอกข้อมูลในระบบอย่างครบถ้วน และ ในส่วนของการอนุมัติระบบได้นำส่งหนังสือคำร้องในรูปแบบเอกสารเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ผู้มีอำนาจในการอนุมัติหนังสือคำร้องดังกล่าว สามารถอนุมัติหนังสือคำร้องได้ผ่านทางเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ได้ทันที จากนั้นระบบจะตอบกลับโดยอัตโนมัติ ซึ่งระบบดังกล่าวจะช่วยในเรื่องการประหยัดเวลา และสามารถลดการใช้ทรัพยากรส่วนเกินของบริษัทได้

คำสำคัญ: ภาระงานนอกเวลา, เปลี่ยนแปลงเวลาเข้างาน, คำร้องขอ

Abstract

At present, many companies have used a different working time change request or overtime system. Some companies still use a system to change working hours. By submitting a request to change working hours As a result, the approval is delayed due to the person who will approve the request to change the time attendance. May be on personal business as a result, the letter requesting to change working hours has not been approved on the due date. as a result, the workforce who submitted the petition to change working hours can not be aware that the petition submitted has been approved or not. The developer wishes to create a system to calculate the workload and change working hours. To make the request for overtime hours and change requests for employees within the company more efficiently. By the way, the developer makes a web application in order to facilitate the submission of the employee's request letter and to facilitate the officer who approves the employee's petition for approval,

and also save more time in filing a movie. It also saves the cost of the Company's excess resources as well. From the system test results, it was found that the system calculates the workload and changes the attendance time. This can facilitate the general staff. The system has submitted the employee request letter in the form of electronic documents when the employee completes the information in the system and in the approval part. The system has submitted the petition in the form of an electronic document when the person has the right to approve the request for the movie. The approver can approve the petition through an electronic document. Once the approved person has approved, the system will reply by submitting an electronic document that the approved person has completed. This system will help in time saving, and able to reduce the use of corporate resources.

Keywords: OT, Worktime Change, Request

1. บทนำ

ในบริษัทใหญ่ แผนกทรัพยากรบุคคลมีความสำคัญต่อบริษัทฯ เพราะมีหน้าที่บริหารจัดการตั้งแต่การคัดเลือกบุคลากรเข้าทำงาน การจัดการสวัสดิการต่าง ๆ ให้กับพนักงาน รวมถึงการจัดการเรื่องการทำงานล่วงเวลา เพื่อให้บุคลากรทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ทางบริษัทจำเป็นต้องคำนึงถึงวันหยุดและการทำงานล่วงเวลาของบุคลากร ซึ่งให้พนักงานสามารถส่งคำร้องการทำงานล่วงเวลาและขอเปลี่ยนวันและเวลาการทำงานโดยจะผ่านหัวหน้าพนักงานเพื่อให้ทำการอนุมัติ หลังจากหัวหน้าของพนักงานได้ทำการอนุมัติ แผนกทรัพยากรบุคคลต้องนำคำร้องของพนักงานไปรายงานต่อให้กับหัวหน้าแผนกเพื่อทำการอนุมัติต่อไป ซึ่งการส่งคำร้องของพนักงานนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาในการอนุมัตินาน บางครั้งหัวหน้าอาจจะลาหยุดงานหรือคำร้องของพนักงานอาจหายสูญหาย ทางผู้พัฒนาจึงได้มีความคิดที่จะทำระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างาน เพื่อให้การร้องขอเวลาการทำงานล่วงเวลาและการขอเปลี่ยนแปลงวันเวลาทำงานของพนักงานภายในบริษัทได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยทางผู้พัฒนาได้จัดทำเป็นเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้สะดวกต่อการส่งคำร้องของพนักงานและสะดวกต่อหัวหน้าของพนักงานในการอนุมัติคำร้องของพนักงาน และยังช่วยประหยัดเวลาในการส่งคำร้องขอได้

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 เทคโนโลยีที่ใช้

2.1.1 Gitlab [4] ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นจาก Git โดยมีหน้าที่สองส่วนคือเก็บซอร์สโค้ด (repository) และการจัดการโครงการ (CI/CD ย่อมาจาก continuous integration and continuous delivery)

2.1.2 C#.Net [3] คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ประเภท object-oriented programming พัฒนาโดย Microsoft ความสามารถคำนวณของ C++ ด้วยการโปรแกรมง่ายกว่าของ Visual Basic โดย C# มีพื้นฐานจาก C++ และเก็บส่วนการทำงานคล้ายกับ Java C# ได้รับการออกแบบให้ทำงานกับ .NET platform ของ Microsoft จุดมุ่งหมายคือ อำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนสารสนเทศและบริการผ่านเว็บ และทำให้ผู้พัฒนาสร้างโปรแกรมประยุกต์ในขนาดกระทัดรัด C# ทำให้โปรแกรมง่ายขึ้นผ่านการใช้ Extensible Markup Language (XML) และ Simple Object Access Protocol (SOAP) ซึ่งยอมให้เข้าถึงอ็อบเจกต์ของโปรแกรมหรือเมธอด โดยปราศจากความต้องการให้ผู้เขียนโปรแกรมเขียนคำสั่งเพิ่มในแต่ละขั้นตอนเนื่องจากผู้เขียนโปรแกรมสามารถสร้างบนคำสั่งที่มีอยู่ แทนที่การคัดลอกซ้ำ C# ภาษา C# ถูกพัฒนาขึ้นโดยเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของ .NET Framework เป็นการการนำข้อดีของภาษาต่าง ๆ (เช่นภาษา Delphi , ภาษา C++) มาปรับปรุงเพื่อให้มีความเป็น OOP (โปรแกรมเชิงวัตถุ) มากขึ้น ขณะเดียวกันก็ลดความซับซ้อนในโครงสร้างของภาษาลง (เรียบง่ายขึ้นกว่าภาษา C++) และมีสิ่งที่เกินความจำเป็นน้อยลง (เมื่อเทียบกับ Java) C# ถูกรับรองจากหน่วยงาน ECMA (หน่วยงานกำหนดมาตรฐานสากลด้านสารสนเทศ) และ ISO

2.1.3 Bootstrap Framework [5] คือ เครื่องมือที่สามารถสร้างเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว และสวยงาม ตัว Bootstrap มีทั้ง CSS Component และ JavaScript Plugin ให้ได้เรียกใช้งานได้อย่างหลากหลาย ตัว

Bootstrap ถูกออกแบบมาให้รองรับการทำงานแบบ Responsive Web ซึ่งทำให้เขียนเว็บแค่ครั้งเดียวสามารถนำไปรันผ่านเบราว์เซอร์ได้ทั้งบน มือถือ แท็บเล็ต และพีซีทั่วไป โดยที่ไม่ต้องเขียนใหม่

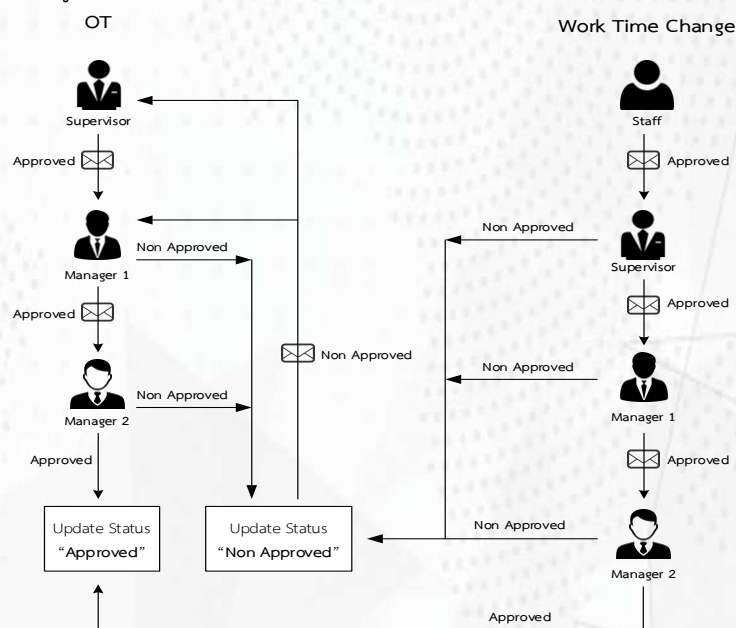
2.1.4 Visual Studio [2] คือ Integrated Development Environment พัฒนาขึ้นโดยไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยนักพัฒนาซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เว็บไซต์ เว็บแอปพลิเคชัน และ เว็บเซอร์วิส ระบบที่รองรับการทำงานนั้นมีไมโครซอฟท์ วินโดวส์ ฟોકเกตพีซี Smartphone และ เว็บเบราว์เซอร์ ในปัจจุบัน วิศวกรสตูดิโอสามารถใช้อำนาจโปรแกรมที่เป็นภาษาต่อเน็ต ในโปรแกรมเดียวกัน เช่น VB.NET C++ C# J#

2.1.5 TortoiseGit [1] คือ การทำงานแบบ Distributed Version Control Systems Git ออกแบบมาให้งานกระจายแบบไม่มีศูนย์กลาง ทุกเครื่องทำงานเป็น VCS ด้วยตัวเองได้นั้นหมายความว่าไม่จำเป็นต้องมี Server กลางก็ได้สามารถใช้เครื่องส่วนตัวทำเป็น VCS ได้เลย แต่ถ้าต้องทำงานร่วมกันหลายๆเครื่อง ก็ต้องใช้ Server เป็นตัวกลางในการรวมข้อมูลในการใช้งาน

2.2 วิธีการวิจัย

2.2.1 การออกแบบและการดำเนินงานวิจัย

โครงสร้างของระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างาน จะประกอบด้วยส่วนของผู้ดูแลระบบ และส่วนของฐานข้อมูล แบ่งเป็นระบบย่อยได้แก่ ระบบการทำงานล่วงเวลา (OT) และระบบการเปลี่ยนแปลงวันหยุดการทำงาน ในส่วนของระบบที่ต้องจัดการคือ ระบบเก็บข้อมูลทำงานล่วงเวลา (OT) และระบบการเปลี่ยนแปลงวันหยุดการทำงานของพนักงาน ส่วนของผู้อนุมัติคำขอการทำงานล่วงเวลา (OT) จะแบ่งเป็นสองลำดับ คือ หัวหน้าแผนก (Manager 1) และผู้จัดการแผนก (Manager 2) โดยคำขอที่ถูกสร้างขึ้นจาก หัวหน้าพนักงาน (Supervisor) ผ่านทางการกรอกแบบฟอร์มบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ ระบบจะทำการส่ง E-mail ไปยัง หัวหน้าแผนก (Manager 1) เพื่อพิจารณาทำการอนุมัติคำขอหรือไม่อนุมัติคำขอ ดังกล่าว ถ้า หัวหน้าแผนก (Manager 1) พิจารณาไม่อนุมัติ ระบบจะทำการส่ง E-mail ตอบกลับไปยัง หัวหน้าพนักงาน (Supervisor) คำขอไม่ได้รับการอนุมัติ แต่ถ้า หัวหน้าแผนก (Manager 1) พิจารณาอนุมัติ ระบบจะทำการส่ง E-mail ไปยัง ผู้จัดการแผนก (Manager 2) เพื่อให้พิจารณาอนุมัติหรือพิจารณาไม่อนุมัติคำขอ ถ้า ผู้จัดการแผนก (Manager 2) ไม่อนุมัติ ระบบจะทำการส่ง E-mail ตอบกลับไปยัง หัวหน้าพนักงาน (Supervisor) และ หัวหน้าแผนก (Manager 1) เพื่อแจ้งคำพิจารณาไม่ได้รับการอนุมัติ ถ้า ผู้จัดการแผนก (Manager 2) อนุมัติ ระบบจะทำการส่ง E-mail ตอบกลับไปยัง หัวหน้าพนักงาน (Supervisor) และผู้จัดการแผนก (Manager 1) เพื่อแจ้งคำขอได้รับการอนุมัติคำร้องขอนั้น ๆ แล้วในส่วนของการเปลี่ยนแปลงวันหยุดการทำงานของพนักงาน พนักงาน (Staff) จะเป็นผู้สร้างคำขอ โดยต้องได้รับการอนุมัติจากผู้มีอำนาจในการอนุมัติทั้ง 3 ระดับ ดังรูปภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ



รูปภาพที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

แสดงผลการทดสอบการใช้งานโดยผู้พัฒนา จากการทดสอบระบบโดยผู้พัฒนาแล้วสามารถเก็บข้อมูลช่วงเวลาสามารถคำนวณระยะเวลาการทำงานล่วงเวลาของพนักงานและสามารถเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงวันหยุดการทำงานของพนักงานได้ ดังรูปภาพที่ 2-3

รูปภาพที่ 2 หน้าแสดงระบบขออนุญาตทำงานล่วงเวลา

รูปภาพที่ 3 หน้าแสดงระบบขอเปลี่ยนวันเวลาการทำงาน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ทดลองใช้งานระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลา
เข้างาน

รายการประเมิน	ระดับคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ระดับความพึงพอใจ
1. ความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	3.30	พึงพอใจปานกลาง
2. ความชัดเจนในการอธิบายข้อมูล	3.50	พึงพอใจมาก
3. การเรียบเรียงข้อมูลที่เข้าใจง่าย	3.30	พึงพอใจปานกลาง
4. ข้อมูลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบริษัท	3.85	พึงพอใจมาก
5. ข้อมูลมีสาระและประโยชน์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในชีวิตประจำวันในเรื่องของการรักษาเวลา	3.75	พึงพอใจมาก
6. อำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้	4.55	พึงพอใจมากที่สุด
7. ความเสถียรภาพของระบบ	4.10	พึงพอใจมาก
8. การออกแบบระบบ	4.25	พึงพอใจมาก
9. การจัดวางองค์ประกอบอย่างเหมาะสม	3.90	พึงพอใจมาก
ผลเฉลี่ย	3.83	พึงพอใจมาก

4. บทสรุป

จากผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ทดลองใช้ระบบจำนวน 20 คน โดยเป็นทั้งระดับผู้จัดการ, หัวหน้าแผนก และพนักงานที่ได้ทำการประเมินความพึงพอใจ พบว่าผู้ใช้งานระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ พึงพอใจมาก โดยด้านที่ดีที่สุดคือ ด้านอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ ส่วนด้านที่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติมคือ ด้านความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์และด้านการเรียบเรียงข้อมูลที่เข้าใจง่าย นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้ทดลองใช้คือ ควรเพิ่มเมนูในส่วนของการลา เช่น การลากิจ, ลาป่วย เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์มากขึ้น ผลจากการพัฒนาระบบคำนวณภาระงานนอกเวลาและเปลี่ยนแปลงเวลาเข้างานดังกล่าว เมื่อนำไปทดลองใช้งานกับแผนกทรัพยากรบุคคลในบริษัท พบว่า สามารถตอบจุดประสงค์ของงานวิจัยได้เป็นอย่างดี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้โอกาสได้รับทุนส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และอาจารย์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ake Exorcist, “มาเรียนรู้ Git แบบง่ายๆ กันเถอะ”, <https://blog.nextzy.me/มาเรียนรู้-git-แบบง่ายๆกันเถอะ-427398e62f82>, 20 มีนาคม 2563
- [2] Wikipedia, “Microsoft Visual Studio”, https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio, 15 มีนาคม 2563
- [3] IT Genius Engineering, “การเปรียบเทียบ C#.net กับ vb.net เพื่อประกอบการตัดสินใจและนำไปสู่การพัฒนา”, <https://www.itgenius.co.th/articleการเปรียบเทียบ-Cnet-กับ-vb.net-เพื่อประกอบการตัดสินใจและนำไปสู่การพัฒนา.html>, 15 เมษายน 2563
- [4] mk's blog, “GitLab ซอฟต์แวร์ CI/CD ซื้อมัด เปิดให้เชื่อมต่อกับ GitHub โดยตรงแล้ว”, <https://www.blognone.com/node/100920>, 15 กรกฎาคม 2563

- [5] Wikipedia, “Bootstrap (front-end framework)”, [https://en.wikipedia.org/wiki/Bootstrap_\(front-end_framework\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Bootstrap_(front-end_framework)), 15 มีนาคม 2563
- [6] ลาวิเนีย ราชราม (2562).คนไทยลาพักร้อนน้อยครั้งที่ 7 ของโลกงานวิจัยเผยทำงานหนักเกินเสี่ยง Burnout, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. สำนักหอสมุดกลาง
- [7] วิมลรัตน์ ดำรงสันติพิทักษ์ (2546). การจัดทำโปรแกรมจัดตารางการทำงานล่วงเวลาของพนักงาน กรณีศึกษา บริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. สำนักหอสมุดกลาง.
- [8] วรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์ (2545). การจัดตารางการทำงานของพนักงานแบบสับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานสำหรับโรงภาพยนตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [9] สายชล สีนสมบูรณ์ทอง, การประยุกต์ใช้การทำเหมืองข้อมูลและการทดสอบไคสแควร์ในการยืมหนังสือเรียนของหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง,ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม 2557

Shear bond strength and optical properties of resin composite - layered provisional Poly (methyl methacrylate)

Juckrapun Tiangtrong^{1*} and Juthatip Aksornmuang¹

¹Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkhla University, Hatyai, Songkla

*Email: 5910820004@email.psu.ac.th

Abstract

This study proposes to modify provisional restorations by using light-cured resin composite labial veneers facing in conjunction with provisional PMMA material for esthetic reasons. The study regarding the bonding between provisional PMMA and resin composite is still limited. Moreover, to obtain optimal esthetic color properties, color-matching between PMMA and resin composite should be evaluated. Eight groups of cylindrical shape specimens were fabricated from self-polymerized provisional PMMA and bonded to resin composite using eight different bonding protocols. Shear bond strength testing was performed using the universal testing machine. Then, various shades of 0.5 mm-thick resin composites were layered onto 1.5 mm-thick PMMA both light and dark shade. Color differences between resin composite and resin composite – layered provisional PMMA were measured using Spectrophotometer. The shear bond strength values were statistically significant difference among bonding protocols. Resin composites were able to effectively bond to MMA-wetted PMMA surface with the application of tested bonding agent. The application of Scotchbond Universal Adhesive provided the high shear bond strength regardless MMA wetting. Layering PMMA with 0.5 mm thick resin composite could not modify the PMMA shade to original resin composite color.

Keywords: provisional restoration, bonding resin composite, PMMA

1. Introductions

The provisional restorations need to satisfy the requirements of pulpal protection, occlusal function, strength and esthetics [1-3]. They should also have sufficient working time and simple technique of fabrication or repair. Poly (methyl methacrylate) (PMMA) is used extensively for provisional restorations fabrication. Although the physical properties of PMMA have been improved but esthetic parameters are still questioned [4]. Teeth with color contrast appearance or high translucency are limited by the available of PMMA shades. To enhance the esthetics appearance, the combination of PMMA and light-cured resin composite has been proposed because the advantages in high wear resistance, ease of use and excellent esthetic outcome with variety shades and translucencies available of resin composite.

Most of the published studies on adhesion of resin composite to PMMA have been in terms of clinical methods to modify and repair acrylic denture teeth with resin composite [5-7]. Polymeric materials are bonded either to themselves or to other polymers. The adhesion mechanisms are mechanical coupling, molecular bonding and thermodynamic adhesion [8]. Roughening the surface simply increases the surface area for more molecular bonding interactions and provides mechanical interlocking.

Molecular bonding mechanisms require an intimate contact and bring intermolecular forces between adhesive and substrate and chemical interactions.

The studies of direct bonding of resin composite to PMMA are very limited. Most of the studies were performed to evaluate the bonding of resin composite to acrylic denture teeth for the purpose of repairing. However, the polymerization process of methyl methacrylate (MMA) and bisphenol A-glycidyl methacrylate (Bis-GMA) follows a similar pattern [9]. Thus, some chemical bonding may occur although they are different in chemical structures. Boyer and Chalkley investigated the bonding between acrylic laminates and resin composite [10]. They stated that bond strength was increased by pretreating the acrylic surface with several solvents to soften or swelled the thermoplastic substrate. Then, the monomeric adhesive diffused into the surface and polymerized. The transverse strength of repaired heat-cured acrylic resin by wetting the surface with MMA before bonding to acrylic resin was investigated and found that bond strength increased as the duration of MMA wetting increased maximum at 180 s [11]. Several studies confirmed that pre-wetting surface with the MMA and application of bonding agent significantly increased the bond strength between resin composite and acrylic resin denture teeth [12-14].

This study proposes to modify provisional restorations by using light-cured resin composite labial veneers facing in conjunction with provisional PMMA material as substructures. However, the study regarding the bonding between provisional PMMA and resin composite is still limited. In addition, the novel primers have been introduced for improving the adhesion between different substrates. The evaluation of bond strength between PMMA and resin composite with new strategies should be performed. Additionally, to obtain optimal esthetic color properties, color-matching between PMMA and resin composite should be evaluated. Resin composited - layered provisional PMMA should provide the color as original resin composite shade. However, with the thin layer of resin composite, the final restoration shade therefore is a matter of interest.

2. Materials and methods

Materials and composition used in this study are shown in Table 1. Schematic diagram of specimen preparation and shear bond strength test is shown in Figure 1. Eighty self-polymerized provisional PMMA (Unifast III, GC America Inc., Illinois, USA) cylindrical shape specimens, 15 mm in diameter and 5 mm in thickness, were prepared using cylindrical silicone mold. The material was mixed and cured according to manufacturer's instruction. All specimens were embedded in denture base acrylic resin in polyvinylchloride (PVC) rings and stored in distilled water for 48 h. The specimens were randomly divided into eight groups of ten specimens each. The bonding surfaces were grounded flat and polished under running water with series of silicon carbide papers of 100, 400, and 600 grit, ultrasonically cleaned with distilled water for 5 min and dried with compressed air. The roughness values were measured with profilometer (Surfcorder SE2300, Kosaka Laboratory Ltd, Tokyo, Japan).

Specimens in positive control group were wetted with MMA for 3 min [11]. Then, the mixture of PMMA was condensed into the cylindrical shaped metal split mold, 4 mm in diameter and 4 mm in height, and left for self-polymerized for 5 min.

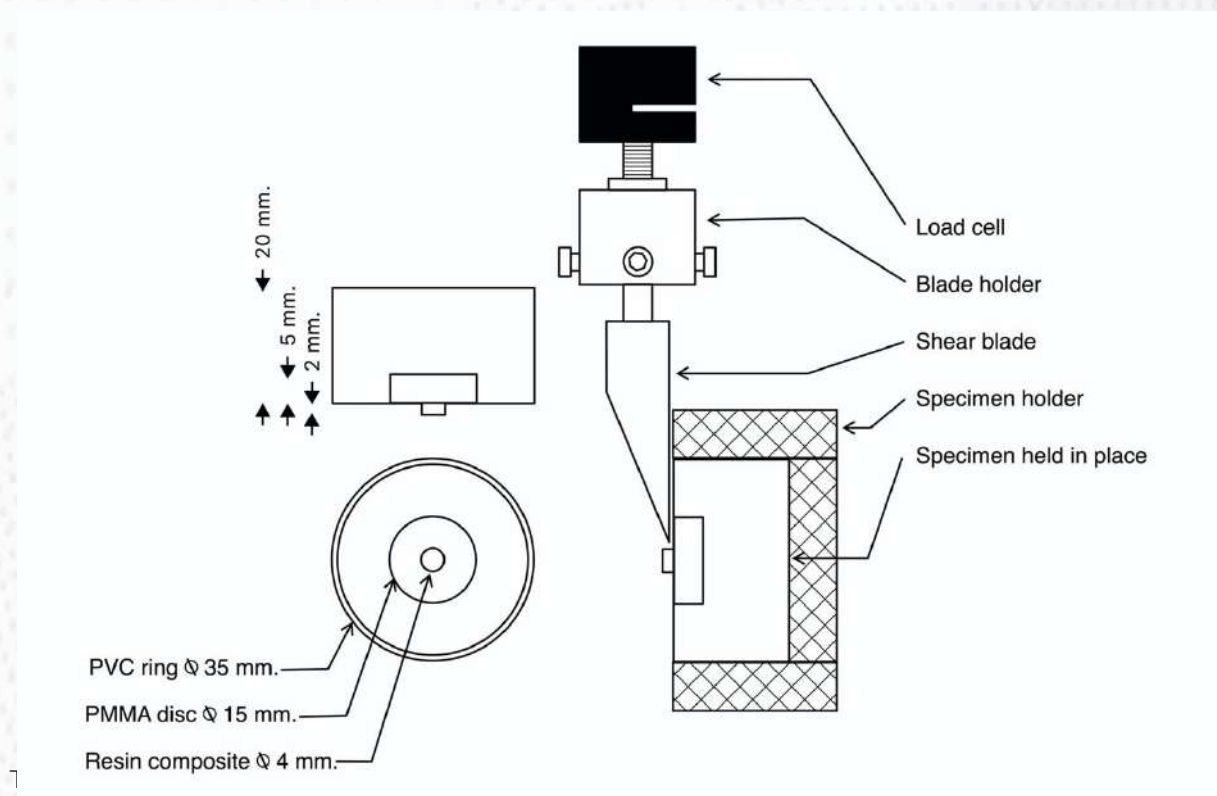
For negative control group, after wetting PMMA surface with MMA for 3 min, resin composite (Filtek z350, 3M ESPE, Minnesota, USA) was condensed into the mold without any bonding agent application and light-cured for 40 s with the intensity of 600 mW/cm².

For the other six remaining groups of specimens, resin composite were bonded to prepared PMMA surface with one of the surface treatment protocols; 1) Uni: Scotchbond Universal Adhesive (3M ESPE,

Minnesota, USA) was applied onto the PMMA surface with disposable applicator and rubbed for 20 s followed by air blow for 5 s and light-curing for 20 s. 2) UniW: PMMA surface was pre-wetted with MMA for 3 min prior to the same procedure as 1). 3) Lux: Luxatemp glaze & bond (DMG, Hamburg, Germany) was

Table 1 Materials, composition, and form of application which were used in the study

Product	Composition	Manufacturer
Unifast III	methyl methacrylate (MMA), dimethacrylate, dibenzoyl peroxide, iron(III) oxide, UV-light absorber, accelerant	GC America Inc. Illinois, USA
Scotchbond Universal Adhesive	MDP phosphate monomer, dimethacrylate resins, HEMA, Vitrebond™ Copolymer, filler, silane, ethanol, water	3M ESPE, Minnesota, USA
Luxatemp glaze & bond	multifunctional acrylates, methyl methacrylate, catalysts, stabilizers, additives	DMG, Hamburg, Germany
HC Primer	acetone, methyl methacrylate, UDMA, polymerization initiator	SHOFU Inc., Kyoto, Japan
Filtek Z350	bis-GMA, UDMA, TEGDMA, bis-EMA, filler	3M ESPE, Minnesota, USA



applied onto the PMMA surface with disposable applicator and allowed material to work for 20 s, then exposed with light-curing unit for 20 s. 4) LuxW: PMMA surface was pre-wetted with MMA for 3 min prior to the same procedure as 3). 5) Hc: A single uniform coat of the HC Primer (Shofu Inc., Kyoto, Japan) was applied onto the PMMA surface with disposable applicator followed by air blow for 5 s and light-curing for

20 s. 6) HcW: PMMA surface was pre-wetted with MMA for three minutes prior to the same procedure as 5)

After PMMA surface treatment, resin composite was filled in the metal mold as described earlier and light-cured for 40 s. The metal split mold was then gently removed. All specimens were stored in distilled water for 24 h before shear bond strength testing.

Table 2 Bonding strategies giving to each group of specimens

Type of treatment	Treatment groups (n=10)							
	-ve	+ve	Uni	UniW	Lux	LuxW	Hc	HcW
Wetting with MMA for 3 minutes	+	+		+		+		+
Application of Scotch Bond Universal			+	+				
Application of Luxatemp glaze&bond					+	+		
Application of HC Primer							+	+
Build up with PMMA		+						
Build up with resin composite	+		+	+	+	+	+	+

For shear bond strength measurement, the specimens were positioned in the universal testing machine (Lloyd instruments, Model LRX-Plus, AMETEK Lloyd Instrument Ltd., Hampshire, UK). A metal blade was set to move vertically to the interface at a crosshead speed of 0.5 mm/min until debonding of the PMMA-resin composites interface occurred. The maximum load (N) was recorded and divided by the bonding area (mm²) to exhibit the bond strength in MPa. The modes of bonding failure were examined with 50x magnifying digital microscope and classified as one of the following categories: adhesive failure at the interface, cohesive failure within the PMMA, and mixed failure of those two modes.

Shear bond strength values were found normally distributed as assessed by Shapiro-Wilk test, and there was homogeneity of variances as assessed by Levene 's test. A one-way ANOVA was performed to compare means among eight experimental groups and Tukey's HSD was used for post-hoc comparison with the 95% level of confidence.

After shear bond strength test, the optimal bonding protocol was selected and used for optical properties testing. Forty PMMA specimens of each light shade (A1) and dark shade (A3.5), diameter of 30 mm and thickness of 1.5 mm, were prepared using Teflon mold. The polymer and monomer were mixed following the manufacture's instruction and packed into the mold. The glass slab was placed over the mold, compressed and left for self-polymerized for 5 min. Then, 0.5 mm-thick resin composites shade A1, A2, A3 and A4 were layered onto the surface of PMMA using selected bonding protocol. Eight experimental groups were obtained with four shades of resin composite on light(L) and dark(D) shades of PMMA; LA1, LA2, LA3, LA4, DA1, DA2, DA3 and DA4. Thickness was controlled by using two pieces of 0.5 mm-thick acetate strips as stoppers. Resin composite was filled, covered and compressed onto the treated surface using glass slab. Finger pressure was exerted and light cured for 40 s. The glass slab and acetate strips were then removed. The excess area of specimens was trimmed and then stored in distilled water for 24 h before optical properties measurement was done.

For the control groups, three specimens of each shade of resin composite (A1, A2, A3 and A4) were prepared into cylindrical shape using Teflon mold, 15 mm in diameter and 4 mm in thickness which is reached the infinite optical thickness of the materials to measure the true color of the material

regardless of the thickness. Resin composite was condensed into the mold, compressed with glass slab and light-cured for 40s.

The optical parameters were determined using a spectrophotometer (ColorQuestXE, Hunter Associates Laboratory, Inc., Virginia, USA.). Spectrophotometer was set to the standard illumination source D65 according to CIELAB color scale [15]. Three measurements of L^* , a^* and b^* were recorded for each specimen and averaged to obtain a value for the following calculations.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^*$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$$

3. Results

The surface roughness (Ra) of PMMA discs was between 0.25 – 0.40 μm with a mean of 0.34 ± 0.05 μm . The means and standard deviations of shear bond strength are shown in Table 3. One-way ANOVA revealed that shear bond strength values were statistically significant difference among bonding protocols ($P < 0.001$). Only low initial bond strength of 0.21 ± 0.04 MPa was obtained in the negative control group which resin composite bonded to PMMA without bonding agent. The mean shear bond strength of the positive control group, which PMMA was bonded to pre-wetted PMMA, was 9.67 ± 1.11 MPa. Applying Scotchbond Universal Adhesive onto PMMA surface without MMA wetting (Uni) provided the highest mean shear bond strength (11.30 ± 0.77 MPa) comparable to that of the non-wetted group (11.06 ± 0.93) ($P > 0.05$). Applying Luxatemp glaze & bond and HC Primer onto PMMA surface without MMA wetting (Lux and Hc) resulted in the shear bond strength of 6.44 ± 2.07 MPa and 6.82 ± 1.23 MPa respectively, which were significantly lower than those of the MMA wetted PMMA surface, 11.19 ± 1.16 MPa and 9.92 ± 1.53 MPa, respectively ($P < 0.05$).

Table 3 Descriptive statistics of shear bond strength

Treatment groups (N=10)	Mean (SD) (MPa)
Negative control	0.21 (0.04) ^a
Positive control	9.67 (1.11) ^b
Uni	11.30 (0.77) ^b
UniW	11.06 (0.93) ^b
Lux	6.44 (2.07) ^c
LuxW	11.19 (1.16) ^b
Hc	6.82 (1.23) ^c
HcW	9.92 (1.53) ^b

Note: The same superscript letters indicate no significant difference of shear bond strength values.

There was no statistically significant difference of shear bond strength among the groups of pre-wetted PMMA surface. In other words, surface treatment with any of three tested bonding agents (UniW, LuxW and HcW) provided similar bond strength values when PMMA was wetted with MMA for 3 min ($P > 0.05$) comparable to that of positive control group. On the contrary, without MMA wetting, the high shear

bond strength was achieved only with Scotchbond Universal Adhesive (Uni) while using Luxatemp glaze & bond and HC Primer resulted in statistically significant inferior bond strength.

The distribution of fracture modes of debonded specimens is shown in Figure 2. For the groups which resin composite was bonded to pre-wetted PMMA surface, except HcW group, the specimens tend to fail as cohesive failure. The groups without MMA wetting mostly failed as adhesive failures. With the use of Scotchbond Universal Adhesive, nearly 100% displayed cohesive failures regardless MMA wetting.

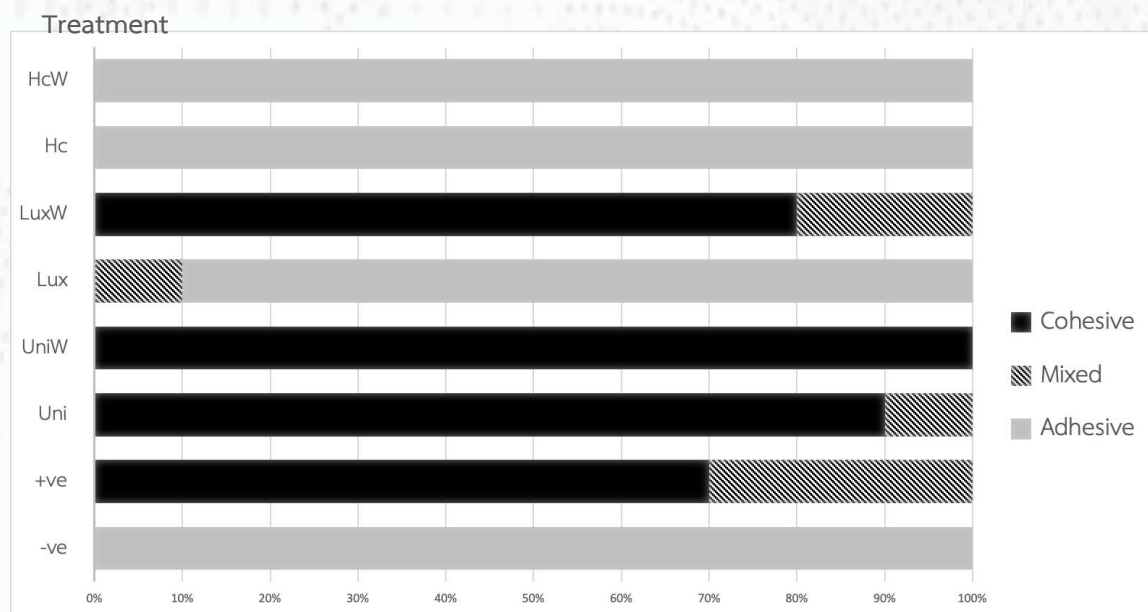


Figure 2 Bar graph showing distribution of modes of failure of the debonded specimens

Table 4 Mean (SD) CIELAB of resin composite and resin composite-layered PMMA

	Group	Mean (SD)		
		L*	a*	b*
Resin Composite	A1	67.66 (0.13)	-0.29 (0.03)	10.34 (0.02)
	A2	65.34 (0.03)	2.11 (0.02)	13.55 (0.01)
	A3	63.46 (0.03)	2.55 (0.03)	16.02 (0.08)
	A4	56.07 (0.03)	2.97 (0.01)	17.57 (0.04)
Resin composite-layered PMMA	LA1	76.59 (0.21)	1.52 (0.11)	13.86 (0.27)
	LA2	75.79 (0.14)	2.37 (0.09)	16.60 (0.33)
	LA3	74.83 (0.13)	2.38 (0.14)	20.71 (0.10)
	LA4	71.71 (0.15)	3.65 (0.08)	23.75 (0.16)
	DA1	67.43 (0.07)	5.04 (0.05)	16.81 (0.15)
	DA2	66.74 (0.24)	6.01 (0.07)	19.49 (0.14)
	DA3	65.27 (0.08)	6.10 (0.02)	22.00 (0.10)
	DA4	63.10 (0.12)	7.00 (0.04)	24.43 (0.15)

L*, a* and b* values of various shades of resin composite specimens and eight experimental groups are shown in Table 4. Color differences between each experiment group and its veneering

composite shade were evaluated. The means and standard deviations of ΔE results of layered resin composite shades A1, A2, A3 and A4 bonded to light shade PMMA were 9.79 ± 0.21 , 10.92 ± 0.14 , 12.31 ± 0.15 and 16.83 ± 0.13 , respectively, and to dark shade PMMA were 8.40 ± 0.12 , 7.27 ± 0.14 , 7.19 ± 0.11 and 10.62 ± 0.18 , respectively as shown in Table 5. The ΔE results did not reach the acceptable threshold [16] which mean the compared specimens color is different.

Table 5. Color differences between experimental groups and control groups

Compared groups		ΔE Mean (SD)	Compared groups		ΔE Mean (SD)
Exp.	Control		Exp.	Control	
LA1	A1	<u>9.79 (0.21)</u>	DA1	A1	<u>8.40 (0.12)</u>
	A2	11.29 (0.22)		A2	4.87 (0.14)
	A3	13.36 (0.22)		A3	4.77 (0.09)
	A4	20.91 (0.22)		A4	11.58 (0.07)
LA2	A1	10.63 (0.20)	DA2	A1	11.17 (0.12)
	A2	<u>10.92 (0.14)</u>		A2	<u>7.27 (0.14)</u>
	A3	12.37 (0.13)		A3	5.91 (0.18)
	A4	19.77 (0.14)		A4	11.26 (0.23)
LA3	A1	12.89 (0.14)	DA3	A1	13.52 (0.84)
	A2	11.90 (0.15)		A2	9.35 (0.10)
	A3	<u>12.31 (0.15)</u>		A3	<u>7.19 (0.11)</u>
	A4	19.04 (0.14)		A4	10.68 (0.11)
LA4	A1	14.56 (0.12)	DA4	A1	16.52 (0.11)
	A2	12.13 (0.13)		A2	12.15 (0.12)
	A3	11.37 (0.12)		A3	9.53 (0.14)
	A4	<u>16.83 (0.13)</u>		A4	<u>10.62 (0.18)</u>

4. Discussion

Polymers bonding requires mechanical coupling, molecular bonding and thermodynamic adhesion [8]. From surface roughness data, the assumption was made that surface roughness of all PMMA specimens were standardized. Though roughening PMMA surface, whether bonding to resin composite or PMMA itself, has increased debonding-resistance [5-7], some studies stated that debris from roughening process prevented flowing of adhesive and decreases the Van-der Waals force [17]. In this study, 600 grit carbide paper was used in PMMA surface preparation exhibited the dental bur gliding geometry for mechanical bond mechanism and ultrasonic clean were done to prevent the debris accumulation.

This study compared the effect of different bonding protocols. The results showed that shear bond strength values were statistically significant difference among the groups. According to the results, the shear bond strength of negative control group was statistically significant lower than those of the others. This group, resin composite was directly cured on MMA wetted PMMA surface without any bonding agent. Although the chemical bond possibly occurred, resin composite was light cured onto the polymerized PMMA which already obtained high degree of conversion. The free double bond might not be enough to copolymerized with the added resin composite. Even with MMA wetting, which believed to be able to dissolve the polymerized PMMA surface and increase the PMMA surface potential for chemical

interaction and adaptability of added resin composite, the bond strength was still very low. There was evidence that resin composite had high viscosity and poor wettability [18], therefore, it could not flow and penetrate into the MMA wetted surface even if it was soften and swelled. In positive control, the mixture of PMMA was bonded to wetted PMMA surface. High fluidity of the PMMA mixture produced good penetration resulting in better adhesion between these two identical materials.

Previous studies reported that wetting PMMA surface with MMA as pretreatment was effective for the bond strength [11, 14]. In addition, several studies have verified that application of some bonding agents was necessary in bonding resin composite to PMMA [14, 19]. However, this study found that application of Scotchbond Universal Adhesive provided the highest shear bond strength even without MMA wetting. There was no significantly difference in bond strength whether MMA was wetted or not when using this bonding agents. The observation of failure modes in these groups showed cohesive failure within PMMA. This implied that the shear bond strength values could not be directly evaluated due to the strong bond between two substrates causing the failure initiation from some flaws within PMMA itself. Scotchbond Universal Adhesive contains MDP and silane. The roles of silane and MDP on bonding to PMMA are still uncertain. However, ethanol in this bonding agent is a plasticizer which could soften PMMA surface and enhance bonding performance to PMMA. Silane and MDP might improve bonding to resin composite. Additionally, there are fillers contained in Scotchbond Universal Adhesive which could be a responsibility in reinforcing its strength.

In the present results, there was no statistically significant difference of shear bond strength among the groups which bonding resin composite onto pre-wetted PMMA surface using bonding agents (Uni, Lux, and Hc) and positive control group. These results implied that wetting with MMA was a necessary procedure for some bonding agents. Both Luxatemp glaze&bond and HC Primer contained their specific solvents. Luxatemp glaze&bond contained MMA while HC Primer contained both MMA and acetone in their formulations. They supposed to achieve the high bond strength without using MMA wetting procedure. The explanation was that MMA concentration in the formulation and contact time might not enough to dissolve the PMMA surface. The acetone contained in HC Primer was non-polymerized solvent, therefore, it could not act as the plasticizer even though it was a strong solvent[12].

The best bonding protocol was selected to bond specimens for optical properties test. After layering the PMMA substrate with resin composite, color differences between each experiment group and its veneering composite shades were evaluated to determine whether the layered specimen turn into its veneering resin composite shade or not. the ΔE results were not reach the acceptable threshold according to the study of Johnston and Kao designated the color difference of 3.7 ΔE as the “acceptable threshold” [16]. This indicated that 0.5 mm-thick resin composite could not modify the PMMA shades to its color. Jae et al. found that there was a strong positive correlation between thickness and masking effect of resin composites [20]. All specimens were not regarded as acceptable with the exception of 3 mm thickness PMMA specimens. This meant that at least 3 mm-thick of PMMA provisional restoration was required to achieve the acceptable threshold, which is not clinically relevant. Arikawa et al. applied a thin layer of light cured paint-on resin to the surface of the restoration and reported that even thin layer of paint-on resin could effectively modify the color of restoration [21, 22].

The resin composite used in this study was the Filtek Z350. Generally, there are four opacities choices available which are Translucent, Enamel, Body and Dentin. The Body shades were used in this study because they claimed to be able to properly use as single shade restoration. They are slightly

opaquer than the Enamel so that they can properly mask the PMMA substrate, but they still have a proper translucency to use as anterior teeth restorations.

There were several studies mentioned about masking abilities of resin composite [23-25]. Kim et al. evaluated the masking ability of six brands of resin composite including Filtek Z350 and reported that with thickness of 0.5 and 1 mm. of resin composite, the C4 background was properly masked while the black background required thicknesses of 1.0 – 2.0 mm [24]. Miotti et al. reported that Filtek Z350 XT was capable of masking the C4 color background [25]. One previous study determined the critical thickness at which translucent (TP) dropped below 2.0 to mask a black background and reported that opaque composite required 2.56 mm of thickness to achieve the 2.0 TP value [23]. The thickness of 0.5 mm of resin composite was used in this experiment because the strength of PMMA at 1.5 mm-thickness needed to be maintained corresponding to the real clinical situation. Although the previous studies reported that 0.5 mm of Body shade of resin composite can mask the C4 background [24]. Contrary to the present study, the color difference results showed that 0.5 mm. of A1 A2 A3 and A4 resin composite shade could not mask the light and dark PMMA background. The explanation was that PMMA substrate both light and dark colors used in this study were A1 and A3.5. The thickness of PMMA substrate was only 1.5 mm. The specimens were placed over a white background to mimic the color characteristic of temporary cement. This study inferred that with a 0.5 mm in thickness of resin composite, even an opaque shade, could not effectively mask the PMMA color. The color differences results should be done comparing with gold standard shade guide system for further investigation. In addition, increasing resin composite thickness might provide more positive results. The effect of thickness of resin composite on color properties and the strength of the layered materials with different thickness should be additionally assessed.

4. Conclusions

Within the limitation of this study. It can be concluded that resin composites were able to effectively bond to MMA-wetted PMMA surface with the application of tested bonding agent. The application of Scotchbond Universal Adhesive provided the high shear bond strength regardless MMA wetting. Layering PMMA with 0.5 mm-thick resin composite could not modify the PMMA shade to original resin composite color.

5. Acknowledgement

The resources, physical and technical contributions of Department of prosthetics dentistry, Faculty of dentistry and Graduate School of Prince of Sonkla University are truly appreciated.

6. References

- [1] Vahidi F. The provisional restoration. Dent Clin North Am 1987; 31(3):363-81.
- [2] Kaiser DA, Cavazos E Jr. Temporization techniques in fixed prosthodontics. Dent Clin North Am 1985; 29(2):403-12.
- [3] Higginbottom FL. Quality provisional restorations: a must for successful restorative dentistry. Compend Contin Educ Dent 1995; 16(5):442-7.
- [4] Wang R, Moore B, Goodacre C, Swartz M, Andres C. A comparison of resins for fabricating provisional fixed restorations. Int J Prosthodont, 1989; 2(2):173-84.

- [5] Weiner S, Krause AS, Nicholas W. Esthetic modification of removable partial denture teeth with light-cured composites. *J Prosthet Dent* 1987; 57(3):381-4.
- [6] Ansari IH. Quick repair of fractured complete denture anterior tooth with light-cured composites. *J Prosthet Dent* 1995; 74(6):657.
- [7] Vergani CE, Giampaolo ET, Cucci AL. Composite occlusal surfaces for acrylic resin denture teeth. *J Prosthet Dent* 1997; 77(3):328-31.
- [8] Awaja F, Gilbert M, Kelly G, Fox B, Pigram PJ. Adhesion of polymers. *Progress in Polymer Science* 2009; 34:948-68.
- [9] Cook WD, Beech DR, Tyas MJ. Structure and properties of methacrylate based dental restorative materials. *Biomaterials* 1985; 6(6):362-8.
- [10] Boyer DB, Chalkley Y. Bonding between acrylic laminates and composite resin. *J Dent Res* 1982; 61(3):489-92.
- [11] Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. *J Prosthet Dent* 1994; 72(6):639-43.
- [12] Papazoglou E, Vasilas A. Shear bond strengths for comp and acrylic bonded to denture teeth. *J Prosthet Dent* 1999; 82(5):573-8.
- [13] Yanikoglu DN, Duymus DZ, Bayindir DF. Comparative bond strengths of autopolymerising denture resin and light cured composite resin to denture teeth. *Int Dent J* 2002; 52(1):20-4.
- [14] Muhsin SA. Bond Strength of Repaired Acrylic Denture Teeth Using Visible Light Cure Composite Resin. *Open Dent J* 2017; 11:57-64.
- [14] Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. *J Oral Rehabil* 1977; 4(4):311-22.
- [15] Lee Y, Yu B, Lee S, Cho M, Lee C, Lim H. Variation in instrument-based color coordinates of esthetic restorative materials by measurement method-A review. *Dent Mater*, 2010; 26(11):1098-105.
- [16] Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989; 68(5):819-22.
- [17] Shen C, Colaizzi FA, Birns B. Strength of denture repairs as influenced by surface treatment. *J Prosthet Dent* 1984; 52(6):844-8.
- [18] Miletic V. *Dental composite materials for direct restorations*. Springer: New York, NY, USA; 2017. pp 64.
- [19] Guzman A, Moore BK. Influence of surface treatment on bond strength between a heat-activated and a light-activated resin composite. *Int J Prosthodont* 1995; 8(2):179-86.
- [20] Jae H, Kim S, Lee S, Pae A. The effect of thickness of the provisional crown and fixed partial denture materials on the translucency and masking effect. *J Korean Acad Prosthodont* 2007; 45:724-34.
- [21] Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Ban S, Homma T, Takahashi H. Optical and color stabilities of paint-on resins for shade modification of restorative resins. *Dent Mater J* 2004; 23(2):155-60.
- [22] Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Homma T, Takahashi H, Ban S. Optical properties of paint-on resins for shade modification of crown and bridge resins-light transmittance characteristics. *Dent Mater J* 2003; 22(3):272-9.

- [23] Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and translucency of resin composites for layering techniques. Dent Mater J 2005; 24(3):428-32.
- [24] Kim SJ, Son HH, Cho BH, Lee IB, Um CM. Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. J Dent 2009; 37(2):102-7.
- [25] Miotti LL, Santos IS, Nicoloso GF, Pozzobon RT, Susin AH, Durand LB. The Use of Resin Composite Layering Technique to Mask Discolored Background: A CIELAB/CIEDE2000 Analysis. Operative Dentistry 2017; 42(2):165-74.

การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม Development of educational media in astronomy using augmented reality technology

ธัญญารัตน์ จันทน์บุญณะ^{1*} ญาณี ละลิ่ว¹ ปิยะวัฒน์ มีทรัพย์¹ และ เมธิญาณินธ์ คำขาว¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

*Email: Thanyarat-j@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) มาประยุกต์ใช้ ทั้งในด้านแพทย์ ด้านธุรกิจ ด้านการศึกษา และด้านอื่น ๆ อีกมากมาย โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมบนเว็บไซต์ สนับสนุนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning) ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งในการสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ผู้จัดทำจึงได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมด้าน ดาราศาสตร์ หัวข้อระบบสุริยะในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งสามารถเพิ่มความสนใจใฝ่รู้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อที่สร้างองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้ยังมีแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อวัดผลการเรียนรู้จากการใช้สื่อการสอนที่นำเสนอนี้ จากการประเมินความพึงพอใจของการใช้งานเว็บไซต์การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และระบบสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

คำสำคัญ: เว็บไซต์ สื่อการสอน ความจริงเสริม ดาราศาสตร์ ระบบสุริยะ

Abstract

At present, augmented reality (AR) technology has an essential role in people's daily life. It has widely established in medicine, commerce, education, just to name a few. This work presents the development of educational media in astronomy using augmented reality (AR) technology via website. It supports an inquiry-based learning (IBL), which is the one of pedagogy approaches for the 21st century education. Applying AR in educational media, creating a 3D astronomy environment in the topic of solar systems, making learners more motivated and eager in astronomy inquiry in order to construct scientific knowledge. Furthermore, a post-test is conducted to observe the learning outcome from the educational media. To evaluate the development of educational media in astronomy using augmented reality (AR) technology, the results showed the overall average satisfaction score of the system was 4.63 with a very satisfied level. Moreover, it performs properly according to its mentioned objectives.

Keywords : Website, Educational Media, Augmented Reality, Astronomy, Solar Systems.

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) มีบทบาทในชีวิตประจำวันของผู้คนมากขึ้น ทั้งในด้านการติดต่อสื่อสาร ด้านธุรกิจการพาณิชย์ ด้านการแพทย์ ด้านการศึกษา และด้านอื่น ๆ อีกมากมาย ในด้าน การศึกษานั้นการประยุกต์นำเอาเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) มาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน การพัฒนาสื่อ และการพัฒนาบทเรียนให้แก่ผู้เรียน ทำให้สามารถดึงดูดความสนใจ ความจำ และความเข้าใจของผู้เรียนได้ มากขึ้น

การประยุกต์การเรียนการสอนโดยการนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) มาใช้ร่วมกันกับ สื่อการสอนในวิชาต่าง ๆ เพื่อพัฒนาและเสริมสร้างการเรียนรู้ของผู้เรียนให้พัฒนามากยิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มตรรกะ ทางด้านความคิด วิเคราะห์ และสังเคราะห์ให้กับสมองผู้เรียน ซึ่งวิชาที่นำเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) มาประยุกต์ใช้และพัฒนาสื่อการสอนก็มีมากมายหลายวิชา เช่น วิชาดาราศาสตร์ ซึ่งการนำมาประยุกต์ใช้นั้นทำให้เกิด ประโยชน์และการศึกษาพัฒนาองค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจและเห็นภาพของดาวเคราะห์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ จดจำรายละเอียด ข้อมูลสำคัญ สรุปเนื้อหาแบบตรงประเด็นเข้าใจง่าย และยังสามารถนำมาต่อยอดองค์ความรู้เดิมจาก ในบทเรียนที่เรียนอยู่ได้

จากความเป็นมาข้างต้น งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนการสอนโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) มาพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบางบัวทอง ซึ่งผลลัพธ์ในการพัฒนาจะได้สื่อการสอนที่ตอบโจทย์กับการเรียนการสอนในปัจจุบัน และการประเมิน ผลลัพธ์จะเปรียบเทียบระหว่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อการสอนในงานวิจัยฉบับนี้และวิธีการสอนแบบดั้งเดิม

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีที่ใช้

2.1.1 เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR))

เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) คือ Interactive Media รูปแบบหนึ่ง ที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับสื่ออื่น ๆ ได้ เหมือนสิ่งนั้นมีอยู่จริง ๆ โดยใช้หลักการของการตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detection) การตรวจจับการเต้นหรือการเคาะ (Beat Detection) การจดจำเสียง (Voice Recognize) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) หรืออีกนัยหนึ่ง เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality (AR)) คือ เทคโนโลยีการสร้างโลกเสมือนจริงขึ้นมา โดยผู้ใช้สามารถใช้มือถือ หรือ แท็บเล็ต ในการสแกน Portal Media ไม่ว่าจะเป็น สมุด รูปภาพ วิดีโอ เพื่อที่จะให้สื่อที่สแกนสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้

2.1.2 Maya

Maya จะเน้นในส่วนของการสร้างคาแรกเตอร์แอนิเมชัน การขึ้นโมเดล rendering รวมทั้งความสามารถของ MEL เทคโนโลยีดังกล่าวประกอบด้วย การจำลองปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยการขึ้นรูปด้วย Polygon การกำหนด การเคลื่อนไหวและอีกมากมาย และเป็นซอฟต์แวร์เพื่องานกราฟิกส์สามมิติจากบริษัทออโตเดสก์ ด้านกราฟิกส์สำหรับงาน ทางด้าน โมเดล 3 มิติ และ แอนิเมชัน ที่ใช้สำหรับ Windows, macOS และ Linux ถูกใช้เพื่อสร้างโปรแกรม 3 มิติแบบโต้ตอบ รวมทั้งวิดีโอเกม, ภาพยนตร์การ์ตูนทีวีซีรีส์หรือเอฟเฟ็ก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ Maya เป็นซอฟต์แวร์ที่มีทั้งความสามารถในแนว กว้างและแนวลึกสมบูรณ์แบบ

2.1.3 Visual Studio

Visual Studio (วิซวลสตูดิโอ) คือ โปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่าง ๆ ซึ่ง สามารถติดต่อสื่อสารพูดคุยกับคอมพิวเตอร์ได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่สามารถพัฒนาเป็นระบบเองได้ เหมาะสำหรับภาษา VB และ VB.NET เนื่องจากไมโครซอฟต์ได้พัฒนาโปรแกรมและภาษาขึ้นมาควบคู่กันเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นและกัน ซึ่งนัก โปรแกรมเมอร์จะนำเครื่องมือมาใช้ในการพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นระบบต่าง ๆ หรือเป็นเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันต่าง ๆ

2.1.4 Unity 3D

Unity เป็น Game Engine แบบข้ามแพลตฟอร์ม พัฒนาโดย Unity Technologies สำหรับการพัฒนาวิดีโอเกม บนเครื่อง PC คอนโซล เว็บไซต์ และอื่น ๆ Unity เป็นเครื่องมือช่วยสร้างเกมสามมิติและสองมิติ วิธีการทำงานของ Unity

จะแปลงตัว Unity โปรเจกต์ซึ่งเป็น C# หรือ JavaScript ให้กลายเป็น Native ของ Platform นั้นๆ โดยใช้คำสั่งผ่าน Unity Api ทำให้ ผู้ใช้งานสามารถพัฒนางานที่มีความหลากหลาย และสามารถลดต้นทุนในการทำงานได้มากขึ้น เนื่องจาก สามารถทำครั้งเดียวไปใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์มที่ Unity รองรับ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 (ชนินทร์ พิงบุญ ณ อรุณยา, 2549) ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาและประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง ระบบสุริยะ การเรียนรู้อัตโนมัติ สำหรับนักเรียนระดับชั้นปีที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4) ผู้วิจัยสร้างบทเรียนโดยใช้โปรแกรม Macromedia Authorware 7 ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows บทเรียนมีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูปแบบนำเสนอเนื้อหา ซึ่งผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามความต้องการของตนเอง และได้ตอบกับบทเรียนได้ บทเรียนประกอบด้วย ชื่อบทเรียน เมนูหลัก เมนูย่อย คำแนะนำ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัดระหว่างเรียน แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนพร้อมเฉลยและแจ้งคะแนน โดยมีคุณสมบัติครอบคลุมทางด้านมัลติมีเดียประกอบด้วย ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพกราฟิก ตัวอักษร วิดีทัศน์ เสียงบรรยาย เสียงดนตรี เสียงประกอบและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้

2.2.2 (สุคนธ์ สุพานิช, 2545) ได้กล่าวว่า การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุริยะ วิชากลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สังกัด กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบสุริยะ วิชากลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.22 มีคุณภาพในระดับดีมาก ผลการประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อของผู้ทรงคุณวุฒิได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 มีคุณภาพในระดับดีมาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบสุริยะ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 91.33/89.33 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ตามที่ตั้งไว้

3. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาและพัฒนาเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม ได้มีการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ทำให้พบปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้นำปัญหาที่พบมาวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามขั้นตอนนั้น นอกจากจะช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปในแนวทางที่ถูกต้อง และยังทำให้ได้การทำงานที่เป็นสัดส่วนชัดเจน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1. ศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูล

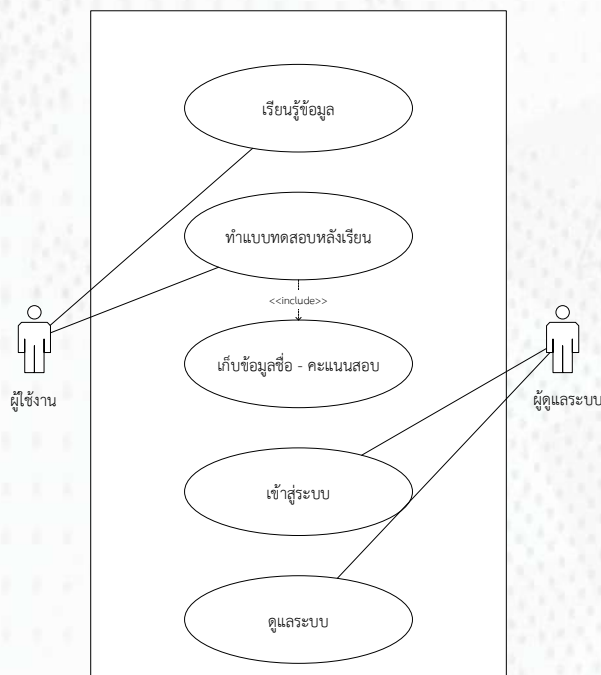
เป็นขั้นตอนที่คณะผู้จัดทำ ได้ศึกษารวบรวมข้อมูลทุกปัญหา จัดเก็บข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งาน และศึกษาค้นคว้าข้อมูล จากเอกสาร ตำรา หนังสือ เว็บไซต์ต่าง ๆ เพื่อหาความต้องการของรูปแบบ ความสนใจ ความถูกต้องของเนื้อหา และหน้าตาารูปแบบของระบบ เพื่อให้ได้ระบบที่ทำให้ผู้ใช้งาน ผู้ดูแลระบบ เข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานมากที่สุด

3.2 การออกแบบการทำงานของผู้ใช้ระบบ

คณะผู้จัดทำได้นำเครื่องมือยูเอ็มแอลไออะแกรม (Unified Modeling Language) เป็นโมเดลมาตรฐานที่ใช้หลักการออกแบบโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) ซึ่งประกอบไปด้วย แผนภาพแสดงการทำงาน (use case diagram) และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (Class Diagram) มาใช้ในการพัฒนาระบบงาน

3.2.1 แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (use case diagram)

การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม ซึ่งจะมีสถานะของผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ ดังภาพที่ 1

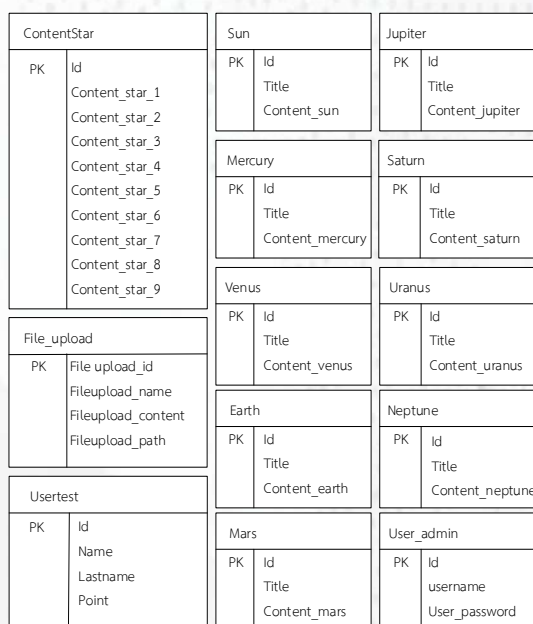


ภาพที่ 1 แผนภาพการทำงานของการพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

ในการพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม มีการออกแบบฐานข้อมูลแบบการแสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (class diagram)

3.3.1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (class diagram)



ภาพที่ 2 แผนภาพคลาสไดอะแกรมการพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์

3.4 การออกแบบหน้าจอและระบบ (system and report design)

การออกแบบหน้าจอใช้เครื่องมือในการเขียน Story board นั้นจะเป็นในลักษณะของการวางโครงสร้างขึ้นมา เพื่อเป็นการกำหนดเนื้อหาที่สำคัญในแต่ละส่วนของเนื้อเรื่องลงไป รวมไปถึงมุมมองหลักในการนำเสนอเนื้อเรื่องในแต่ละส่วนออกมา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดภาพของการออกแบบส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้งาน (user interface)

ระบบการพัฒนาสื่อการสอนได้จัดทำขึ้นนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของผู้ใช้งาน (User) และส่วนของผู้ดูแลระบบ (Admin) ดังภาพ



ภาพที่ 3 หน้า HOME



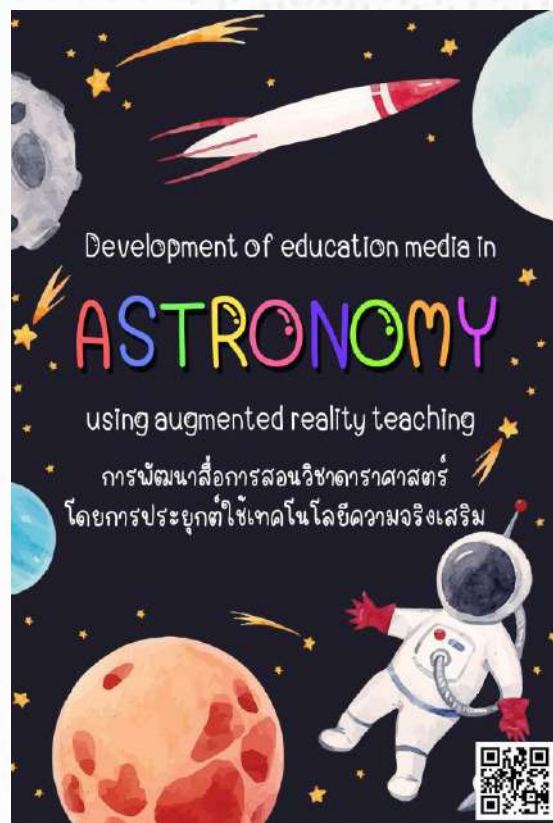
ภาพที่ 4 หน้า ABOUT (What is solar system?)



ภาพที่ 5 หน้า Solar System



ภาพที่ 6 หน้า Do you know



ภาพที่ 7 หน้า E-Book

4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บไซต์สื่อการเรียนรู้วิชาดาราศาสตร์ เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานในด้านต่าง ๆ ตามขอบเขตการทำงานของงานการพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม ที่ได้กำหนดไว้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ซึ่งกำหนดหน้าที่การทำงานของผู้ใช้งานเว็บไซต์ออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ผู้ใช้งานเว็บไซต์ 2) ผู้ดูแลระบบเว็บไซต์

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเว็บไซต์สื่อการเรียนรู้วิชาดาราศาสตร์

ในส่วนของผู้ใช้งานเว็บไซต์พบว่าสามารถทำงานได้ครอบคลุมตามขอบเขตที่ตั้งไว้ และในส่วนของผู้ดูแลระบบเว็บไซต์ก็สามารถทำงานได้ครอบคลุมเช่นกัน

4.2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานการพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ โดยแบบการประเมินเป็น 3 ด้าน คือ การออกแบบหน้าเว็บไซต์ ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์ และด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน

4.2.1 ด้านการออกแบบหน้าเว็บไซต์

ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์คะแนนเฉลี่ย (4.55) พบว่าหัวข้อที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ เนื้อหาที่มีความถูกต้องและด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย 4.64) และหัวข้อที่ได้รับความสนใจอันดับสอง คือ เนื้อหาที่มีความน่าเชื่อถือ (ค่าเฉลี่ย 4.48) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบด้านการออกแบบหน้าเว็บไซต์

หัวข้อการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ	
	คะแนนเฉลี่ย $\bar{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.
ชื่อเว็บไซต์สามารถจดจำได้ง่าย	4.44	0.75
เนื้อหาที่มีความถูกต้อง	4.64	0.56
เนื้อหาที่มีความน่าเชื่อถือ	4.48	0.70
ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน	4.64	0.62
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.55	0.66

4.2.2 ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์

ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์คะแนนเฉลี่ย (4.72) พบว่าที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ การเลือกใช้สีของเว็บไซต์ได้เหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.80) และที่ได้รับความสนใจอันดับสอง คือ การจัดหมวดหมู่รายการได้ชัดเจนและเหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.76) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์

หัวข้อการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ	
	คะแนนเฉลี่ย $\bar{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.
การจัดหมวดหมู่รายการได้ชัดเจนและเหมาะสม	4.76	0.43
การเลือกใช้สีของเว็บไซต์ได้เหมาะสม	4.80	0.40
เมนูใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.72	0.45
มีการออกแบบที่สวยงาม ทันสมัย	4.72	0.53
ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวก	4.60	0.63
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.72	0.49

4.2.3 ด้านเว็บไซต์ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

ด้านเว็บไซต์ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน คะแนนเฉลี่ย (4.62) พบว่ามีหัวข้อที่ได้รับความน่าสนใจมากที่สุด คือ ช่วยลดเวลาในการหาข้อมูล (ค่าเฉลี่ย 4.72) และหัวข้อที่ได้รับความน่าสนใจอันดับสอง คือ สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานที่ต้องการศึกษาวิชาดาราศาสตร์ได้ (ค่าเฉลี่ย 4.52) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวัดระดับความพึงพอใจของเว็บไซต์ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

หัวข้อการประเมิน	ระดับประสิทธิภาพ	
	คะแนนเฉลี่ย $\bar{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.
ช่วยลดเวลาในการหาข้อมูล	4.72	0.53
สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานที่ต้องการศึกษาวิชาดาราศาสตร์ได้	4.52	0.70
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.62	0.62

4.3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ จำนวน 25 คน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาแต่ละด้าน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 (SD = 0.49) รองลงมาคือ ด้านเว็บไซต์ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 (SD = 0.62) และ ด้านที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุด คือด้านการออกแบบเว็บไซต์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 (SD = 0.66)

การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม จากการประเมินความพึงพอใจ ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์อยู่ในระดับสูงที่สุดนั้น จากความคิดเห็นของผู้จัดทำคิดว่าผู้ใช้งานทุกคนพึงพอใจที่ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและน่าสนใจ ซึ่งรวมไปถึงการเข้าถึงเมนูต่าง ๆ ที่ง่ายและตอบโจทย์กับการศึกษาในรูปแบบออนไลน์ และในด้านการออกแบบเว็บไซต์ที่ความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุดอาจจะเป็นเพราะเนื่องจากเว็บไซต์การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม ได้มีการพัฒนาเป็นครั้งแรก จึงอาจจะทำให้มีการผิดพลาดในส่วนของการออกแบบและการจัดวางข้อมูลแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ

5. บทสรุป

จากการศึกษาปัญหาของผู้เรียนและได้มีการพัฒนามาเป็นโครงการนี้ สามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อเว็บไซต์การพัฒนาสื่อการสอนวิชาดาราศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมในระดับที่ดีมากโดยผู้ใช้งานได้ทำแบบทดสอบความพึงพอใจ ซึ่งแบ่งการวัดความพึงพอใจออกเป็น 3 ด้าน คือ การออกแบบหน้าเว็บไซต์ ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์และด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน ซึ่งในแต่ละด้านมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.55 , 4.72 และ 4.62 ตามลำดับการประเมินความพึงพอใจของระบบ และเว็บไซต์สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตามขอบเขตที่กำหนดไว้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้โอกาสได้รับทุนส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และอาจารย์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Marisa Selanon, “Augmented Reality : ทางเลือกใหม่ของสื่อโฆษณา”, <https://socialmediastategistonline.wordpress.com/tag/marisa-selanon/>, 2556

- [2] Wikipedia, “Microsoft Visual Studio”, https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio, มีนาคม 2563
- [3] จิราภรณ์ ปกรณ์, “AR (Augmented Reality) เทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกแห่งความจริง”, <https://www.scimath.org/article-technology/item/7755-ar-augmented-reality>, 26 กุมภาพันธ์ 2561

วิธีการฆ่าเชื้อและอัตราส่วนของน้ำหมักต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในการหมักไวน์พลับ Sterilization methods and ratio of fermented broth on alcohol content in persimmon wine fermentation

อภิสร่า ปฐมปัญญาดี^{1*} และ กัลทิมา พิชัย²

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

*Email: apisarapathompunyadee@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการฆ่าเชื้อและอัตราส่วนของน้ำหมักต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในการหมักไวน์พลับ อัตราส่วนของน้ำหมักที่ใช้ศึกษาได้แก่ 1:1, 1:3 และ 1:5 สำหรับวิธีการฆ่าเชื้อใช้การพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที และการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ปริมาณร้อยละ 0.1 กรัม ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักอัตราส่วน 1:1 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดที่ร้อยละ 12.93 ± 0.2 โดยปริมาตร รองลงมาได้แก่น้ำหมักอัตราส่วน 1:3 และ 1:5 ที่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 11.00 ± 0.2 และร้อยละ 9.50 ± 0.2 ตามลำดับ ผลของวิธีการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนในทุกอัตราส่วนของน้ำหมักอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นทางสถิติระดับ 0.05.

คำสำคัญ: ไวน์พลับ; วิธีการฆ่าเชื้อ; การหมัก

Abstract

The objectives of this research were to study the effect of sterilization methods and the ratio of fermented broth to alcohol content in persimmon wine fermentation. The ratio of fermented broth were 1:1, 1:3 and 1:5. The sterilization methods were pasteurization at 60 °C for 15 minutes and adding potassium metabisulfite (KMS) 0.1% gram. The results showed that the highest alcohol content of 12.93 ± 0.2 % (v/v) gained from the condition of 1:1 broth ratio, followed by the ratio of 1:3 and 1:5 with alcohol content of 11.00 ± 0.2 and 9.50 ± 0.2 respectively. The chemical method gave higher alcohol content than heating sterilization method for all broth ratio conditions at significant level of 0.05

Keywords: persimmon wine; disinfecting method; fermentation

1. บทนำ

ไวน์เป็นเครื่องดื่มหนึ่งซึ่งผลิตจากน้ำผลไม้ด้วยเชื้อยีสต์ที่คัดเลือกแล้ว มีการควบคุมการหมักและการผลิตเป็นอย่างดี ไวน์เป็นเครื่องดื่มที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย หากดื่มในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยกระตุ้นให้เจริญอาหารทำให้บริโภคอาหารได้มากขึ้น ช่วยเสริมกลืนและรสของอาหารช่วยให้เส้นเลือดขยายตัว ในคนไข้ที่เป็นความดันโลหิตต่ำและช่วยให้หลอดเลือดหัวใจไม่ตีบตัน จากสาเหตุดังกล่าวไวน์จึงเป็นเครื่องดื่มที่น่าสนใจและมีแนวโน้มจะเติบโตไปได้ไกล [1] ไวน์ที่ไม่ได้เข้าสู่

กระบวนการกลั่นจะมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 8-14 โดยปริมาตร ไวน์เกิดจากกระบวนการหมักโดยการหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาการหมักแอลกอฮอล์

ในประเทศไทยความนิยมในการดื่มไวน์มีเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการนำเข้าไวน์จากต่างประเทศมูลค่า หลายร้อยล้านบาทต่อปี ในขณะที่ประเทศไทยมีศักยภาพที่จะผลิตไวน์ได้เอง เนื่องจากไวน์สามารถผลิตได้จากการหมักน้ำผลไม้เกือบทุกชนิด รวมถึงพืชตระกูลข้าวและสมุนไพรด้วย แต่จะให้กลิ่น และรสชาติแตกต่างจาก ไวน์ที่ทำจากผลองุ่น และจะเรียกชื่อไวน์ตามผลไม้ชนิดนั้น ๆ เช่น ไวน์สับปะรด ไวน์กระเจี๊ยบ ไวน์ข้าว เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยมีวัตถุดิบในการผลิตไวน์มากมายหลายชนิด และมีผลผลิตหมุนเวียนไปตามฤดูกาลตลอดทั้งปี การผลิตไวน์ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการแปรรูปวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีมากจนล้นตลาด และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้นด้วย ทั้งนี้วัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับทำไวน์ควรมีลักษณะดังนี้คือ มีรสหวานอมเปรี้ยว มีสี กลิ่น และรสชาติที่ดี หรือมีรสฝาดเล็กน้อยก็จะดี ควรหลีกเลี่ยงวัตถุดิบที่มีเมื่แบ่งและเพคตินมาก เพราะจะทำให้ไวน์ มีความขุ่น หรือถ้าต้องผลิตจากข้าวต้องมีการย่อยแบ่งให้เป็นน้ำตาลวัตถุดิบในประเทศไทยหลายชนิดสามารถ นำมาทำไวน์ได้เพราะมีรสชาติเฉพาะตัว เช่น สับปะรด เงาะ ชมพู ลำไย และข้าวหอม เป็นต้น การเลือกวัตถุดิบเพื่อใช้ผลิตไวน์จะต้องคำนึงถึงความเป็นกรด ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดมีกรดที่แตกต่างกัน เช่น มะยมมีกรด มาลิก องุ่นมีกรดทาร์ทาริก ทั้งนี้ปริมาณกรดที่เหมาะสม คือ ประมาณ 0.5 – 0.7 % และระดับความเป็นกรดต่าง ระหว่าง 3.3 – 4.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของไวน์ สำหรับวัตถุดิบบางชนิดที่ไม่มีรสเปรี้ยวหรือมีกรดน้อย เช่น กล้วย มะละกอ แตงโม น้อยหน่า องุ่น และข้าว ก็จะต้องเติมกรดลงไปเล็กน้อยเพื่อปรับรสชาติและปรับ สภาวะให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ หากเป็นวัตถุดิบที่มีรสเปรี้ยวมากหรือมีกรดมาก เช่น มะยม มะดัน มะขาม มะกอก ส้ม มะนาว องุ่น สับปะรด มะเฟือง มะไฟ ลูกหว้า กระเจี๊ยบ เสาวรส มะตูม มะขามป้อม อาจต้องเติมน้ำในปริมาณที่มากพอหรือบางครั้งอาจนำวัตถุดิบที่มีรสหวานมาผสมกับ วัตถุดิบที่มีรสเปรี้ยว นอกจากนั้นผลไม้ที่นำมาทำไวน์ ควรมีสารอาหารที่พอเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ ถ้าหากสารอาหารไม่เพียงพอ ก็ต้องเติมลงไปเพื่อให้ยีสต์เจริญเติบโตได้ดี [2] ผลไม้ในประเทศไทยมีมากมายหลายประเภทซึ่งสามารถนำมาผลิตไวน์และเครื่องดื่มผลไม้ได้เป็นอย่างดี พลับ อยู่ในวงศ์ Ebenaceae ชื่อวิทยาศาสตร์ *Diospyros kaki* L. พลับพันธุ์ Xichu เป็นผลไม้กึ่งร้อนผลัดใบที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีนและได้นำเข้ามาปลูกประเทศไทยมานานแล้ว ที่นิยมปลูกกันในภาคเหนือเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ แคลอรีต่ำเส้นใยสูงประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระชะลอวัย รวบรวมภูมิคุ้มกัน มีสารแทนนินที่ช่วยลดอาการความดันโลหิตสูง สายพันธุ์พลับที่นิยมปลูกส่วนใหญ่ มีทั้งพลับฝาดและพลับหวาน ในพลับฝาดจะมีสารแทนนินที่ละลายน้ำได้เหมาะแก่การทำไวน์ที่จะทำให้ไวน์มีรสชาติดี พลับจะออกผลผลิตในช่วง กรกฎาคม ถึง กันยายนของทุกปีซึ่งตรงกับช่วงฤดูฝนของประเทศไทยจึงประสบปัญหาการนำพลับออกมาจำหน่ายเนื่องจากส่วนใหญ่ปลูกในแถบภูเขาสูงจึงทำให้ประสบปัญหาการเน่าเสีย งานวิจัยนี้จึงได้สนใจนำพลับมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไวน์เพื่อเพิ่มมูลค่าพลับ ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ต้องมีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เจือปนที่ไม่ต้องการ มีวิธีการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน และ การใช้สารเคมี ทั้งนี้พลับเป็นผลไม้ที่มีน้ำในปริมาณที่ไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของวิธีการฆ่าเชื้อและอัตราส่วนของน้ำหมักเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการทำไวน์พลับ

2. วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำพลับเพื่อการทำไวน์

นำพลับมาล้างกำจัดสิ่งสกปรกด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือกหั่นเป็นชิ้นเล็กจากนั้นนำไปปั่นด้วย เครื่องปั่นผสม จนละเอียดแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง เอาส่วนกากออก แล้วกรองอีกครั้ง นำน้ำพลับที่ได้ แบ่งเป็น 3 ส่วน โดยแบ่งเป็น 3 อัตราส่วน น้ำพลับต่อน้ำ ที่อัตราส่วน 1:1, 1:3 และ 1:5 ปริมาตรต่อปริมาตร อัตราส่วนละ 1000 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลทรายลงในน้ำพลับแต่ละอัตราส่วนจากขั้นตอนที่ 1 วัดค่าของแข็งที่ละลายได้ด้วย Hand refractometer ปรับให้ได้ 22 °Brix ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำมะนาว ให้ได้ 3.5-4.5 เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์

2. การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำพลับ

การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำพลับแบ่งออกเป็น 2 วิธี 1 ชุดควบคุมโดยแบ่งได้ดังนี้

1.ชุดควบคุม ไม่ใช้ความร้อนและไม่ใช้สารเคมี

2. การใช้ความร้อนโดยการต้ม ที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที

3. การใช้สารเคมีโดยการเติม potassium metabisulfite (KMS) 0.1 กรัม ต่อน้ำ 1000 มิลลิตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนเติมน้ำเชื้อ

3. การเตรียมน้ำเชื้อ (starter)

แบ่งน้ำหมัก 100 มิลลิตรลงในฟลาสก์เติม ยีสต์ผง *Saccharomyces cerevisiae* 0.1 กรัมต่อน้ำ 1000 มิลลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าอัตโนมัติเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเทน้ำเชื้อลงในน้ำหมักที่เตรียมไว้ หมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาในการหมัก 20 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมักไวน์ที่ได้จะมีตะกอนที่ทำให้เกิดความขุ่นอยู่มากซึ่งเป็นกากของผลไม้และเซลล์ยีสต์ จึงแยกส่วนใส่ออกโดยวิธีการกลั่นน้ำไวน์กลับที่ได้กรอกใส่ขวดเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อกลั่นรสที่ดีขึ้นการเก็บไวน์เวลานานก็จะได้น้ำไวน์ที่มีรสดีขึ้น

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการหมักเป็นเวลา 20 วัน จะเก็บตัวอย่างไวน์ทุก ๆ 4 วันเพื่อนำมาหา ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้เครื่อง Ebulliometer ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยใช้ Hand refractometer และค่าความเป็น กรด-ด่าง วัดด้วย pH meter

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำหมักและวิธีการฆ่าเชื้อได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของวิธีการฆ่าเชื้อและอัตราส่วนของน้ำหมักต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในการหมักไวน์กลับ

อัตราส่วนของน้ำหมัก และวิธีการฆ่าเชื้อ	ค่าเฉลี่ยทางสถิติของร้อยละปริมาณ แอลกอฮอล์ ($\pm$ S.D.)
1:1 ชุดควบคุม	12.93 ± 0.2^a
1:1 ใช้ความร้อน	11.37 ± 0.3^c
1:1 ใช้สารเคมี	12.10 ± 0.1^b
1:3 ชุดควบคุม	11.00 ± 0.2^{cd}
1:3 ใช้ความร้อน	9.77 ± 0.4^e
1:3 ใช้สารเคมี	10.67 ± 0.5^d
1:5 ชุดควบคุม	9.50 ± 0.2^e
1:5 ใช้ความร้อน	7.53 ± 0.5^f
1:5 ใช้สารเคมี	9.57 ± 0.1^e

หมายเหตุ : พยัญชนะภาษาอังกฤษต่างกันในคอลัมน์ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจะทำให้สีของน้ำกลับเข้มขึ้นกว่าการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีทั้งนี้เนื่องจากหมู่คาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซ์ในน้ำกลับทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนทำให้เกิดสีน้ำตาล หรือเรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) [3] จากตารางที่ 4.1 พบว่าน้ำหมักที่อัตราส่วน 1:1 (น้ำกลับต่อน้ำ) ชุดควบคุมไม่มีการฆ่าเชื้อ ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 12.93 ± 0.2 โดยปริมาตร น้ำหมักอัตราส่วน 1:1 (น้ำกลับต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 11.37 ± 0.3 โดยปริมาตร น้ำหมักอัตราส่วน 1:1 (น้ำกลับต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 12.10 ± 0.1 โดยปริมาตรน้ำหมักที่อัตราส่วน 1:3 (น้ำกลับต่อน้ำ) ชุดควบคุมไม่มีการฆ่า

เชื้อ ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 11.00 ± 0.2 โดยปริมาตร น้ำหมักอัตราส่วน 1:3 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 9.77 ± 0.4 โดยปริมาตร น้ำหมักอัตราส่วน 1:3 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 10.67 ± 0.5 โดยปริมาตร น้ำหมักอัตราส่วน 1:5 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ขุดควบคุมไม่มีการฆ่าเชื้อ ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 9.50 ± 0.2 โดยปริมาตร น้ำหมักอัตราส่วน 1:5 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 7.53 ± 0.5 โดยปริมาตร น้ำหมักอัตราส่วน 1:5 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีให้ปริมาณแอลกอฮอล์ เท่ากับร้อยละ 9.75 ± 0.1 โดยปริมาตร อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าขุดควบคุมจะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าชุดทดลองแต่หากจะผลิตในปริมาณมากขึ้นการควบคุมจุลินทรีย์ชนิดอื่นไม่ให้มีผลต่อการหมักก็ยังมี ความจำเป็น การฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนถึงแม้จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่าแต่ก็อาจเหมาะสมต่อการผลิตไวน์บางชนิด เพราะความร้อนสามารถสกัดสารที่มีประโยชน์ต่อยีสต์ได้ [4]

จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของน้ำหมักและวิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อกระบวนการหมักซึ่งทำให้ปริมาณ แอลกอฮอล์แตกต่างกัน อัตราส่วนของน้ำหมักที่ 1:1 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ขุดควบคุมไม่มีการฆ่าเชื้อสามารถเกิดกระบวนการหมัก ได้ไม่เน่าเสียและได้ปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด เนื่องจากผลผลิตที่สูงและไม่ได้เจือจางจะมีความเป็นกรดลดลงแต่ค่าการ ละลายของของแข็งที่ละลายได้จะสูงขึ้น [5] ซึ่งก็คือปริมาณน้ำตาลที่เชื้อยีสต์สามารถนำไปใช้เพื่อเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ [6] รองลงมาคือน้ำหมักที่อัตราส่วน 1:1 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมี และน้ำหมักที่อัตราส่วน 1:1 (น้ำปลั้บต่อน้ำ) ฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน น้ำหมักที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:3 ขุดควบคุมและวิธีการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีได้ปริมาณแอลกอฮอล์ ที่สูงกว่าการใช้ความร้อนโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 น้ำหมักที่อัตราส่วน 1:5 ขุดควบคุม และวิธีการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีไม่มีความแตกต่างกันแต่ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าวิธีฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน อัตราส่วนที่ได้ ปริมาณแอลกอฮอล์สูง คือ อัตราส่วน 1:1 เนื่องจากมีปริมาณความเข้มข้นของน้ำปลั้บมากจึงส่งผลให้กระบวนการหมักได้ แอลกอฮอล์สูง ตามด้วยอัตราส่วน 1:3 และ 1:5 ตามลำดับ ส่วนวิธีการฆ่าเชื้อเมื่อเทียบการใช้ความร้อนและสารเคมีในทุก อัตราส่วน การฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการใช้ความร้อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้การใช้สารเคมีฆ่าเชื้อยังเหมาะกับใช้กับการทำไวน์ในปริมาณมาก ๆ หรือใช้กับผลไม้บาง ชนิดที่สกปรกน้ำได้ง่าย เช่น สับปะรด เป็นต้น [7] รวมถึงการใช้ผลไม้อื่นหรือผลไม้ที่สุกงอมก็จะได้ค่าการละลายของแข็งมากขึ้นซึ่ง อาจทำให้ได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงขึ้นด้วย [8-9]

4. บทสรุป

จากการศึกษาผลของวิธีการฆ่าเชื้อและอัตราส่วนของน้ำหมักต่อปริมาณแอลกอฮอล์ในการหมักไวน์ปลั้บ อัตราส่วน ของน้ำหมักที่ใช้ศึกษาได้แก่ 1:1, 1:3 และ 1:5 สำหรับวิธีการฆ่าเชื้อใช้การพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที และ การเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (KMS) ปริมาณร้อยละ 0.1 กรัม ผลการศึกษาพบว่า น้ำหมักอัตราส่วน 1:1 ให้ ปริมาณแอลกอฮอล์สูงที่สุดที่ร้อยละ 12.93 ± 0.2 โดยปริมาตร รองลงมาได้แก่น้ำหมักอัตราส่วน 1:3 และ 1:5 ที่ได้ปริมาณ แอลกอฮอล์ 11.00 ± 0.2 และ 9.50 ± 0.2 ตามลำดับ ผลของวิธีการฆ่าเชื้อโดยใช้สารเคมีได้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่าการฆ่า เชื้อโดยใช้ความร้อนอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นทางสถิติระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามงานวิจัยในครั้งนี้ศึกษาเพียงความ แตกต่างของอัตราส่วนและวิธีการฆ่าเชื้อเท่านั้น ควรศึกษาผลของอุณหภูมิในการหมักไวน์ปลั้บต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลทิมา พิษัย อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ให้ความอนุเคราะห์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณในความกรุณา สำหรับคำแนะนำ และตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ อาคาร 28 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่อำนวยความสะดวก ในเรื่องสถานที่ และอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนร่วมวิจัย ที่ให้ความสนับสนุนและช่วยเหลือให้คำปรึกษา แนะนำในการทำวิจัยและขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมที่ไม่ได้กล่าวถึงทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จ สมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประดิษฐ์ ศรีวัฒนา. ไวน์ ศาสตร์และศิลป์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2545.
- [2] ยาวภา สุวตติ. เกร็ดความรู้เกี่ยวกับไวน์. วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนาองค์การเกษตรกรรม. 16(2)(2552)1-3.
- [3] กัลทิมา พิชัย. เทคโนโลยีการหมัก. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, เชียงใหม่. 2549.
- [4] ประดิษฐ์ ศรีวัฒนา. การผลิตไวน์ผลไม้ : ปัญหา สาเหตุที่พบในการผลิตและแนวทางแก้ไข. วารสารอาหาร. 33(3)(2546)168-172.
- [5] กนกอร ศรีม่วง. ผลของน้ำคั้นจากผลยอ (*Morinda citrifolia* Linn.) ต่อการเจริญของยีสต์ทำไวน์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2546.
- [6] เกียรติศักดิ์ พลสงคราม. การผลิตไวน์แดงจากลูกหว้า. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ. 2547.
- [7] อำพรพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, และ สุนันทิดา สิงห์ผล. การผลิตไวน์สับปะรดผสมแครอท. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม. 2559.
- [8] จุลสารไม้ผลมูลนิธิโครงการหลวง. พลับ งานพัฒนาและส่งเสริมการผลิตไม้ผล. ปีที่ 2.ฉบับที่50. มูลนิธิโครงการหลวง. 2542.
- [9] อำพรพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, และ ปิยะมาศ วงษ์ประยูร. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์มะม่วง. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2548.

การจำแนกประเภทบทความทางวิชาการทางการแพทย์ตามความอคติ Bias based medical academic papers classification

ธนาภัทร พิษญรัตน์

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
Email: thanapat-pi@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยทางคลินิกนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการใช้เป็นหลักฐานประกอบการตัดสินใจในการบำบัดรักษาผู้ป่วย และก่อให้เกิดนวัตกรรมการรักษาใหม่ ๆ การทดลองเป็นหนึ่งในวิธีการออกแบบวิจัยที่เหมาะสม โดยผลจากการทดลอง ย่อมมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความอคติ ความอคติจากการทดลองเกิดขึ้นจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ดังนั้นการปกปิดวิธีที่ใช้ในการทดลองกับบุคคลที่เกี่ยวข้อง จึงถือเป็นหนึ่งในวิธีการกำจัดความอคติที่ดี ในการที่ผู้อ่านบทความจะทราบได้ว่างานวิจัยได้ให้การปกปิดวิธีการทดลองหรือไม่นั้น ผู้อ่านจะต้องเป็นผู้ทำการสรุปด้วยตนเอง เพื่อลดระยะเวลาที่แพทย์หรือผู้อ่านจะต้องใช้ในการจำแนกประเภทงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาและวัดประสิทธิภาพระบบจำแนกประเภทบทความทางการแพทย์ตามความอคติ โดยใช้เทคนิคการถดถอยโลจิสติกส์ร่วมกับการตัดสินใจแบบต้นไม้ พร้อมกับพัฒนาวิธีการสำหรับการจัดเตรียมชุดข้อมูลบทความให้เหมาะสม โดยผลลัพธ์การพัฒนาและวัดประสิทธิภาพโมเดลให้ค่าเอฟวันสูงสุดประมาณ 0.503

คำสำคัญ: การประมวลผลภาษาธรรมชาติ การจำแนกข้อความทางการแพทย์ การถดถอยโลจิสติกส์ การตัดสินใจแบบต้นไม้

Abstract

Clinical research is the heart of all medical advances. Clinicals trial is part of effective and flexible design of clinical research. The reliability of results of trial depends on the extent to which potential bias have been avoided. Risk of bias may avoid by do blinding to person who related with trial. For doctor or person who controlled or ran operation with medical experimentation must summarize on research paper by themselves for methodology that each trial did perform. To reduce spending cost of time resource used for determining and doing classify research paper by themselves, researcher did develop and evaluate to text classification model to classify each research paper by type of bias handling with logistic regression and decision tree technique include methodology to prepare dataset. Result of develop and evaluate classification model generate 0.503 value of F_1 as the highest value.

Keywords: Natural language processing, Medical text classification, Logistic regression, Decision tree

1. บทนำ

งานวิจัยทางคลินิกนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการใช้เป็นหลักฐานประกอบการตัดสินใจในการบำบัดรักษาผู้ป่วย ในปัจจุบันมีงานวิจัยทางการแพทย์เพิ่มขึ้นซึ่งสามารถทำให้เกิดนวัตกรรมการรักษาใหม่ ๆ เกิดขึ้นตลอดเวลา การทดลอง เป็นหนึ่งในวิธีการออกแบบวิจัยที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วย ผู้ทดลอง ผู้ป่วยที่ถูกทดลอง และ ผู้ตรวจสอบผลการทดลอง โดยผลจากการทดลอง ย่อมมีความคลาดเคลื่อน (error) ทั้งจากสิ่งรบกวน (noise) ที่มักเกิดจากความบังเอิญ และความอคติ (bias)

ความอคติจากการทดลองเกิดขึ้นได้ทั้งจากผู้ป่วยที่ถูกทดลอง ผู้ตรวจสอบผลการทดลอง หรือ ตัวผู้ทำการทดลองเอง การปกปิดวิธีที่ใช้ในการทดลองกับบุคคลที่เกี่ยวข้อง ถือเป็นหนึ่งในวิธีการกำจัดความอคติที่ดี ในการออกแบบการวิจัยแบบทดลองในการที่ผู้อ่านบทความจะทราบได้ว่า งานวิจัยได้ให้การปกปิดวิธีการทดลองหรือไม่นั้น ผู้อ่านจะต้องเป็นผู้ทำการอ่านงานวิจัยและสรุปด้วยตนเอง ซึ่งในการอ่านบทความแต่ละฉบับนั้นต้องใช้เวลาและความเข้าใจในการอ่านอย่างมาก [1]

เพื่อลดระยะเวลาที่แพทย์จะต้องใช้ในการคัดกรองประเภทงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสังเกตเห็นว่า ปัญญาประดิษฐ์ จะสามารถเข้ามามีบทบาทในการช่วยคัดกรองงานวิจัยออกเป็นกลุ่มๆ ให้การปกปิด และ ไม่ให้การปกปิด เพื่อให้แพทย์สามารถนำเวลาในส่วนที่เสียไปกับการคัดแยกเอกสารนี้ ไปมุ่งศึกษาและพัฒนาที่นวัตกรรมการรักษาต่อไปแทน เพื่อให้เกิดประโยชน์กับการใช้เวลาย่างสูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือ การทดลองพัฒนาขั้นตอนวิธีที่ใช้ทำการจำแนกประเภทข้อมูลหลายประเภทที่มีภาระประเภทอย่างคลุมเครือหรือไม่ชัดเจน โดยการนำองค์ความรู้ทางด้านปัญญาประดิษฐ์มาพัฒนาระบบจำแนกบทความทางวิชาการทางการแพทย์ โดยให้จำแนกออกตามวิธีการควบคุมความอคติในวิธีวิจัย เพื่อเป็นการลดเวลาที่แพทย์จะต้องใช้ไปกับการอ่านบทความทั้งหมดและสรุปด้วยตนเอง โดยเมื่อระบบทำการจำแนกประเภทให้แล้วในเบื้องต้น แพทย์สามารถนำเวลาที่ต้องใช้กับการสรุปบทความไปเลือกบทความตามประเภทต่าง ๆ ที่ถูกจำแนกออกมาแล้ว ไปศึกษาต่อเพิ่มเติมหรือนำไปพัฒนาต่อได้ทันที

ขอบเขตของการวิจัย มี 3 ประการ คือ 1. พัฒนารูปแบบสำหรับการจัดเตรียมชุดข้อมูลบทความ ให้อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งานอย่างสูงที่สุด 2. พัฒนารูปแบบสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลบทความตามความอคติ 3. ทดสอบประสิทธิภาพสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลบทความตามความอคติ และทำการสรุปผลพร้อมอภิปราย

1.1 เอกสารทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1.1 วิจัยแบบทดลอง (Clinical trials)

การวิจัยแบบทดลองทางการแพทย์ [2] เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าของกระบวนการทางการแพทย์ในรูปแบบใหม่ ๆ กับวิธีการทางการแพทย์ที่ใช้เป็นมาตรฐานอยู่ในปัจจุบัน โดยมักจะต้องการมีการแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มอย่างน้อยสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และ กลุ่มควบคุม รวมถึงประชากรฝั่งผู้ทดลองเองจะต้องมีการแบ่งออกเป็น กลุ่มผู้ทดลอง และ กลุ่มผู้ตรวจสอบ

1.1.2 ความเท็จที่เกิดจากความอคติ (Systematic error)

ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ [1] หรืออคติ คือความคลาดเคลื่อนจากอคติและความลำเอียงโดยเกิดจากขั้นตอนและวิธีการศึกษา (research methodology) ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้กับประชากรทุกกลุ่มหากทราบถึงรายละเอียดในวิธีการที่ใช้ โดยหนึ่งในวิธีการควบคุมอคติดังกล่าว คือการให้ประชากรฝั่งผู้ทดลอง และ ผู้ตรวจสอบ ไม่ทราบถึงรายละเอียดในวิธีการที่ใช้ในการทดลอง โดยอาจจะให้การปกปิด (blinding) รายละเอียดของวิธี

1.1.3 การทำความสะอาดข้อมูล (Data cleansing)

การทำความสะอาดข้อมูล [4] เป็นกระบวนการตรวจสอบและการแก้ไข รายการข้อมูลที่ไม่ถูกต้องออกไปจากชุดข้อมูล ตารางหรือฐานข้อมูล ซึ่งเป็นหลักสำคัญของฐานข้อมูล เพราะหมายถึงความไม่สมบูรณ์ ความไม่ถูกต้อง ความไม่สัมพันธ์กับข้อมูลอื่น ๆ เป็นต้น จึงต้องมีการแทนที่ หรือการลบข้อมูลที่ไม่ถูกต้องเหล่านี้ออกไป เพื่อให้ข้อมูลมีคุณภาพ

การทำความสะอาดข้อมูล เกิดขึ้นเนื่องจากมีความไม่สอดคล้องของข้อมูล ซึ่งอาจเกิดจากข้อผิดพลาดของการบันทึกข้อมูล การส่งข้อมูล หรือการให้ความหมายของข้อมูลที่จัดเก็บแตกต่างกัน ยังต้องมีการบูรณาการกับฐานข้อมูลอื่น ๆ เช่น คลังข้อมูล จึงมีโอกาสสูงที่จะเกิด “ข้อมูลไม่สะอาด” ขึ้น

1.1.4 การถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic regression)

การถดถอยโลจิสติกส์ [5] เป็นโมเดลที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาในการจำแนกประเภทหรือปัญหาที่ประกอบด้วยตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่อาจมีตัวเดียวหรือหลายตัวที่เป็นได้ทั้งตัวแปรเชิงกลุ่ม หรือตัวแปรแบบต่อเนื่อง โดยโมเดลของการถดถอยโลจิสติกส์มีตัวแบบมาจากการนำค่าความน่าจะเป็นตั้งแต่ 0 ถึง 1 หรืออัตราส่วนออดส์ (odds ratio) เข้าทำการถดถอยเป็นฟังก์ชันโลจิสติกส์ ซึ่งสามารถสรุปดังสมการที่ (1) ได้ว่า ข้อมูลจะถูกจำแนกเป็นประเภท i หากอัตราส่วนออดส์มีค่ามากกว่า 0.5 หรือเท่ากับ หากน้อยกว่าจะถือว่าไม่เป็นประเภทเดียวกันกับประเภท i

$$\text{logit}(p_i) = \log \left(\frac{p_i}{1-p_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (1)$$

เมื่อ i คือ ประเภทของข้อมูล β คือ สัมประสิทธิ์ของ x และ x คือ ตัวแปรค่าคุณลักษณะที่ใช้ในการประมาณความน่าจะเป็นในการจำแนกประเภทซึ่งมีอยู่ถึง m ตัว

1.1.5 การตัดสินใจแบบต้นไม้ (Decision tree)

การตัดสินใจแบบต้นไม้ [6] เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับการประเมินค่าผลลัพธ์ของฟังก์ชันที่อยู่ในรูปแบบไม่ต่อเนื่อง โดยโครงสร้างจะถูกแสดงในรูปแบบกฎของ “if-then” เพื่อเสริมความง่ายต่อการอ่านของมนุษย์ ขั้นตอนวิธีนี้มักเป็นที่นิยมในการนำมาใช้ในปัญหาการวินิจฉัยโรคเบื้องต้น และนำมาใช้ประเมินความเสี่ยงในการออกสินเชื่อหรือกู้ยืม

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2011 วารสารแห่งการวิจัยการเรียนรู้ของเครื่องครั้งที่ 12 (JMLR Volume 12) ได้ตีพิมพ์บทความวิจัย Scikit-learn: Machine Learning in Python ขึ้น [7] ซึ่งเป็นการยกระดับภาษาเขียนโปรแกรม Python ขึ้นสู่การเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างขั้นตอนวิธี (algorithm) สำหรับงานด้านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ขนาดเล็กถึงปานกลาง เพื่อการแก้ไขปัญหทั้งแบบมีผู้สอน (supervised) และ ไม่มีผู้สอน (unsupervised) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจและพัฒนาโปรแกรมหรือขั้นตอนวิธีสำหรับการเรียนรู้ของเครื่องเองได้โดยไม่ต้องมีองค์ความรู้ผู้เชี่ยวชาญ และผลักดันให้ใช้ควบคู่กันทั้งเพื่อพัฒนาการศึกษาและเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยด้านการเรียนรู้ของเครื่องและปัญญาประดิษฐ์ได้มีการตีพิมพ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องรวมถึงในด้านการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural language processing) เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม ค.ศ. 2019 งานวิจัยของ Neumann และคณะ ได้เสนอบทความวิจัยชื่อ ScispaCy [8] ซึ่งเป็นโมเดลบริบททางภาษา (Language modeling) ที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับการประมวลผลข้อความเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific) และชีวการแพทย์ (biomedical) ภายในบทความวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่โดดเด่นมากกว่าโมเดลชนิดอื่นเมื่อนำมาประมวลผลข้อความเชิงวิทยาศาสตร์ โดยให้การปิดท้ายว่าในอนาคตจะออกแบบเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในภาคการวิจัยทางคลินิก หรือการวิจัยแบบทดลองทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 เครื่องมือการวิจัย

ใช้ชุดข้อมูลจาก การแข่งขันแยกการอ่านเอไอออนไลน์ครั้งที่ 2 / 2020 โดย สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย (AIAT AI Hackathon Online 2 / 2020) [9-10] ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลบทความวิชาการและบทความวิจัยทางการแพทย์ที่ผ่านกระบวนการแปลงไฟล์ภาพเอกสาร ให้เป็นไฟล์ข้อความอัตโนมัติ (Optical character recognition) แต่ยังไม่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องความครบถ้วนของข้อมูล พร้อมฉลากที่บ่งชี้ (class label) ถึงประเภทการปกปิดของบทความ และใช้โปรแกรม Jupyter Notebook ซึ่งใช้งานด้วยภาษาเขียนโปรแกรม Python ในการทำวิจัยทั้งหมด โดยใช้ร่วมกับส่วนเสริมหลัก (library) ประกอบด้วย

- 2.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในจัดเตรียมและวิเคราะห์ชุดข้อมูล ใช้ NumPy และ Pandas
- 2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลข้อความเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้ scispaCy โดยปฏิบัติการใน spaCy
- 2.1.3 เครื่องมือที่ใช้จัดประเภทด้วยขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง ใช้ Scikit-learn

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.2.1 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์แนวคิดในการแก้ไข้ปัญหา

ผลของการวิจัยทางการแพทย์ที่ดี ควรมาจากการออกแบบการวิจัยที่ปราศจากความคลาดเคลื่อนหรือมีอย่างน้อยที่สุด แต่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความอคตินั้นเป็นความคลาดเคลื่อนที่ตรวจสอบได้ยากและมักจะถูกมองข้าม ดังนั้นวิธีแก้ไขที่นับว่าดีที่สุด คือการให้การปกปิดถึงข้อมูลกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ภายในชุดข้อมูลนี้เองได้ประกอบด้วยบทความที่ได้รับอย่างคลุมเครือว่าได้ให้การปกปิด หรือไม่ได้ให้การปกปิด รวมถึงทั้งการไม่กล่าวถึงการปกปิดในการวิจัยด้วยการปกปิดในการทดลองมีทั้งหมด 9 ประเภท คือ

- 1. การให้การปกปิดรายละเอียดทั้งกับผู้ถูกทดลองและผู้ตรวจสอบ (PP)
- 2. การไม่ให้การปกปิดรายละเอียดทั้งกับผู้ถูกทดลองและผู้ตรวจสอบ (NN)
- 3. การไม่กล่าวถึงการปกปิดรายละเอียดทั้งกับผู้ถูกทดลองและผู้ตรวจสอบ (QQ)

4. การให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ถูกทดลอง แต่ไม่ให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ตรวจสอบ (PN)
5. การให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ถูกทดลอง แต่ไม่กล่าวถึงการปกปิดรายละเอียดกับผู้ตรวจสอบ (PQ)
6. การไม่ให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ถูกทดลอง แต่ให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ตรวจสอบ (NP)
7. การไม่ให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ถูกทดลอง แต่ไม่กล่าวถึงการปกปิดรายละเอียดกับผู้ตรวจสอบ (NQ)
8. การไม่กล่าวถึงการปกปิดรายละเอียดกับผู้ถูกทดลอง แต่ให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ตรวจสอบ (QP)
9. การไม่กล่าวถึงการปกปิดรายละเอียดกับผู้ถูกทดลอง แต่ไม่ให้การปกปิดรายละเอียดกับผู้ตรวจสอบ (QN)

ภายใต้การระบุวิธีการปกปิดในบทความวิจัยที่คลุมเครือและไม่ชัดเจน จึงเป็นปัญหาของผู้วิจัยที่จะต้องหาวิธีการแก้ไข โดยการนำขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเข้ามาช่วยทำการจำแนกกลุ่มต่อไป

2.2.2 ทำความสะอาดชุดข้อมูล

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลในการจำแนกอย่างสูงสุด การทำความสะอาดชุดข้อมูลจึงเป็นหนึ่งในขั้นตอนการปรับปรุงที่ควรทำเป็นลำดับแรก เพื่อเป็นการกำจัดข้อมูลรบกวน (noisy data) หรือข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก โดยผู้วิจัยได้ทำการทำความสะอาดชุดข้อมูลด้วยการ ปรับให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบเดียวกัน และ การกำจัดข้อมูลซ้ำซ้อนและผิดปกติ ข้อมูลที่ผิดปกติจะตรวจสอบจากภาษาที่ใช้ในการเขียนบทความ บทความที่เป็นมาตรฐานจะเป็นบทความที่เขียนด้วยภาษาอังกฤษ ส่วนภาษาอื่นที่พบจะถือว่าเป็นข้อมูลที่ผิดปกติจะถูกดำเนินการลบออกไป

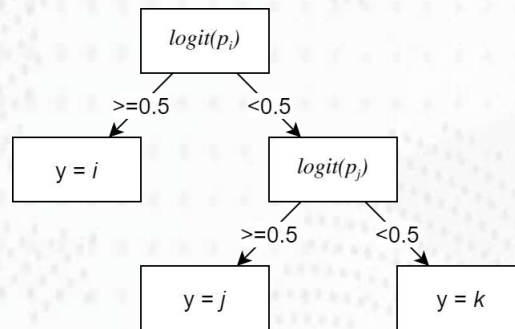
2.2.3 ทำการประมวลผลชุดข้อมูล

เป็นการนำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดมาแล้ว มาผ่านกระบวนการเตรียมความพร้อมข้อมูล (data preprocessing) ก่อนการนำไปเข้ากระบวนการเรียนรู้ของเครื่องอีกที โดยทำการสกัดคุณลักษณะ (Feature extraction) ของประเภทการปกปิดทั้งสามแบบกับกลุ่มประชากรทั้งสองฝั่งออกจากกันให้เป็นเหมือนตารางบูลีน (Boolean) ทำข้อมูลบทความให้อยู่ในรูปแบบที่เครื่องสามารถรับรู้ได้ด้วยขั้นตอนวิธีสำเร็จรูปจาก scispaCy แล้วจึงนำข้อมูลไปแบ่งออกเป็น ชุดฝึก ชุดตรวจสอบ และชุดทดสอบ ตามอัตราส่วน 70:15:15 เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

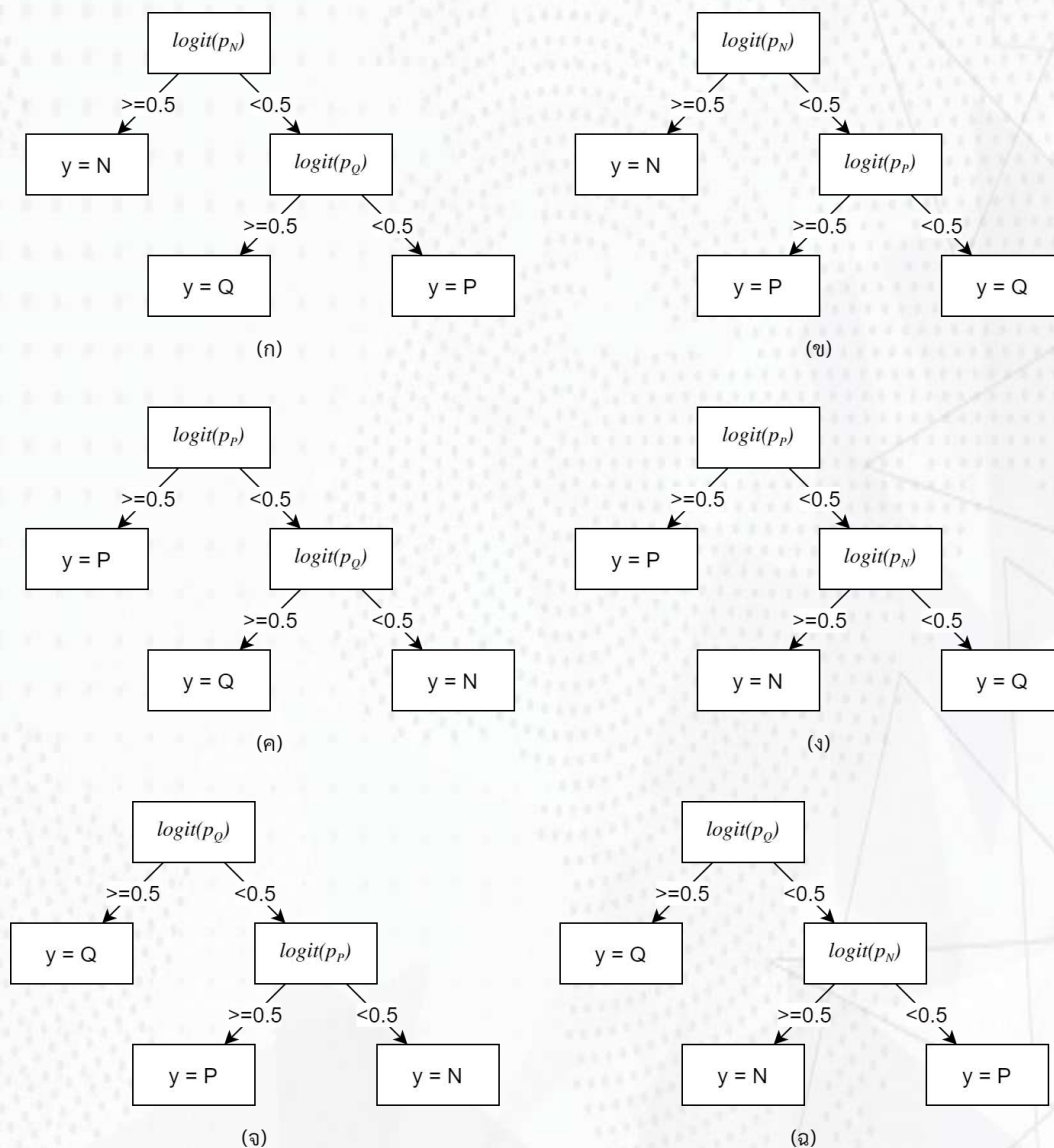
2.2.4 ออกแบบโมเดลและทำการจำแนกประเภทบทความตามอคติ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแบบสำรวจขั้นตอนวิธีการจำแนกข้อความ [11] และทดลองขั้นตอนวิธีการจำแนกเบื้องต้นหลายขั้นตอนวิธีในระยะเวลาที่จำกัดไม่เกิน 38 ชั่วโมง ทำให้ผู้ทดลองต้องตัดขั้นตอนวิธีที่ต้องอาศัยการทำซ้ำ (iteration) เป็นจำนวนมากออกไป เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดการทำงานไม่สำเร็จตามระยะเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยทำการแปลงชุดข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบคำให้กลายเป็นตัวเลข (Word embedding) แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการหาผลคูณของ ความถี่ของคำ (Term frequency) และ ค่าผกผันความถี่ของเอกสาร (Inverse document frequency) หรือเรียกว่าค่าความถี่ของคำที่ปรากฏอยู่บนเอกสาร โดยเรียกผลคูณของสองค่านี้ว่าค่า TF-IDF โดยกำหนดให้แต่ละเวกเตอร์ (vector) ของ TF-IDF บรรจุค่าคุณลักษณะสูงสุด 4,096 ค่าคุณลักษณะ ด้วยขั้นตอนวิธีสำเร็จรูปจาก scikit-learn แล้วจึงนำไปเข้าสู่กระบวนการจำแนกต่อไป ในขั้นแรกผู้วิจัยพบว่าข้อกำหนดให้ขั้นตอนวิธีทำการจำแนกข้อมูลออกมา 9 ประเภทนั้นเป็นวิธีที่ให้ความแม่นยำต่ำและดูไม่มีประสิทธิภาพ ต่อมาผู้วิจัยจึงทดลองทำการทำการจำแนกข้อมูล 2 หมวดหมู่ ได้แก่ ข้อมูลการปกปิดกับผู้ถูกทดลอง (Blinding of Intervention) และ ข้อมูลการปกปิดกับผู้ตรวจสอบ (Blinding of outcome Assessment) โดยกำหนดรหัสย่อให้เป็น หมวดหมู่ Bol และ หมวดหมู่ BoA ตามลำดับและแยกการจำแนกออกเป็น 3 ประเภทเหมือนกัน ประกอบด้วย ประเภทให้การปกปิด ประเภทไม่ให้การปกปิด ประเภทไม่ระบุการปกปิด กำหนดรหัสย่อให้เป็น ประเภท N ประเภท P และ ประเภท Q ตามลำดับ แล้วจึงนำผลลัพธ์ของทั้งสองมาประกอบรวมกัน พบว่าการเปลี่ยนวิธีดังกล่าวสามารถทำให้ความแม่นยำสูงขึ้นแต่ทุกขั้นตอนวิธีนั้นให้ค่าความแม่นยำที่ยังไม่น่าพอใจ

ผู้วิจัยจึงทดลองสร้างโมเดลขั้นตอนวิธีสำหรับการจำแนกประเภทใหม่โดยให้ขั้นตอนวิธีจำแนกประเภทการปกปิดครั้งละหนึ่งประเภท โดยใช้การถดถอยโลจิสติกส์พิจารณาว่าบทความดังกล่าวมีความเป็นไปได้ที่จะมีการปกปิดในประเภทนั้น ๆ หรือไม่ โดยนำขั้นตอนวิธีการตัดสินใจแบบต้นไม้มาควบคุมอีกที ผู้วิจัยได้ทำการสร้างโครงสร้างต้นไม้การตัดสินใจขึ้นเพื่อเป็นตัวอย่างแนวความคิด โดยทดสอบให้จำแนกข้อมูลออกเป็นประเภท i, j และ k ตามลำดับ (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 โครงสร้างต้นไม้การตัดสินใจเพื่อใช้สำหรับจำแนกข้อมูลออกเป็นประเภท i, j และ k ตามลำดับ



ภาพที่ 2 โครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจที่จัดประเภทตามลำดับ (ก) NQP, (ข) NPQ, (ค) PQN, (ง) PNQ, (จ) QPN และ (ฉ) QNP

จากการที่ผู้วิจัยทำการสลับลำดับการพิจารณาของทั้งสามประเภทดังกล่าว พบว่าลำดับการพิจารณาประเภทการปกปิดนั้นมีผลต่อผลลัพธ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำทดลองกับทุกการเรียงลำดับ โดยจะเรียงลำดับการพิจารณาประเภทการปกปิดให้ครบทุกความเป็นไปได้เพื่อสังเกตและวิเคราะห์ผลลัพธ์ โดยสามารถทำการจัดเรียงลำดับได้ทั้งหมด 6 วิธี (ดังภาพที่ 2)

2.2.5 วัดประสิทธิภาพของโมเดล

การวัดประสิทธิภาพนี้จะวัดด้วยค่าความแม่นยำ (accuracy) ทำการคำนวณดังสมการที่ (2) เพื่อดูผลลัพธ์ในเบื้องต้น และค่าเอฟวันเฉลี่ยแบบมาโคร ($F1_{macro}$) ทำการคำนวณดังสมการที่ (8) โดยทำการคำนวณจากค่าเอฟวัน ($F1$) ทำการคำนวณดังสมการที่ (5) ที่ต้องพิจารณาร่วมกันกับ ค่าความเที่ยงตรง (precision) ทำการคำนวณดังสมการที่ (3) และค่าเรียกคืน (recall) ทำการคำนวณดังสมการที่ (4) สำหรับการวัดประสิทธิภาพของโมเดลการเรียงลำดับการจำแนก จะใช้ค่าเที่ยงตรงเฉลี่ยแบบมาโคร (PRE_{macro}) และค่าเรียกคืนเฉลี่ยแบบมาโคร (REC_{macro}) แทนเนื่องจากมีภาวะไม่สมดุลของประเภทข้อมูล ทำการคำนวณดังสมการที่ (6) และ (7) ตามลำดับ โดยจะทำการสร้างตารางค่าความสับสน (confusion matrix) เพื่อเก็บความถี่ของค่าที่ใช้ในการคำนวณค่าเพื่อการวัดประสิทธิภาพทั้งหมดก่อน ซึ่งตัวตารางสามารถออกแบบได้ดังตารางที่ 1 จากการทดสอบทางสถิติ โมเดลที่มีประสิทธิภาพจะให้ค่าเอฟวันที่สูง เพราะมีความคลาดเคลื่อนต่ำ [12]

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

$$PRE = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

$$REC = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$F1 = 2 \frac{PRE \times REC}{PRE + REC} \quad (5)$$

$$PRE_{macro} = \frac{PRE_1 + PRE_2 + \dots + PRE_n}{n} \quad (6)$$

$$REC_{macro} = \frac{REC_1 + REC_2 + \dots + REC_n}{n} \quad (7)$$

$$F1_{macro} = \frac{F1_1 + F1_2 + \dots + F1_n}{n} \quad (8)$$

ตารางที่ 1 ตารางค่าความสับสนของที่ใช้เก็บความถี่ของค่าที่ใช้ในการคำนวณค่าเพื่อการวัดประสิทธิภาพ

ตารางค่าความสับสน		ผลลัพธ์ที่โมเดลทำการทำนายประเภท	
		เข้าข่าย	ไม่เข้าข่าย
ประเภทของข้อมูลตามจริง	เป็น	TP	FP
	ไม่เป็น	FN	TN

โดยความถี่ของค่าต่าง ๆ ทั้ง 4 ค่าภายในตารางค่าความสับสน สามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้

1. ค่า True-Positive (TP) หมายถึง โมเดลทำนายประเภทได้ถูกต้อง โดยผลคือ เข้าข่ายประเภทดังกล่าว
2. ค่า True-Negative (TN) หมายถึง โมเดลทำนายประเภทได้ถูกต้อง โดยผลคือ ไม่เข้าข่ายประเภทดังกล่าว
3. ค่า False-Positive (FP) หมายถึง โมเดลทำนายประเภทไม่ถูกต้อง โดยผลคือ เข้าข่ายประเภทดังกล่าว
4. ค่า False-Negative (FN) หมายถึง โมเดลทำนายประเภทไม่ถูกต้อง โดยผลคือ ไม่เข้าข่ายประเภทดังกล่าว

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการพัฒนาวิธีการสำหรับการจัดเตรียมชุดข้อมูลบทความ ให้อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งานอย่างสูงที่สุด

จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่า ข้อมูลที่ผ่านกระบวนการแปลงไฟล์ภาพเอกสาร ให้เป็นไฟล์ข้อความอัตโนมัติ มานั้น ประกอบด้วยคำรบกวนที่เป็นรหัสแอสกี (ASCII code) และ ยูนิโคด (Unicode) ซึ่งส่งผลร้ายอย่างมากต่อการนำไปเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง ผู้วิจัยจึงทำการล้างคำรบกวนดังกล่าวออกจากชุดข้อมูลทั้งหมด ซึ่งส่งผลให้ข้อมูลบางอย่างมีการเปลี่ยนแปลงความหมายเล็กน้อย เช่น เครื่องหมายยัติภังค์ (hyphen) ที่กำกับระหว่างตัวเลขแสดงถึงขอบเขตของการกล่าวอ้าง เมื่อถูกลบออกไปนั้นทำให้ความหมายนั้นสื่อถึงตัวเลขที่มีจำนวนหลักสูงผิดปกติดังเลขหน้าเอกสาร หรือ ปริมาณการบ่งชี้ถึงสารเคมี ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ส่วนดังกล่าวไม่มีความสำคัญต่อการจำแนกประเภทการให้การปกปิดแต่อย่างใด จึงไม่ถือว่าเป็นข้อผิดพลาดของขั้นตอนวิธี ไม่จำเป็นต้องทำการแก้ไข และพบเอกสารที่ไม่ได้ถูกเขียนมาด้วยภาษาอังกฤษ ผู้วิจัยจึงทำการลบเอกสารดังกล่าวออกจากชุดข้อมูลทันที เพราะเอกสารส่วนมากถูกเขียนขึ้นมาด้วยภาษาอังกฤษ เอกสารภาษาอื่นจึงดูมีความไม่เป็นมาตรฐาน และในการแปลให้เอกสารดังกล่าวเป็นภาษาอังกฤษอาจมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงไม่เป็นผลดีต่อการนำมาใช้งานอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการตรวจสอบความซ้ำซ้อนของเอกสารและลบเอกสารที่ซ้ำกันออกให้เหลือเพียงเอกสารเดียว เนื่องจากเอกสารมีค่าการเรียนรู้ของเครื่องที่เท่ากัน หากเพิ่มปริมาณเข้าไปจะทำให้ข้อมูลมีค่านัยสำคัญสูงกว่าเอกสารอื่น ผลจากการทำความสะอาดชุดข้อมูลทำให้สูญเสียปริมาณข้อมูลไปประมาณร้อยละ 8.28 ทำให้เหลือข้อมูลที่สามารถนำไปใช้การได้ประมาณร้อยละ 91.72 จากข้อมูลทั้งหมด

3.2 ผลการพัฒนาวิธีการสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลบทความตามความอคติ

จากตารางที่ 2 ซึ่งเป็นเมทริกซ์ความถี่ (frequency matrix) ผู้วิจัยพบว่า การออกแบบการจำแนกเป็น 9 แบบ โดยตรงนั้นให้ความแม่นยำที่ต่ำ เพราะเกิดจากภายในชุดข้อมูลมีการขาดหายไปของประเภทการให้การปกปิดอยู่หนึ่งประเภท และมีความไม่สมดุลของประเภทข้อมูล ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบการจำแนกข้อมูลใหม่ เป็นการจำแนกเพียง 3 ประเภท แต่แบ่งออกเป็น 2 หมวดหมู่ การแบ่งการจำแนกแบบดังกล่าวทำให้ช่วยแก้ไขปัญหาค่าความแม่นยำต่ำได้ในระดับหนึ่ง แล้วจึงนำหลักการนี้ไปจำแนกตามลำดับให้ครบทุกประเภท และทำการจัดลำดับให้ครบทุกความเป็นไปได้ของการจัดลำดับการจำแนก

ตารางที่ 2 เมทริกซ์ความถี่ของการปกปิดในการทดลองทั้ง 9 ประเภท

Frequency Matrix of Blinding		Blinding of outcome assessment (BoA)		
		P	N	Q
Blinding of intervention (BoI)	P	35.94%	N/A	1.74%
	N	2.08%	13.72%	5.38%
	Q	3.12%	0.17%	37.85%

3.2.1 ผลการจำแนกบทความ 3 ประเภท 2 หมวดหมู่

ตารางที่ 3 แสดงถึงค่าความแม่นยำในการจำแนกในแต่ละประเภทและแต่ละหมวดหมู่ พบว่าการเจาะจงให้จำแนกบทความที่ไม่ให้การปกปิด (N) นั้นมีความแม่นยำสูงที่สุดในทั้งสองหมวดหมู่ และตามด้วย การพิจารณาการให้การปกปิด (P) และ ไม่ระบุการให้การปกปิด (Q) ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงตั้งข้อสังเกตว่าในการเรียงลำดับของการจำแนกประเภทนั้น การปิดท้ายลำดับด้วย Q จึงน่าจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะเป็นการให้ค่าความแม่นยำที่ต่ำที่สุด และคาดว่าค่าการเรียงลำดับ NPQ กับ PNQ น่าจะเป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีสุดตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการจำแนกบทความตามประเภทในแต่ละหมวดหมู่

Model	Blinding of intervention (BoI)	Blinding of outcome assessment (BoA)
N	0.86	0.90
P	0.79	0.72
Q	0.66	0.66

3.2.2 ผลการจำแนกตามลำดับในแต่ละการเรียงลำดับการจำแนก

ตารางที่ 4 แสดงถึงค่าความแม่นยำของการจำแนกในแต่ละลำดับ พบว่าการจำแนกตามลำดับ NPQ และ PNQ ของทั้งสองหมวดหมู่ นั้น ให้ค่าความแม่นยำสูงสุด บ่งชี้การที่ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานว่า ให้ตั้งลำดับพิจารณา Q เป็นลำดับสุดท้ายจะให้ความแม่นยำที่สุทธนั้น เป็นความจริงเมื่อเทียบกับผลลัพธ์ที่มีการวาง Q ไว้ในลำดับอื่น แต่เนื่องจากการที่ชุดข้อมูลมีความไม่สมดุลของประเภท จึงไม่ควรจะสรุปว่า NPQ และ PNQ เป็นโมเดลที่ทำการให้ลำดับที่ดีที่สุด ผู้วิจัยจึงจะต้องนำโมเดลทั้ง 6 โมเดลไปผ่านขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพต่อไป

ตารางที่ 4 ความแม่นยำของผลลัพธ์การจำแนกตามลำดับในแต่ละการเรียงลำดับการจำแนกในแต่ละหมวดหมู่

Model	Blinding of intervention (BoI)	Blinding of outcome assessment (BoA)
NQP	0.54	0.56
NPQ	0.68	0.64
PQN	0.51	0.51
PNQ	0.68	0.64
QPN	0.51	0.51
QNP	0.54	0.56

3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลบทความตามความอคติ

ผู้วิจัยพบว่า ชุดข้อมูลมีความไม่สมดุลของประเภทการให้การปกปิด จึงต้องทำการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล และพบว่าโมเดลแต่ละแบบในเบื้องต้นนั้นมีความเหมาะสมของการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน จากค่าผลลัพธ์หลังการทดสอบประสิทธิภาพ

3.3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกบทความ 3 ประเภท 2 หมวดหมู่

ตารางที่ 5 แสดงถึงค่าที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพของการจำแนกบทความ 3 ประเภท 2 หมวดหมู่ พบว่าในส่วนของการจำแนกประเภท N ที่ให้ค่าความแม่นยำสูงนั้น กลับไม่ให้ค่าความเที่ยงตรงและค่าเรียกคืนใด ๆ ในขณะที่การจำแนกประเภทอื่นนั้นยังให้ค่าสองค่าดังกล่าวกลับมา ผู้วิจัยจึงให้ความเห็นว่าการออกแบบการจำแนกประเภท N นั้นไม่ได้ทำงานผิดพลาดแต่อย่างใด

ตารางที่ 5 ค่าของผลทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกบทความตามประเภทในแต่ละหมวดหมู่

Model	Blinding of intervention (BoI)				Blinding of outcome assessment (BoA)			
	ACC	PRE	REC	F1 _{macro}	ACC	PRE	REC	F1 _{macro}
N	0.862	0.000	0.000	0.463	0.897	0.000	0.000	0.473
P	0.793	0.783	0.581	0.758	0.724	0.792	0.500	0.699
Q	0.655	0.818	0.409	0.634	0.655	0.679	0.475	0.638

ตารางที่ 6 ตารางค่าความสับสนของผลการทำนายประเภท N ในหมวดหมู่ BoI และ BoA ตามลำดับ

ตารางค่าความสับสน ของการทำนายประเภท N		ผลการทำนายประเภทบทความ			
		BoI		BoA	
		เข้าข่าย N	ไม่เข้าข่าย N	เข้าข่าย N	ไม่เข้าข่าย N
ประเภทบทความตามจริง	เป็น N	0%	13.79%	0%	10.34%
	ไม่เป็น N	0%	86.21%	0%	89.66%

ตารางที่ 6 แสดงถึงค่าผลลัพธ์การทำนายประเภท N ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพโมเดล พบว่าโมเดลได้ทำนายบทความทั้งหมดว่า ไม่เข้าข่ายประเภท N กล่าวคือ ค่าจากการทำนายในทั้งหมวดหมู่ BoI และ BoA นั้นออกมาเป็น Negative หมดทุกค่า ประกอบด้วย False-Negative ประมาณร้อยละ 13.79 และ True-Negative ประมาณร้อยละ 86.21 ในของ

หมวดหมู่ Bol กับ False-Negative ประมาณร้อยละ 10.34 และ True-Negative ประมาณร้อยละ 89.66 ในหมวดหมู่ BoA ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งอาจจะเป็นเพราะชุดข้อมูลนั้นยังมีความไม่ชัดเจนพอ และมีสัดส่วนระหว่างข้อมูลบทความที่เป็นประเภท N และไม่เป็นประเภท N ที่ไม่สมดุลกันเมื่อเทียบกับสัดส่วนในแบบเดียวกันของประเภทอื่นอีกสองประเภท

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกบทความ 3 ประเภท 2 หมวดหมู่นี้ ผู้วิจัยสรุปประสิทธิภาพโดยรวมของโมเดลการออกแบบการจำแนกว่า การที่การจำแนกประเภท N ให้ค่าความแม่นยำสูงมาจากค่า True-Negative ที่มีสัดส่วนสูง แต่การทำนายที่ไม่พบค่าของฝั่ง Positive จึงทำให้โมเดลไม่ได้รับค่าความเที่ยงตรงและค่าเรียกคืน มีผลทำให้ค่าเอฟวันต่ำ ดูเสี่ยงต่อการนำไปใช้งานทันที เพราะไม่สามารถรับรองได้ว่าโมเดลจะสามารถบอกได้ว่าบทความนั้นเป็นประเภท N จริง หากนำโมเดลไปใช้กับข้อมูลชุดใหม่ที่มีโมเดลไม่เคยพบมาก่อน ในขณะเดียวกัน โมเดลที่ให้ค่าเอฟวันสูงสุดเป็นโมเดลการจำแนกประเภท P ซึ่งค่าของคะแนนเอฟวันที่สูงนี้อาจจะไม่สามารถรับรองได้ว่าโมเดลนั้นน่าเชื่อถือขนาดไหน แต่สามารถบ่งชี้ได้ว่า มีความเสี่ยงต่อความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับโมเดลการจำแนกในประเภทอื่น

3.3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกตามลำดับในแต่ละการเรียงลำดับการจำแนก

ตารางที่ 7 แสดงถึงค่าที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพของการจำแนกตามลำดับในแต่ละการเรียงลำดับการจำแนกพบว่าโมเดลที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุด ไม่ได้บ่งได้เป็นการรับรองว่าจะสามารถให้ประสิทธิภาพได้สูงเสมอไป โดยโมเดลที่ให้ค่าเอฟวันสูงสุด คือโมเดลที่นำลำดับการจำแนกประเภท N ไว้เป็นลำดับสุดท้ายประกอบด้วย PQN และ QPN ซึ่งมีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับค่าเอฟวันที่โมเดลจำแนกประเภท N ได้รับ ในทางกลับกัน หากนำโมเดลการจำแนกประเภทที่ได้รับค่าเอฟวันสูงสุดอย่างโมเดลจำแนกประเภท P ไว้ลำดับสุดท้าย จะทำให้โมเดลจำแนกตามลำดับนั้นมีค่าเอฟวันต่ำสุด โดยโมเดลที่มีการวางการจำแนกประเภท P เป็นลำดับสุดท้าย ประกอบด้วยโมเดล NQP และ QNP

ตารางที่ 7 ค่าผลการทดสอบประสิทธิภาพการจำแนกตามลำดับในแต่ละการเรียงลำดับการจำแนกในแต่ละหมวดหมู่

Model	Blinding of intervention (Bol)				Blinding of outcome assessment (BoA)			
	ACC	PRE _{macro}	REC _{macro}	F1 _{macro}	ACC	PRE _{macro}	REC _{macro}	F1 _{macro}
NQP	0.540	0.421	0.448	0.383	0.563	0.396	0.421	0.392
NPQ	0.678	0.474	0.504	0.475	0.643	0.460	0.475	0.444
PQN	0.506	0.597	0.552	0.503	0.506	0.547	0.547	0.481
PNQ	0.678	0.474	0.504	0.475	0.643	0.460	0.475	0.444
QPN	0.506	0.597	0.552	0.503	0.506	0.547	0.547	0.481
QNP	0.540	0.421	0.448	0.383	0.563	0.396	0.421	0.392

3.4 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองทำให้พบว่าผลการจำแนกเอกสารหรือบทความวิชาการทางการแพทย์ออกมาทั้ง 9 ประเภทนั้น เป็นไปได้ยากเนื่องจากมีการระบุถึงประเภทการปกปิดที่ไม่ชัดเจน และชุดข้อมูลที่มีความไม่สมดุลถึงไม่สมบูรณ์ของประเภทการปกปิด แต่ยังคงสามารถออกแบบวิธีการจำแนกให้มีประสิทธิภาพได้ โดยทำการออกแบบการจำแนกให้สอดคล้องกับสภาพของชุดข้อมูล โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพนั้นสามารถทำได้ตั้งแต่การปรับสถานะสมดุลให้กับชุดข้อมูลที่ใช้ รวมถึงเทคนิคที่ใช้ในการจำแนกต่าง ๆ

สำหรับการออกแบบการจำแนกประเภท ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นมานั้น ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า โมเดลยังสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพต่อได้จากการให้เครื่องเรียนรู้ตัวอย่างเพิ่มเติม โดยเฉพาะในตัวอย่างที่ระบุถึงการไม่ให้เกิดการปกปิด เพื่อให้เครื่องทราบถึงจุดที่บ่งชี้ถึงการไม่ให้เกิดการปกปิดอย่างมีนัยสำคัญ มากกว่าการที่ให้เครื่องคัดกรองกลุ่มที่ไม่เข้าข่ายแทน และในการนำโมเดลไปใช้งานจริงทันทีนั้น ผู้วิจัยแนะนำว่า โมเดลการจำแนกประเภทตามลำดับ PQN และ QPN เป็นโมเดลที่เหมาะสมที่สุดต่อการนำไปใช้งานทันที เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยให้ผู้ใช้งานเลือกใช้โมเดลตามความมั่นใจของผู้ใช้เองในเบื้องต้นว่า หากผู้ใช้งานมั่นใจว่าบทความวิชาการที่ต้องการทำการจำแนก มีโอกาสเป็นบทความที่ให้เกิดการปกปิดมากกว่า ให้เรียกใช้งานโมเดล PQN และในกรณีอื่น ให้เรียกใช้งานโมเดล QPN

3.5 ข้อเสนอแนะ

ผลลัพธ์ของการออกแบบวิธีการจำแนกในงานวิจัยนี้ อยู่ในรูปแบบการเลือกใช้วิธีที่ให้โอกาสการเกิดความคลาดเคลื่อนอย่างน้อยที่สุด มากกว่าการออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องในการจำแนกประเภท ผู้วิจัยจึงเสนอแนะว่า ในการทำวิจัยครั้งต่อไปสามารถทำการพัฒนาเพื่อมุ่งเน้นขั้นตอนวิธีที่ทำการจำแนกจากการวิเคราะห์ในความถูกต้องมากกว่านี้ การนำขั้นตอนวิธีที่ซับซ้อนขึ้น เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) จะให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น แม้จะต้องใช้เวลามากขึ้น รวมถึงการนำขั้นตอนวิธีที่ออกแบบมาเพื่อการแก้ไขปัญหที่เกิดจากภาวะไม่สมดุลของชุดข้อมูลอย่างเทคนิคสังเคราะห์ข้อมูลเพิ่ม (Synthetic minority oversampling technique) มาร่วมพัฒนาจะสามารถทำให้ผลลัพธ์การจำแนกข้อมูล มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงขึ้น ทั้งนี้ งานวิจัยนี้สามารถนำแนวคิดการจำแนกประเภท ไปใช้กับการจำแนกข้อมูลแบบมีผู้สอนในประเภทอื่นที่ไม่ใช่เอกสารทางการแพทย์ หรือ ในรูปแบบเอกสาร เช่น รูปภาพ ได้เช่นกัน และ เป็นวิธีที่ใช้เวลาในการทดลองที่เร็ว ใช้ทรัพยากรเครื่องมือไม่สูง เมื่อเทียบกับการทดลองการจำแนกแบบอื่น ๆ

4. บทสรุป

ในการจำแนกบทความวิชาการทางการแพทย์ตามอคติ ด้วยเทคนิคการถดถอยโลจิสติกส์ร่วมกับการตัดสินใจแบบต้นไม้ นั้น เป็นการวิธีการออกแบบการจำแนกบทความได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ โดยนำชุดข้อมูลไปผ่านกระบวนการจัดเตรียมชุดข้อมูล แล้วจึงทำการจำแนกแบบจำแนกทีละประเภทเรียงตามลำดับจนครบทุกประเภท ซึ่งมีการเรียงลำดับที่ให้ค่าเอฟวันสูงสุดประมาณ 0.503 สำหรับการจำแนกประเภทเอกสารตามการระบุการให้การรักษาปิดกั้นการรักษากับผู้ถูกทดลอง และ 0.481 สำหรับการจำแนกประเภทเอกสารตามการระบุการให้การรักษาปิดกั้นการรักษากับผู้ตรวจสอบ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทำให้ผู้อ่านบทความหรือแพทย์ ลดเวลาที่ต้องใช้ในการอ่านและสรุปบทความแต่ละประเภท เพื่อพิจารณาความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อบริยาการทางด้านการแพทย์ใหม่ ๆ ลงได้ เป็นการทำให้ขั้นตอนในการพัฒนานวัตกรรมวิธีการรักษาแบบใหม่เป็นไปอย่างรวดเร็วและง่ายขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรใด ๆ หรือค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นมากนัก อีกทั้งแนวคิดในการจำแนกในงานวิจัย ยังสามารถนำไปใช้กับปัญหาการจำแนกข้อมูลแบบมีผู้สอนอื่นได้อีกด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรศักดิ์ เสาแก้ว และณัฐพล สัมประสิทธิ์. การอ่านงานวิจัยทางสุขภาพอย่างมีวิจารณญาณ. วารสารนเรศวรพะเยา. 7(3)286-297.
- [2] อาริรัตน์ นิรันดร์สิทธิรัชต์. (2558). รูปแบบการวิจัยและการออกแบบการวิจัย. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2563. จาก <http://www.zolsoft.com/lpnhrresearch/images/newsflash/1ResearchDesign.pdf>.
- [3] ภิรมย์ กมลรัตนกุล. (2550). การเขียนโครงร่างงานวิจัย. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2563. จาก <http://cai.md.chula.ac.th/lesson/research/re12.htm>.
- [4] J. Broeck, S. Cunningham, R. Eeckels, A. Herbst, Data Cleaning: Detecting, Diagnosing, and Editing Data Abnormalities. PLoS medicine. 2(10)966-970, 2005.
- [5] W. David, Lemeshow. Stanley. Applied Logistic Regression. 2nd Ed., John Wiley & sons, Canada, 2000.
- [6] M. Tom. Machine Learning. 1st Ed., McGraw-Hill Education, Oregon, 1997.
- [7] F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort, Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research. 12(85)2825-2830, 2011.
- [8] M. Neumann, D. King, I. Beltagy, W. Ammar, ScispaCy: Fast and Robust Models for Biomedical Natural Language Processing. BioNLP Workshop and Shared Task. 18(1)319-327, 2019.
- [9] สมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย. (2563). การแข่งขันแฮกกาธอนเอไอออนไลน์ครั้งที่ 2 / 2020 Natural Language Processing (NLP). สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2563. จาก <https://hackathon.ariat.or.th/hackathon-2-2020/>.
- [10] Kaggle, "HTA Tagging: Classify the medical academic papers based on biases." , Available: <https://www.kaggle.com/c/hta-tagging/>, 15 August 2020.
- [11] C. Aggarwal, C. Zhai, Mining Text Data. 1st Ed., Kluwer Academic Publishers, Boston, 2012.
- [12] C. Goutte, E. Gaussier, A Probabilistic Interpretation of Precision, Recall and F-Score, with Implication for Evaluation. Advances in Information Retrieval. 27(1)345-359, 2005.

การพัฒนาสูตรอาหารเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมโรคพืช Development of culture media for beneficial bacteria to control plant disease

สุวิจักขณ์ สมจินดา¹ และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

*Email: wchuaboon@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาสูตรอาหารเพิ่มปริมาณประชากรเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ *Bacillus megaterium* สายพันธุ์ TU121 ที่มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชและยับยั้งเชื้อก่อโรคในพืชเศรษฐกิจหลายและมีศักยภาพในการต่อยอดการผลิตในเชิงพาณิชย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำ ใช้เวลาสั้น และสะดวกในการเพิ่มปริมาณ โดยคัดเลือกผลผลิตส่วนเหลือของอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ ปลาป่น รำข้าว กากถั่วเหลือง น้ำตาลโมลาส และยีสต์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนประชากรแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เปรียบเทียบประสิทธิภาพและต้นทุนการผลิตกับอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรมาตรฐาน nutrient broth (NB) ซึ่งสามารถพัฒนาสูตรอาหารได้ 4 สูตร พบว่า สูตรอาหาร F3 ซึ่งมีส่วนประกอบของ ถั่วเหลือง : รำข้าว : ยีสต์ : น้ำตาลโมลาส (อัตราส่วน 3:3:3:5 ในน้ำ 1 ลิตร) เป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการเพิ่มจำนวนประชากรแบคทีเรียที่มีประโยชน์ได้ 4.3×10^{15} โคโลนี/มิลลิลิตร รองลงมาคือ สูตรอาหาร F1, F2 และ F4 มีจำนวนประชากรเชื้อเท่ากับ 2.2×10^{15} , 1.7×10^{15} และ 1.2×10^{15} โคโลนี/มิลลิลิตร ตามลำดับ ประเมินหลังเลี้ยงเชื้อนาน 20 ชั่วโมง และศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ สายพันธุ์ TU121 ในอาหารสูตร F3 พบว่า หลังเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ TU121 เพียง 1 ชั่วโมง (exponential phase) และคงปริมาณเชื้อเฉลี่ยระหว่าง 10^{15} - 10^{18} โคโลนี/มิลลิลิตร นาน 20 ชั่วโมง (stationary phase) และปริมาณเชื้อค่อย ๆ ลดลงและเข้าสู่ death phase จนกระทั่ง 24 ชั่วโมง ไม่สามารถตรวจพบประชากรเชื้อได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับ อาหาร NB พบว่า ประชากรเชื้อในอาหาร NB ยังคงเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังตรวจนับประชากรเชื้อ 24 ชั่วโมง

คำสำคัญ: วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แบคทีเรียที่มีประโยชน์ พริก โรคพืช ควบคุมโรคพืช

Abstract

Development of culture media for increase population of beneficial, *B. megaterium* strain TU 121, which has the ability to enhance plant growth and inhibit pathogens in economic crops and has the potential to further expand production commercially. The objective of this research is to develop a culture media to increase microorganisms with the lowest cost, short time, and convenient to use. Select the remaining products in various industries, including fish meal, rice bran, soybean meal, molasses, and yeast to study the suitable ratio to increase the population of beneficial bacteria, compare with nutrient broth. Which can develop 4 recipes, found that the formula F3 which contains soybean: rice bran: yeast: molasses (ratio 3: 3: 3: 5 in 1 liter of water) is the most effective. To increase the population of beneficial bacteria by 4.3×10^{15} cfu/ml, followed by F1, F2 and F4 formulas, with the populations of 2.2×10^{15} , 1.7×10^{15} and 1.2×10^{15} cfu/ml respectively, after cultured 20 hours. Study the optimum period for increasing the

population of beneficial bacteria of TU1 2 1 strain in the formula F3 . Found that only 1 hours after culturing (exponential phase) and maintain the amount of populations 10^{15} - 10^{18} cfu/ml for 20 hours (stationary phase). The population of bacteria gradually decreases and enters the death phase until 24 hours, the population cannot be detected. When compared to the nutrient broth, the population of bacteria in nutrient broth continues to increase after the population count at 24 hours.

Keywords: Agricultural waste products, beneficial bacteria, chili, plant disease, plant disease control

1. บทนำ

การควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธีเป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญในการนำมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืช [1] โดยเฉพาะการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาใช้ในการส่งเสริมและควบคุมโรคพืช เช่น การนำเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาใช้ในการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในพริก [2] ซึ่งใช้เชื้อสดในการควบคุมโรคพืช หรือการพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจในระยะกล้า เช่น พริก กระเทียม ข้าวโพด [3] แต่ทั้งนี้เชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตหรือควบคุมโรคพืชนั้นจะต้องมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน และมีจำนวนที่เหมาะสมตามกฎระเบียบของการพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ สามารถขึ้นทะเบียนและจำหน่ายได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการพัฒนาและตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์หัวเชื้อจุลินทรีย์ตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการควบคุมโรคพืช ที่ยังต้องมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคนั้น ๆ อยู่ตลอดช่วงระยะเวลาอายุการเก็บรักษา [4] รายงานประสิทธิภาพของเชื้อ *Bacillus megaterium* สายพันธุ์ TU121 ในการควบคุมเชื้อ *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกคโนส เมื่อทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการพบว่ามีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ 88.33% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีคาร์เบนดาซิม (36.66%) แต่การควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธีที่เน้นการใช้จุลินทรีย์เป็นหลักนั้นประสบความสำเร็จค่อนข้างน้อยเนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ประสิทธิภาพไม่สม่ำเสมอ ราคาสูง ระยะเวลาในการเตรียมเชื้อต้องมีการวางแผนล่วงหน้ากรณีชีวภัณฑ์รูปแบบที่เกษตรกรต้องเพิ่มปริมาณด้วยตนเอง และในด้านของการพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์การคัดเลือกแหล่งอาหารของจุลินทรีย์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์และต้นทุนของชีวภัณฑ์ ดังนั้นการหาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณ โดยใช้วัสดุ หรือวัตถุดิบที่มีราคาถูก เป็นส่วนเหลือของอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่เกษตรกรเพิ่มปริมาณได้เองให้มีราคาประหยัดและเป็นที่ยอมรับต่อไป [5] โดยการศึกษาวิจัยนี้จะทำการพัฒนาสูตรอาหารสำหรับเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีราคาประหยัด เพิ่มจำนวนประชากรเชื้อได้สูงในระยะเวลาอันสั้น โดยนำส่วนเหลือจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น รำข้าว กากถั่ว ยีสต์แห้ง เป็นแหล่งไนโตรเจน [6] และใช้กากน้ำตาล (molasses) เป็นแหล่งคาร์บอน [7] เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมลงตัวในการเพิ่มปริมาณและคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมโรคพืช

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมแบคทีเรียที่มีประโยชน์

นำเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ *Bacillus megaterium* สายพันธุ์ TU121 [4] ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Collectotrichum capsici* TU-008 [2] สาเหตุโรคแอนแทรกคโนสของพริก จากห้องปฏิบัติการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เลี้ยงในอาหาร Nutrient broth (NB) เขย่าที่ 120 รอบต่อนาที นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 3 องศาเซลเซียส) เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.2 การพัฒนาสูตรอาหารเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์

2.2.1 คัดเลือกองค์ประกอบและอัตราส่วนของสารอาหาร

คัดเลือกองค์ประกอบและอัตราส่วนของสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนประชากรเชื้อ เปรียบเทียบประสิทธิภาพสูตรอาหารในการเพิ่มปริมาณกับอาหารเหลวสูตรมาตรฐาน NB ได้ 4 สูตร ดังนี้

สูตร F1 มีส่วนประกอบ ปลายัน 3 กรัม, รำข้าว 3 กรัม, น้ำตาลโมลาส 5 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

สูตร F2 มีส่วนประกอบ ถั่วเหลือง 3 กรัม, รำข้าว 3 กรัม, น้ำตาลโมลาส 5 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร

สูตร F3 มีส่วนประกอบ ถั่วเหลือง 3 กรัม, รำข้าว 3 กรัม, ยีสต์ 3 กรัม, น้ำตาลโมลาส 5 กรัม

ต่อน้ำ 1 ลิตร และสูตร F4 มีส่วนประกอบ รำข้าว 3 กรัม, ยีสต์ 3 กรัม, น้ำตาลโมลาส 5 กรัม

นำสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นในสัดส่วนที่เหมาะสมลงตัว ผสมให้เข้ากันตามอัตราส่วนกำหนด แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อแบบร่อนขึ้น (อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที) 2 รอบ ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อไป

2.2.2 การเลี้ยงแบคทีเรียที่มีประโยชน์

นำแบคทีเรียที่มีประโยชน์จากข้อ 1 ปรับความเข้มข้นเท่ากับ O.D. 0.2 ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร เลี้ยงในอาหารสูตรเพิ่มปริมาณที่พัฒนาขึ้น ในอัตราส่วนแบคทีเรีย 5 มิลลิลิตร ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ข้อ 2.2.1) 1 ลิตร เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอาหารเหลว NB วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 ซ้ำ เลี้ยงบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.2.3 ประสิทธิภาพสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นต่อการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์

ประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธี Plate count โดยเจือจางความเข้มข้นด้วยวิธี Ten-fold serial dilution ใช้ไมโครปิเปตดูดส่วนใสปริมาตร 100 ไมโครลิตร กระจายให้ทั่วผิวหน้าอาหาร nutrient glucose agar (NGA) ป่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหารเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นกับอาหารสูตรมาตรฐาน NB

2.2.4 ประสิทธิภาพของเชื้อที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นในการยับยั้งเชื้อ *Collectotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก

ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อที่เพิ่มปริมาณในสูตรอาหารเพิ่มปริมาณที่พัฒนาขึ้นในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. capsici* สายพันธุ์ TU-008 ด้วยวิธี Paper disc ตามวิธีการดัดแปลงของ [8] วางแผนการทดลองแบบ CRD การทดลองละ 5 ซ้ำ โดยนำเชื้อ *C. capsici* สายพันธุ์ TU-008 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. วางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จากนั้นวางแผ่น paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. ให้ห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ซม. หยดแบคทีเรียที่มีประโยชน์ปริมาณ 10 ไมโครลิตร ลงบนแผ่น paper disc เปรียบเทียบกับการควบคุมประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ชนิดเดียวกันที่เลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหาร NB สารเคมีคาร์เบนดาซิมตามอัตราแนะนำ และน้ำนิ่งฆ่าเชื้อป่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจประเมินประสิทธิภาพการยับยั้งโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อ *C. capsici* สายพันธุ์ TU-008

2.3 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในสูตรอาหารเพิ่มปริมาณ

คัดเลือกอาหารสูตรเพิ่มปริมาณที่ดีที่สุดข้อ 2 เพื่อใช้ในการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียแบคทีเรียที่มีประโยชน์ โดยวัดการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (growth curve) ในสูตรอาหารเพิ่มปริมาณดังกล่าว นั้น เปรียบเทียบประสิทธิภาพสูตรอาหารมาตรฐาน NB ตรวจวัดปริมาณความหนาแน่นของเชื้อด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

2.4 ศึกษาต้นทุนการผลิตชีวภัณฑ์สูตรอาหารเพิ่มปริมาณ

เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตอาหารเพิ่มปริมาณกับสูตรอาหารมาตรฐาน NB โดยเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุที่ใช้ในหน่วย 1 ลิตร

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การพัฒนาสูตรอาหารเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์

การคัดเลือกองค์ประกอบและอัตราส่วนของสารอาหารเพื่อใช้ในการเลี้ยงเชื้อได้ทั้งหมด 4 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อเพิ่มปริมาณ และเมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณและประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริก ผลการทดลองเป็นดังนี้

3.1.1 ประสิทธิภาพสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นต่อการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์

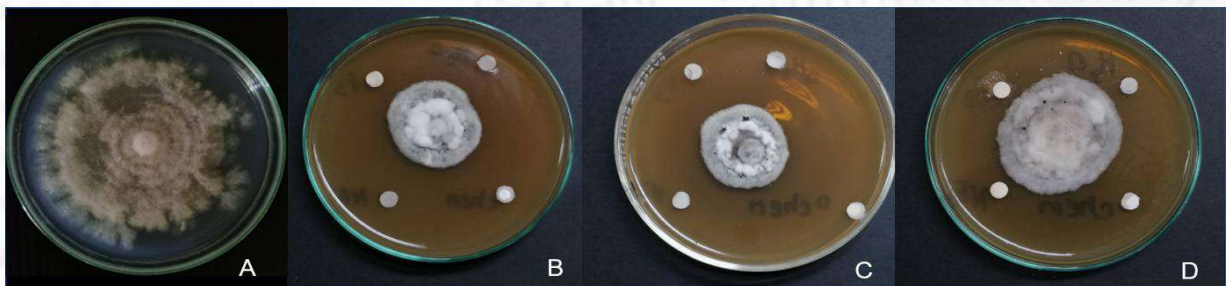
ประสิทธิภาพสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นต่อการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ *B. megaterium* สายพันธุ์

TU121 พบว่า สูตรอาหาร F3 ซึ่งมีส่วนประกอบ ถั่วเหลือง : รำข้าว : ยีสต์ : น้ำตาลโมลาส ในอัตราส่วน 3:3:3:5 ต่อน้ำ 1 ลิตร สามารถเพิ่มจำนวนประชากรเชื้อสายพันธุ์ TU121 ได้สูงที่สุด 4.3×10^{15} โคโลนี/มิลลิลิตร รองลงมาคือ สูตรอาหาร F1, F2 และ F4 มีจำนวนประชากรเชื้อเท่ากับ 2.2×10^{15} , 1.7×10^{15} และ 1.2×10^{15} โคโลนี/มิลลิลิตร โดยสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าอาหารเพิ่มปริมาณแบคทีเรียสูตรมาตรฐาน NB โดยสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยแหล่งไนโตรเจนและคาร์บอนซึ่งสำคัญต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและจำเป็นต่อประสิทธิภาพในการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ [5] ที่พบว่าน้ำตาลโมลาสซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่ราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายนั้นมีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมการเจริญของเชื้อในกลุ่ม *Bacillus* ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการ (ต่อ 1 กิโลกรัม) ของปลาป่นมีโปรตีนและกรดอะมิโนสูง 50-60% [9] , รำข้าว มีโปรตีน 12-14% มีคาร์โบไฮเดรต 25-43% และมีไขมัน 13-20% [10] , ถั่วเหลืองมีโปรตีน 40% มีคาร์โบไฮเดรต 30% และมีไขมันประมาณ 18% [11] ยีสต์ มีโปรตีน 40-45% มีคาร์โบไฮเดรต 4-13% และมีลิพิดเล็กน้อย [12] และน้ำตาลโมลาสมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ 30-40 % [13]

3.1.2 ประสิทธิภาพของเชื้อที่เลี้ยงในอาหารสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นในการยับยั้งเชื้อ *C. capsici*

สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก

จากการทดลองพบว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *C. capsici* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก โดยมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่เลี้ยงในอาหาร NB และมีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากรรมวิธีที่มีการใช้สารเคมี (ภาพที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุนันทนา และ สุดฤดี (2555) [14] ที่รายงานว่า แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่เลี้ยงในอาหารที่พัฒนาขึ้นโดยมีส่วนประกอบของถั่วเหลืองสามารถเพิ่มปริมาณและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งโรคใบจุดนูนได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

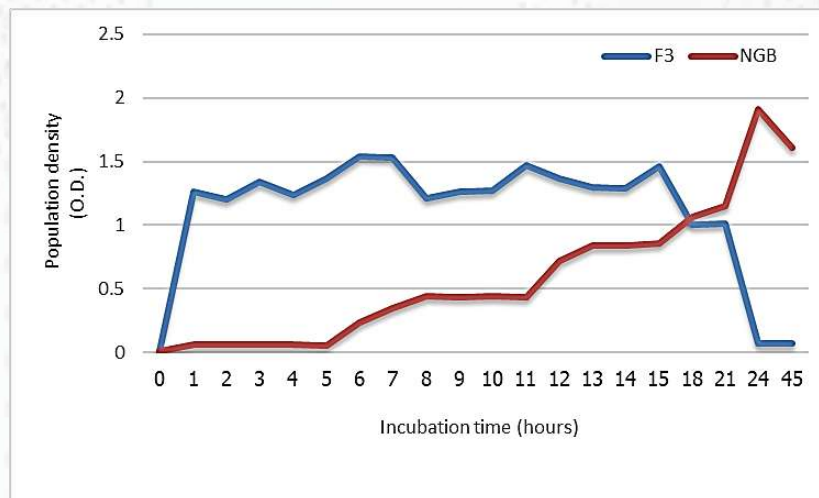


ภาพที่ 1 Effectiveness of cultures grown in media formulas developed to inhibit *C. capsici*, A) control treatment (distilled water), B) TU121 was cultured in the developed formula 3, C) TU121 was grown in NB, and D) chemical control.

3.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในสูตรอาหารเพิ่มปริมาณ

การศึกษานี้เพื่อกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ประโยชน์และวันหมดอายุชีวภัณฑ์หลังจากเลี้ยงเชื้อเพิ่มปริมาณโดยศึกษาเฉพาะสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ จากการทดลองพบว่า เมื่อนำสูตรอาหาร F3 มีส่วนประกอบ ถั่วเหลือง : รำข้าว : ยีสต์ : น้ำตาลโมลาส ในอัตราส่วน 3:3:3:5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการเพิ่มจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในสูตรอาหารเพิ่มปริมาณ สูตร F3 เปรียบเทียบกับอาหาร NB พบว่า ประชากรเชื้อ *B. megaterium* สายพันธุ์ TU121 ในสูตรอาหารเพิ่มปริมาณ สูตร F3 เพิ่มปริมาณเฉลี่ยได้สูงสุดตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 และเข้าสู่ stationary phase จนกระทั่งถึง ชั่วโมงที่ 15 แล้วประชากรเชื้อจึงค่อย ๆ ลดลง และตายในที่สุด (death phase) ดังนั้น จากการทดลองนี้สามารถกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการใช้แบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่เพิ่มปริมาณในสูตรอาหารเพิ่มปริมาณได้คือ หลังเลี้ยงเชื้อ 2-15 ชั่วโมง จะมีประชากรเชื้อสูงสุด และประชากรเชื้อจะตายหมดหลังเลี้ยงเชื้อ 24 ชั่วโมง ในขณะที่เชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่เลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหาร NB ยังคงเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 2) เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้ชีวภัณฑ์ที่ยังมีชีวิตควรใช้หลังจากเลี้ยงเชื้อ 2-24 ชั่วโมง และหลังจาก 24 ชั่วโมงแล้วยังคงใช้ชีวภัณฑ์ได้แต่

ประสิทธิภาพจะไม่ได้มาจากตัวเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ แต่จะมาจากสารทุติยภูมิที่เชื้อปลดปล่อยขณะมีชีวิต เช่น สารปฏิชีวนะ สารพิษต่าง เป็นต้น



ภาพที่ 2 Bacteria population growth curve in formula F3 which contains soybean meal: rice bran: yeast: molasses (ratio 3: 3: 3: 5 in 1 liter of water) compared with NB medium

3.3 ศึกษาต้นทุนการผลิตสูตรอาหารเพิ่มปริมาณ

การศึกษาด้านต้นทุนการผลิตอาหารเพิ่มปริมาณเพื่อทดแทนอาหารสูตรมาตรฐาน NB พบว่า สูตรอาหารเพิ่มปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ สูตรอาหาร F3 ส่วนประกอบ ถั่วเหลือง : รำข้าว : ยีสต์ : น้ำตาลโมลลาส ในอัตราส่วน 3:3:3:5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เป็นสูตรที่สามารถเพิ่มจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ได้ดีที่สุด โดยสามารถเพิ่มปริมาณประชากรเชื้อได้ประมาณ 10^{15} - 10^{18} โคโลนีต่อมิลลิลิตร และเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตเทียบกับสูตรอาหารมาตรฐาน (NB) พบว่ามีราคาต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่า 200 เท่า โดยราคาต้นทุนต่อ 1 ลิตรเท่ากับ 0.82 บาท ในขณะที่ราคาต้นทุนของอาหารสูตรมาตรฐาน NB เท่ากับ 188.14 บาทต่อลิตร รายละเอียดดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Compare the cost estimation of beneficial bacteria media production between standard media and developed formula

Formula	Raw material price (Baht/g)	Amount used (g/L)	Price (Baht/L)	Total cost (Baht/L)
Nutrient broth				
- Beef extract	33.215	3	99.64	188.14
- Peptone	17.775	5	88.50	
Formula F3				
- Soybean meal	0.014	3	0.042	0.82
- Rice bran	0.01	3	0.03	
- Yeast	0.25	3	0.75	
- Molasses	0.000025	5	0.000125	

4. บทสรุป

สูตรอาหารที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการเพิ่มจำนวนประชากรของแบคทีเรียที่มีประโยชน์และมีระยะเวลาที่เหมาะสม คือ สูตรอาหาร F3 ซึ่งมีส่วนประกอบ ถั่วเหลือง : รำข้าว : ยีสต์ : น้ำตาลโมลาส โดยเปรียบเทียบกับอาหารสูตรมาตรฐาน NB พบว่า ประชากรเชื้อ *B. megaterium* สายพันธุ์ TU121 สามารถเพิ่มปริมาณภายใต้สูตรอาหาร F3 ได้สูงสุด 4.3×10^{15} โคโลนี/มิลลิลิตร โดยระยะเวลาในการเพิ่มปริมาณเฉลี่ยได้สูงสุดตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 และเข้าสู่ stationary phase จนกระทั่งถึง ชั่วโมงที่ 15 แล้วประชากรเชื้อจึงค่อยๆ ลดลงจนไม่สามารถตรวจวัดได้ในที่สุด และเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตเทียบกับสูตรอาหารมาตรฐาน NB พบว่ามีราคาต้นทุนการผลิตที่ถูกกว่า 200 เท่า โดยราคาต้นทุนต่อ 1 ลิตรเท่ากับ 0.82 ในขณะที่ราคาต้นทุน NB เท่ากับ 188.14 บาทต่อลิตร

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนโครงการวิจัย ประเภททุนวิจัยทั่วไปสำหรับผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จาก กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี 2562

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ดาราวดี วงษ์ชาล. (2558). ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะ *Bacillus* สูตร ENCAPSULATE ในการควบคุมโรคแอนแทรกซ์ของพริก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี.
- [2] มาลีษา มณีจันทร์ และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ. ประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคแอนแทรกซ์ในพริก. ใน ประชุมวิชาการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 6. วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2562. ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2562. 23.
- [3] ปัญญาพร อติชภาส และวิลาวรรณ เชื้อบุญ. การพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจระยะกล้าบางชนิด. ใน ประชุมวิชาการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 6. วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2562. ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2562. 5.
- [4] สุวิจักขณ์ สมจินดา, ดุสิต อธิวัฒน์ และวิลาวรรณ เชื้อบุญ. ประสิทธิภาพและการจำแนกชนิดของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกซ์ในพริก. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี 1(2562):78-83.
- [5] หนึ่ง เตียอำรุง และพรรณลดา ติตตะบุตร. การพัฒนาสูตรอาหารเพื่อการผลิต และการยืดอายุการเก็บรักษาหัวเชื้อจุลินทรีย์ชีวภาพทางการเกษตร. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2554.
- [6] Singleton, P., H. Keyser and E. Sande. 2002. Development and Evaluation of Liquid Inoculants. In Proc. of a Workshop Held in Hanoi. 17-18 February 2001. Vietnam. 2002. 52-66.
- [7] นันทกร บุญเกิด, หนึ่ง เตียอำรุง, กมลลักษณ์ เทียมโสมง. การพัฒนากระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ย อินทรีย์ชีวภาพในเชิงธุรกิจ. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2552.
- [8] วิลาวรรณ เชื้อบุญ. (2551). ลักษณะและการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ควบคุมเชื้อ *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* สาเหตุโรคเน่าเละ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- [9] พันทิพา พงษ์เพียรจันทร์. หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์ (หลักการอาหาร เล่ม 2). ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2539.
- [10] กิตติมา ไตรรัตน์ศิริชัย และสาโรจน์ รอดคิน. รำข้าว: จากอาหารหมูสู่อาหารเพื่อสุขภาพของคน. แหล่งข้อมูล <http://agro-industry.mfu.ac.th/events/298>. สืบค้นเมื่อ 9 สิงหาคม 2563.
- [11] Reboholz, C.M., K. Reynolds, M.R. Wofford, J. Chen, T.N. Kelly, H. Mei, P.K. Whelton and J. He. Effect of soybean protein on novel cardiovascular disease risk factor: A randomized controlled trial. Eur. J. Clin. Nutr. 67(2013):58-63.
- [12] วราพันธุ์ จินตณวิชัย. 2556. สิ่งพึงระวังในการใช้ยีสต์เป็นอาหารสัตว์. ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาลกสิกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. หน้า 44-46.

- [13] ณัฐธิดา เชียงจิ่ง. ผลของการใช้กากน้ำตาลและวินัสต่อสมบัติทางเคมี-ของกระถินหมักเพื่อเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2554.
- [14] สุนันทนาถ นุราภักดิ์ และสุทธฤดี ประเทืองวงศ์. อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มกิจกรรมการยับยั้งโรคของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะสายพันธุ์ผสม. ใน ประชุมวิชาการเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (สาขาพืช). วันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. 2555. 131-140.

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินของประเทศไทย A Comparison of the Forecasting Method for the Monthly Consumption of Gasoline in Thailand

สุนิทร่า ตั้งซ้าย¹ เบญจวรรณ ตรีวงศ์¹ พชรินทร์ สุขประเสริฐ¹ และ ณภัทน์จันทร์ ด้านสวัสดิ์^{1*}

¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

*Email: napattchan@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย (หน่วย: ล้านลิตร/วัน) โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนเมษายน 2563 จำนวนทั้งสิ้น 40 ค่า ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า เพื่อใช้สำหรับศึกษาและเปรียบเทียบด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง สำหรับเกณฑ์การเปรียบเทียบหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด จะพิจารณาจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) ที่ต่ำที่สุด เมื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดแล้ว จึงจะนำวิธีการพยากรณ์นั้นมาคำนวณหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้ากับข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนเมษายน 2563 จำนวนทั้งสิ้น 4 ค่า และในการเลือกช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับข้อมูล จะเลือกจากช่วงการพยากรณ์ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) ที่ต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่า วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษามากที่สุด และมีความเหมาะสมสำหรับใช้พยากรณ์ล่วงหน้า 2 เดือน

คำสำคัญ: การพยากรณ์ วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีการคาดคะเนแนวโน้ม น้ำมันเบนซิน

Abstract

The purpose of this research was to study and compare the forecasting methods for the Monthly Consumption of Gasoline in Thailand (Unit: Million Litter/Day). The data was obtained from Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, between January 2017 and April 2020 of 40 values which were used and separated into 2 groups. The first group contained 36 values between January 2017 and December 2019 for comparing and finding the most suitable forecasting methods via criteria of the lowest Mean Absolute Deviation (MAD) and Mean Absolute Percent Error (MAPE). There were 5 forecasting methods in the study; 1) Trend Projection Method, 2) Moving Average Method, 3) Single Exponential Smoothing Method, 4) Double Exponential Smoothing Method, and 5) Triple Exponential Smoothing Method. After that, the selected suitable method was used to determine the forecasting period most suitable forecasting period by the second group which contained 4 values from January, 2020 to April, 2020. The lowest MAPE and MAD were used as the criteria of each period. The result indicated that Moving Average Method was the best forecasting method and suitable in advance 2 months.

Keywords: Forecasting, Trend Projection Method, Moving Average Method, Gasoline

1. บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน และเป็นต้นทุนในการผลิตของภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม ภาคคมนาคม และภาคขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงจัดเป็นพลังงานที่มีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น หลาย ๆ ประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย จึงให้ความสำคัญกับปริมาณ และราคาน้ำมันเชื้อเพลิง เพราะได้กลายเป็นสินค้าสากลที่สามารถนำมาซื้อขาย แลกเปลี่ยน และต่อรองระหว่างกันได้ หนึ่งในน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันภายในประเทศไทยคือ น้ำมันเบนซิน เนื่องจากน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงยานยนต์ 1 ในจำนวน 2 ชนิด ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย ตลอดจนเป็นพลังงานต้นน้ำในภาคอุตสาหกรรมหลักเกือบทุกชนิดภายในประเทศ

เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำมันชนิดเชื้อเพลิงต่าง ๆ ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2560 โดยใช้ข้อมูลจาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (แสดงดังตารางที่ 1) พบว่าน้ำมันเบนซินเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณการใช้เป็นอันดับสองรองจากน้ำมันดีเซล โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 60,081,276 บาร์เรล/วัน

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ ภายในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2560 (หน่วย: บาร์เรล/วัน)

ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง	ปี				
	2556	2557	2558	2559	2560
เบนซิน	51,780,138	53,881,692	58,211,186	67,165,397	69,367,969
ดีเซล	131,395,756	132,485,611	137,865,994	142,463,670	146,298,061
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	38,292,333	39,526,098	33,643,151	30,757,564	29,887,583
น้ำมันเตา	13,552,788	13,041,390	12,849,137	14,195,040	13,225,941

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2560) [1]

และเพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้น้ำมันเบนซินภายในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาแนวโน้มในอนาคตว่าปริมาณความต้องการในการใช้น้ำมันเบนซินภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อยเพียงใด ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึง ธันวาคม 2562 จำนวนทั้งสิ้น 36 ค่า มาศึกษาและเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินของประเทศไทย และจะเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษามากที่สุด จากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด และจะนำวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวที่เลือก มาหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมโดยแบ่งเป็น 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือน โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนเมษายน 2563 จำนวนทั้งสิ้น 4 ค่า

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา กับข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย (หน่วยเป็นล้านลิตร/วัน) วิธีการพยากรณ์ที่ศึกษามี 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนเมษายน 2563 โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด สำหรับข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึง ธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือต้องเลือกจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และค่า MAD ที่ต่ำที่สุด จากนั้นจึงนำวิธีการพยากรณ์ที่คัดเลือกแล้วมาหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าตั้งแต่ 1 เดือน 2 เดือน และ 3

เดือน โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินของประเทศไทยรายเดือนจำนวน 4 เดือนถัดไปที่เก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนเมษายน 2563 ดังรายละเอียดขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

นำข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย จำนวน 40 ค่า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนเมษายน 2563 จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน มาทำการตรวจสอบว่าข้อมูลทั้ง 40 ค่า มีค่าผิดปกติหรือไม่ โดยใช้วิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) และถ้าหากพบว่าข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ จะต้องทำการปรับค่าผิดปกตินั้นก่อนที่จะใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ในขั้นตอนต่อไป

2.2 วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2.1 วิธีแนวโน้มเชิงเส้น (Trend Projection) [2]

วิธีการพยากรณ์ที่อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างสมการเส้นตรง เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยมีรูปแบบสมการคือ

$$F_t = a + bt \quad (1)$$

เมื่อ F_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

a แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t = 0$ สามารถคำนวณได้จาก $a = (\sum y - b \sum t) / n$

b แทน ค่าความชันของเส้นตรง สามารถคำนวณได้จาก $b = (n \sum ty - \sum t \sum y) / (n \sum t^2 - (\sum t)^2)$

n แทน จำนวนชุดข้อมูลที่นำมาพยากรณ์

y แทน ค่าของข้อมูลที่นำมาพยากรณ์

2.2.2 วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) [3]

เป็นวิธีการสร้างสมการพยากรณ์จากการเฉลี่ยค่าสังเกตล่าสุดจำนวน n ค่า โดยให้น้ำหนักของข้อมูลเท่ากัน และไม่กำหนดจำนวนค่าสังเกต n ที่นำมาเฉลี่ยไว้แน่นอน แต่จะเลือก n ที่ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่า n ที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนโดยรวมต่ำที่สุด มีสมการการพยากรณ์หนึ่งช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังนี้

$$F_t = \frac{(A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n})}{n} \quad (2)$$

เมื่อ F_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

A_{t-n} แทน ข้อมูลจริง ณ เวลา $t-n$

n แทน จำนวนชุดข้อมูลที่นำมาพยากรณ์

2.2.3 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing Method) [4]

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนเพียงอย่างเดียว (ไม่มีแนวโน้มและไม่มีฤดูกาล) โดยที่ค่าพยากรณ์จะคำนวณจากข้อมูลที่ผ่านมาทั้งหมด โดยมีการให้น้ำหนักหรือความสำคัญของข้อมูลแต่ละค่าไม่เท่ากัน การให้น้ำหนักจะให้ความสำคัญกับข้อมูลที่เกิดขึ้นล่าสุด และจะลดหลั่นกันไปแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสำหรับค่าของข้อมูลที่ห่างไกลออกไป โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ ($0 \leq \alpha \leq 1$) มีสมการการพยากรณ์ดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (3)$$

เมื่อ F_{t+1}	แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+1$
α	แทน ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบ
Y_t	แทน ค่าจริงในช่วงเวลาปัจจุบัน
F_t	แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

2.2.4 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง (Double Exponential Smoothing Method) [4]

เป็นวิธีที่ใช้หลักการของเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง ซึ่งจะเหมาะกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนเพียงอย่างเดียว (ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล) จึงมีค่าคงที่สำหรับปรับเรียบเพียง 1 ค่า คือ α แต่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง จะมีค่าคงที่สำหรับปรับระดับ 2 ค่า คือ α และ γ มีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+n} = L_t + b_t n \quad (4)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+n}$	แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t+n$
L_t	แทน ค่าคงที่ จะหาได้จาก $L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$
b_t	แทน ค่าประมาณแนวโน้มของข้อมูล จะหาได้จาก $b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$
n	แทน จำนวนชุดข้อมูลที่นำมาพยากรณ์
α, γ	แทน พารามิเตอร์ของการพยากรณ์ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.2.5 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง (Triple Exponential Smoothing Method) [4]

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม และมีฤดูกาล จึงมีค่าคงที่สำหรับปรับระดับ 3 ค่า คือ α, γ และ δ ($0 \leq \delta \leq 1$) มีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+n} = (L_t + nb_t) S_{t-s+n} \quad (5)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+n}$	แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ $t+n$
n	แทน จำนวนชุดข้อมูลที่นำมาพยากรณ์
L_t	แทน ค่าประมาณแนวระดับของข้อมูล คำนวณได้จาก $L_t = \alpha(Y_t / S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$
b_t	แทน ค่าประมาณแนวโน้ม จะหาได้จาก $b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$
S_t	แทน ค่าประมาณฤดูกาล คำนวณได้จาก $S_t = \gamma(Y_t / L_t) + (1 - \delta)S_{t-1}$
α	แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
γ	แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณแนวโน้ม มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
δ	แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างค่าฤดูกาลจริงกับค่าประมาณฤดูกาล มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
s	แทน จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี เช่น ถ้าเป็นข้อมูลรายเดือน $s=12$

2.3 เกณฑ์การเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี กับข้อมูลที่ศึกษา

จะพิจารณาจาก MAPE ซึ่งเป็นการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยวัดจากขนาดของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง ค่าวัดความถูกต้องนี้เป็นค่าที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ [5] คำนวณจาก

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (6)$$

เมื่อ e_i แทน ผลต่างของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
 Y_i แทน ค่าจริง ณ เวลา t
 n แทน จำนวนชุดข้อมูลที่นำมาพยากรณ์

นอกจากค่า MAPE แล้ว ผู้วิจัยจะใช้ค่า MAD พิจารณาความเหมาะสมระหว่างวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ควบคู่ไปด้วยกัน โดยค่า MAD นี้ เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยจะวัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อนที่แทนด้วยค่าสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ มีหน่วยเป็นหน่วยเดียวกันกับสิ่งที่ต้องการวัด [5] โดยคำนวณจาก

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (7)$$

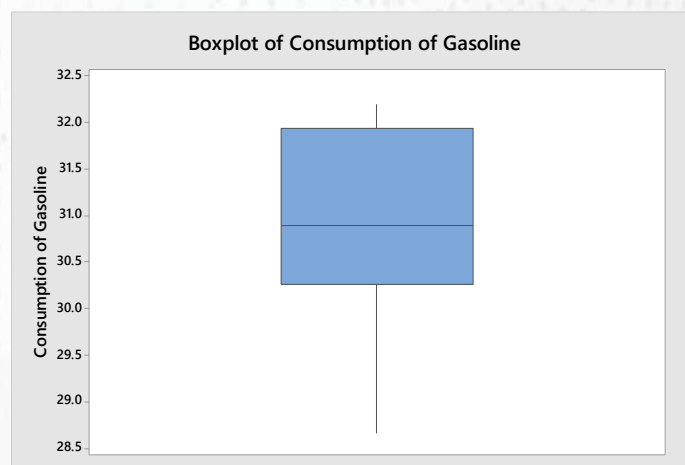
2.4 การหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีดังที่กล่าว ตามข้อที่ 2.2 เมื่อทราบว่าการพยากรณ์ใดที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด จะถือว่าเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่สุด จากนั้นจะนำวิธีการพยากรณ์นั้น มาพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 คือ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนเมษายน 2563 จำนวน 4 ค่า โดยกำหนดช่วงเวลาการพยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือน เพื่อหาว่าวิธีการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสมกับช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วงไหนมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

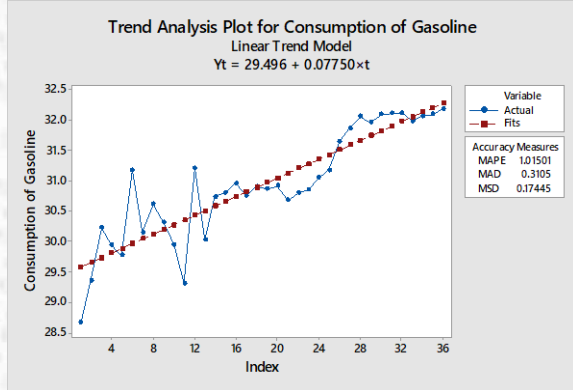
จากการนำข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย จำนวน 40 ค่า มาทำการตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล ด้วยวิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าไม่มีค่าของข้อมูลใดที่มีค่าสูงหรือต่ำผิดปกติ (Outlier) ไปจากค่าของข้อมูลทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถใช้ข้อมูลชุดนี้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ต่อไปได้



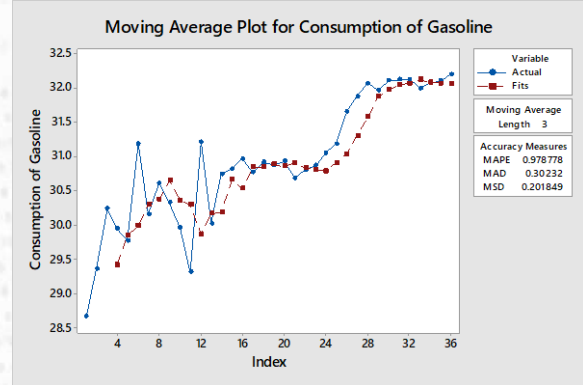
ภาพที่ 1 กราฟบ็อกพล็อต (Box Plot) ของข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย จำนวน 40 ค่า

3.2 ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีที่ศึกษา

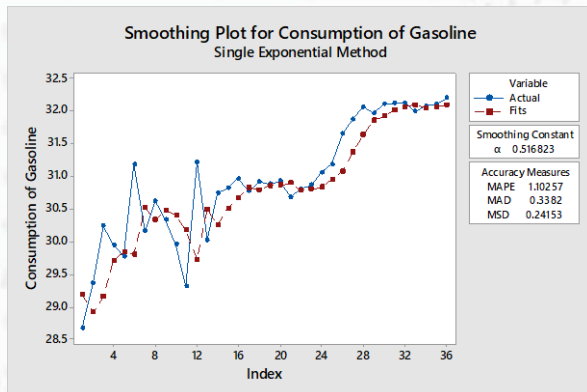
จากนั้นจะแบ่งข้อมูลจำนวน 40 ค่าออกเป็น 2 ชุด โดยจะนำข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนธันวาคม 2562 จำนวน 36 ค่า มาทำการศึกษาด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนจริงของประเทศไทยกับค่าพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 6 ดังนี้



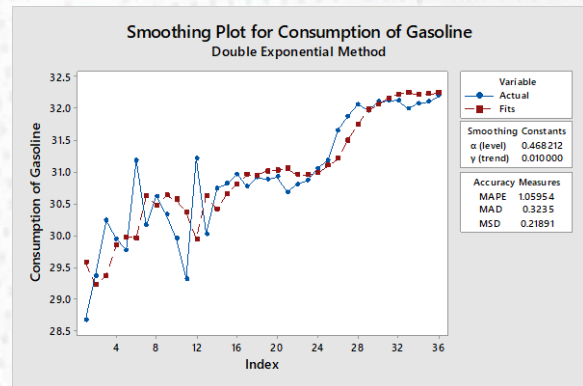
ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนจริงของประเทศไทย กับค่าพยากรณ์ โดยวิธีแนวโน้มเชิงเส้น



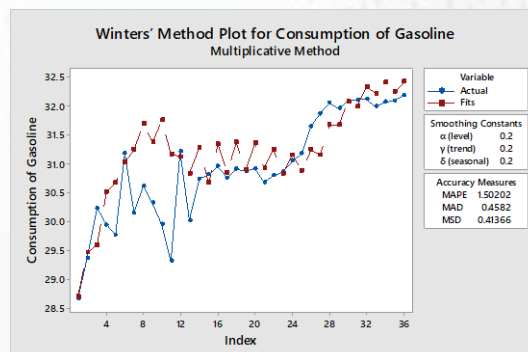
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนจริงของประเทศไทย กับค่าพยากรณ์ โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 เดือน



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนจริงของประเทศไทย กับค่าพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนจริงของประเทศไทย กับค่าพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนจริงของประเทศไทย กับค่าพยากรณ์ โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง

3.3 ผลการการเปรียบเทียบความเหมาะสมของการพยากรณ์

เมื่อได้ผลการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่สุด จะเลือกจากวิธีการพยากรณ์ที่มี MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้จะพิจารณาที่ค่า MAPE ก่อน ถ้าหากมีค่าเท่ากัน จึงจะพิจารณาที่ค่า MAD เป็นลำดับถัดไป ผลการเปรียบเทียบ MAPE และ MAD แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งวิธีที่ให้ค่า MAPE และ MAD ต่ำที่สุด คือวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยมีค่าเท่ากับ 0.97878% และ 0.30232 ล้านลิตร/วัน ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีแนวโน้มเชิงเส้น วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ตามลำดับ ในขณะที่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่สุด เนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่สูงที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์อื่น ๆ ที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด สำหรับใช้พยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย คือวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ค่า MAPE (%)	ค่า MAD (ล้านลิตร/วัน)
1. วิธีแนวโน้มเชิงเส้น	1.01501	0.31050
2. วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	0.97878	0.30232
3. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	1.10257	0.33820
4. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสองครั้ง	1.05954	0.32350
5. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบสามครั้ง	1.50202	0.45820

3.4 ผลการหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

จากผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีที่ศึกษาข้างต้น พบว่า วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่สุด เนื่องจากให้ค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด จึงนำวิธีการนี้มาพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนเมษายน 2563 กำหนดช่วงเวลาการพยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเวลาล่วงหน้า 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือน ทั้งนี้จะเลือกช่วงเวลาล่วงหน้าที่เหมาะสมจากการพิจารณาค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 จากตารางที่ 3 พบว่า วิธีการพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ เหมาะสมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 เดือน เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเพียง 0.95265% เมื่อเทียบกับช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน และ 1 เดือน ที่มีค่า MAPE เท่ากับ 1.01135% และ 1.20856% ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

ล่วงหน้า 1 เดือน		ล่วงหน้า 2 เดือน		ล่วงหน้า 3 เดือน	
ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
31.76	32.1200	31.76	32.1200	31.76	32.1200
		32.00	32.0167	32.00	32.0167
				31.40	31.7833
MAPE =	1.20856%	MAPE =	0.95265%	MAPE =	1.01135%

4. บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบและคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูล ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนมกราคม 2563 จำนวนทั้งสิ้น 40 ค่า สำหรับศึกษาและเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนน

เฉลี่ยแบบสองครั้ง และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษามากที่สุด จะพิจารณาจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด จากนั้นจะนำวิธีการพยากรณ์ดังกล่าว มาหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมโดยแบ่งเป็น 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือน โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 ถึงเดือนเมษายน 2563 จำนวนทั้งสิ้น 4 ค่า และจะพิจารณาเลือกช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับวิธีการพยากรณ์ที่ได้เลือกมาแล้วจากข้อมูลชุดที่ 1 โดยจะพิจารณาจากช่วงพยากรณ์ล่วงหน้าที่มีค่า MAPE ต่ำที่สุด

ผลการศึกษาข้อมูลชุดที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น กับข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย พบว่า การพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษามากที่สุด โดยพิจารณาภายใต้เกณฑ์ค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.97878% และ 0.30232 ล้านลิตร/วัน ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีแนวโน้มเชิงเส้น ในขณะที่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษาน้อยที่สุด เนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่สูงที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์อื่น ๆ ที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินรายเดือนของประเทศไทย คือวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และจากการหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าจากวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ พบว่า วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 เดือน เพราะมีค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.95265% เมื่อเทียบกับช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน และ 1 เดือน ที่มีค่า MAPE เท่ากับ 1.01135% และ 1.20856% ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยเรื่องนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน, “สถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้าของไทย ปี 2563”, Available: [http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/energy-status/month?category_id=568&isc=1&orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/energy-status/month?category_id=568&isc=1&orders[publishUp]=publishUp&issearch=1)
- [2] ทรงศิริ แต่สมบัติ. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2549.
- [3] เฉลิมชาติ อีระวิริยะ. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในจังหวัดนครพนม. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25(2560) 128-129.
- [4] ลักขณา ฤกษ์เกษม. การพยากรณ์ความต้องการสินค้าสำหรับการวางแผนการผลิตกรณีศึกษาการผลิตชุดสะอาด. วารสารปริชาต มหาวิทยาลัยทักษิณ. 28(2558) 291-304.
- [5] กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์สถิติ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2546.

แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน
ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู
Mobile Application for Searching Medicinal Herbs in Public Health
with Thai and Malay Language

การอมะย์ ดอพอ¹ ณัฐวรา บุญมัย¹ เมธาวิ จงไกรจักร¹ วิภาวี ศิลปธนู¹ สุไวย๊ะ สะนิ¹
วิวัฒน์ หมดดี¹ และ กุสุมาลย์ น้อยผา^{1*}

¹สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง

*E-mail: Kusumarn.n@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดทำแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน และเพื่อศึกษาความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน โดยใช้ iBuild App ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ ผู้ใช้แอปพลิเคชันสามารถค้นหาข้อมูลจากโรคและกลุ่มอาการของโรค กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชันนี้ คือ กลุ่มอาสาสมัครจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนิสิตสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อายุระหว่าง 18-25 ปี มีความสนใจในการใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลวิจัยพบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู มีผลการประเมินรวมอยู่ในระดับมาก (Mean=4.05 , S.D.=0.71) และผลการประเมินรวมของความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานอยู่ในระดับมาก (Mean=4.13 , S.D.=0.77)

คำสำคัญ: แอปพลิเคชันบนมือถือ ค้นหาข้อมูลสมุนไพรด้วยภาษาไทยและภาษามลายู สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

Abstract

This study aimed to create a mobile application for Searching the medicinal herbs in public health with Thai and Malay language to study students' satisfaction for this mobile application and to study Accuracy of Language within the mobile application. IBuild App was used to develop this mobile application. The users can search form the name of diseases and syndromes. Thirty volunteers were students in Thai traditional medicine program, faculty of health and sports science, Thaksin university, Phatthalung campus. Students aged between 18 to 25 years who Interested in using this mobile application. Assessment of satisfaction for this mobile application was analyzed using descriptive statistics. The overall assessment is at a high level (Mean=4.05, S.D.=0.71). The overall assessment of accuracy of language within the mobile application is at a high level (Mean=4.13, S.D.=0.77).

Keywords: mobile application, searching for herbs data with Malay and Thai, medical herbs in public health

1. บทนำ

แอปพลิเคชันบนมือถือ เป็นโปรแกรมที่ทำงานบนมือถือและแท็บเล็ต อาจเป็นโปรแกรม เกม รูปแบบคำสั่ง หรือสิ่งอำนวยความสะดวกบนสมาร์ตโฟน ทำให้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันต่างๆ มากขึ้นเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งปัจจุบันแอปพลิเคชันบนระบบสมาร์ตโฟน ถือได้ว่าการเลือกใช้และดาวน์โหลดกันอย่างมากมาย ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดและติดตั้งลงในเครื่อง การใช้งานครั้งต่อไปผู้ใช้สามารถศึกษาเนื้อหาได้ โดยไม่ต้องทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต การนำเทคโนโลยีบนมือถือมาใช้งานอย่างเหมาะสมนั้นเป็นการขยายขอบเขตของการเรียนรู้ออกไปได้อย่างกว้างขวางทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ปัจจุบันแอปพลิเคชันบนมือถือเหล่านี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากง่ายต่อการพกพาและสะดวกต่อการใช้งาน ทำให้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันต่าง ๆ มากขึ้น ความนิยมในการใช้งานยังคงมีอย่างต่อเนื่อง ในกลุ่มการศึกษาและกลุ่มการทำงานเริ่มมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง และเข้าไปถึงกลุ่มคนทุกเพศทุกวัยไม่ว่าจะอยู่ในชนบทหรือพื้นที่ห่างไกล สมาร์ตโฟนจึงกลายเป็นช่องทางใหม่ที่เปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอ และกระจายความรู้ให้เข้าถึงได้อย่างมาก [1]

สมุนไพรและการแพทย์แผนไทยในงานสาธารณสุขมูลฐาน คือ การสนับสนุนและส่งเสริมการดูแลสุขภาพของตนเอง โดยใช้สมุนไพร การแพทย์พื้นบ้าน การนวดไทย ในระดับบุคคล ครอบครัว และชุมชน ให้ถูกต้อง อาจกล่าวได้ว่าสมุนไพรสำหรับสาธารณสุขมูลฐานคือสมุนไพรที่ใช้ในการส่งเสริมสุขภาพ และการรักษาโรค/อาการเจ็บป่วยเบื้องต้น เพื่อให้ประชาชนสามารถพึ่งตนเองได้มากยิ่งขึ้น [1] ซึ่งข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน จะมีทั้งในรูปแบบหนังสือ และเว็บไซต์ซึ่งในรูปแบบหนังสือจะยุ่งยากในการพกพา เนื่องจากหนังสือจะมีขนาดใหญ่ ในส่วนของเว็บไซต์ข้อมูลสมุนไพรภายในอินเทอร์เน็ตนั้นข้อมูลมีจำนวนมาก จะต้องใช้เวลาในการคัดกรอง สรุปเนื้อหา และต้องใช้อินเทอร์เน็ตในการใช้งานสำหรับการค้นหาข้อมูล

นิสิตที่กำลังศึกษาในสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย ซึ่งพักอาศัยอยู่ในพื้นที่ 5 จังหวัดภาคใต้ส่วนใหญ่ใช้ภาษามลายู และหรือภาษาไทย มีความจำเป็นต้องเข้าใจทั้งภาษาไทย และภาษามลายู เพื่อใช้ในการสื่อสารกับคนไข้ที่เป็นชาวมุสลิมในพื้นที่ ให้เกิดความเข้าใจในการรักษาอย่างถูกต้องเพิ่มขึ้น หรือผู้ป่วยชาวมุสลิมที่พอจะอ่านภาษาไทยได้ สามารถเข้าใจรายละเอียดของการใช้งานแอปพลิเคชันและสามารถใช้งานได้ทั้งภาษาไทยและภาษามลายู ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่มีแอปพลิเคชันในการสืบค้นข้อมูลสมุนไพรที่สะดวกและใช้งานได้ง่าย อีกทั้งนิสิตที่กำลังศึกษาในสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยต้องมีความรวดเร็วในการค้นหาข้อมูล และต้องมีความเข้าใจในเนื้อหาข้อมูล แต่ข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานส่วนใหญ่จะมีเพียงภาษาไทย และภาษาอังกฤษ แต่ยังไม่มีการแปลเป็นภาษามลายู

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงศึกษาการจัดทำแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานด้วยภาษาไทยและภาษามลายู เพื่อให้ นิสิตนักศึกษาและผู้สนใจได้ศึกษาข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันที่มีความสะดวกรวดเร็วในการค้นหาและสามารถใช้แอปพลิเคชันได้ทุกที่และทุกเวลา และสามารถดาวน์โหลดแอปพลิเคชันได้ฟรีผ่านทาง App store และ Play store ซึ่งแอปพลิเคชันนี้ยังมีความเหมาะสมเป็นอย่างมากในยุคปัจจุบัน ที่มีเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันเป็นส่วนมาก ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบของแอปพลิเคชันที่เหมาะสมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดทำแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนิสิตที่มีต่อแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน
3. เพื่อศึกษาความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

3. สมมติฐาน

แอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู นี้มีความถูกต้องด้านเนื้อหา และนิสิตมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นิสิตที่กำลังศึกษาในสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยหรือผู้สนใจ สามารถนำความรู้ที่ได้จากการใช้แอปพลิเคชัน มาใช้ในการเรียนและใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

2. สะดวกในการเข้าถึงข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานมากยิ่งขึ้น

5. กรอบแนวคิดในการวิจัย

แอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู สำหรับนิสิตมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา ผู้วิจัยได้สร้างแผนการดำเนินการศึกษา เพื่อศึกษาความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู และเพื่อศึกษาความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การดำเนินการการศึกษาความพึงพอใจและการศึกษาความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู

6. วิธีดำเนินการวิจัย

แอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู โดยแบ่งการศึกษา เป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 การจัดทำแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู ส่วนที่ 2 การทดสอบความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชัน ค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู และส่วนที่ 3 การทดสอบความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

ส่วนที่ 1 การจัดทำแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู

การจัดทำแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู โดยมีวิธีวิจัยดังนี้

1. วิเคราะห์และออกแบบระบบ จากหนังสือสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานของกระทรวงสาธารณสุข โดยเนื้อหาของสมุนไพรจะแบ่งตามกลุ่มอาการของโรค [1] ซึ่งจะมีข้อมูลดังนี้

1.1 กลุ่มโรคในระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ โรคกระเพาะอาหารสมุนไพรจำนวน 2 ชนิด อาการท้องอืด ท้องเฟ้อสมุนไพรจำนวน 15 ชนิด โรคท้องผูกสมุนไพรจำนวน 6 ชนิด โรคท้องเสียสมุนไพรจำนวน 6 ชนิด อาการคลื่นไส้อาเจียนสมุนไพรจำนวน 3 ชนิด โรคเบื่ออาหารสมุนไพรจำนวน 4 ชนิด อาการปวดฟันสมุนไพรจำนวน 3 ชนิด โรคพยาธิลำไส้สมุนไพรจำนวน 6 ชนิด

1.2 กลุ่มโรคในระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ อาการไอและระคายคอจากเสมหะสมุนไพรจำนวน 8 ชนิด

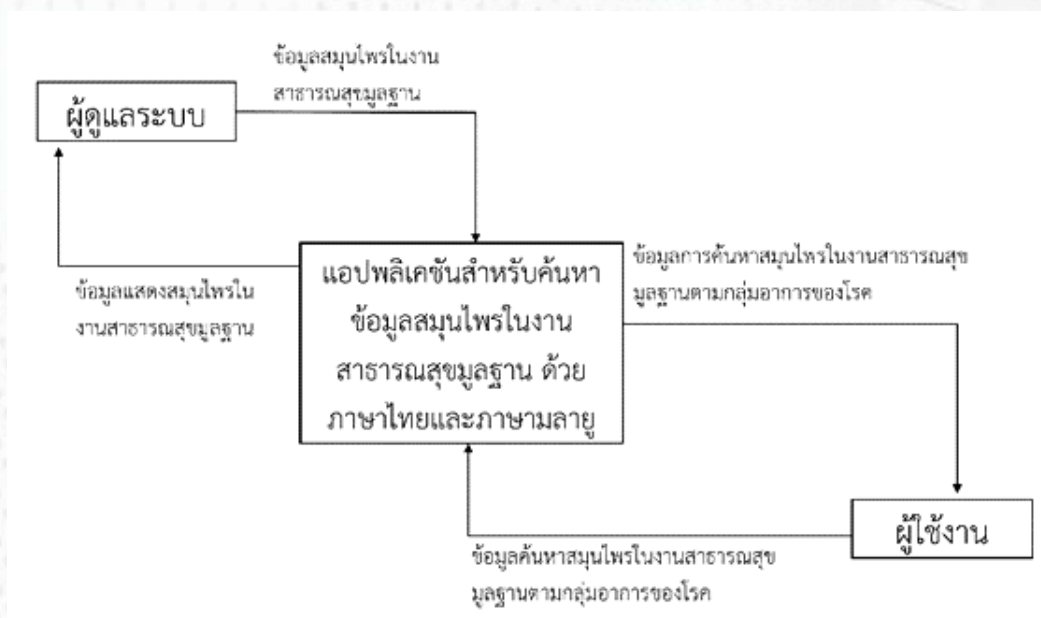
1.3 กลุ่มโรคในระบบทางเดินปัสสาวะ ได้แก่ อาการขัดเบาสมุนไพรจำนวน 7 ชนิด

1.4 กลุ่มโรคอาการทางผิวหนัง ได้แก่ โรคกลากเกลื้อนสมุนไพรจำนวน 5 ชนิด โรคคันนูนตุ่มสมุนไพรจำนวน 1 ชนิด แผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวกสมุนไพรจำนวน 3 ชนิด ฝี แผลพุพองสมุนไพรจำนวน 6 ชนิด อาการแพ้ อักเสบจากแมลงกัดต่อยสมุนไพรจำนวน 5 ชนิด อาการลมพิษสมุนไพรจำนวน 1 ชนิด โรคจูสวัด เริ่มสมุนไพรจำนวน 2 ชนิด

1.5 กลุ่มโรคหรืออาการเจ็บป่วยอื่นๆ ได้แก่ อาการเคล็ด ขัด ยอกสมุนไพรจำนวน 1 ชนิด อาการนอนไม่หลับสมุนไพรจำนวน 1 ชนิด อาการใช้สมุนไพรจำนวน 2 ชนิด หิด เหาสมุนไพรจำนวน 1 ชนิด

เนื้อหาของสมุนไพรจะประกอบไปด้วย ชื่อสมุนไพร ลักษณะของพืช ส่วนที่ใช้เป็นยา ช่วงเวลาที่เก็บเป็นยา รสและสรรพคุณยาไทย วิธีใช้

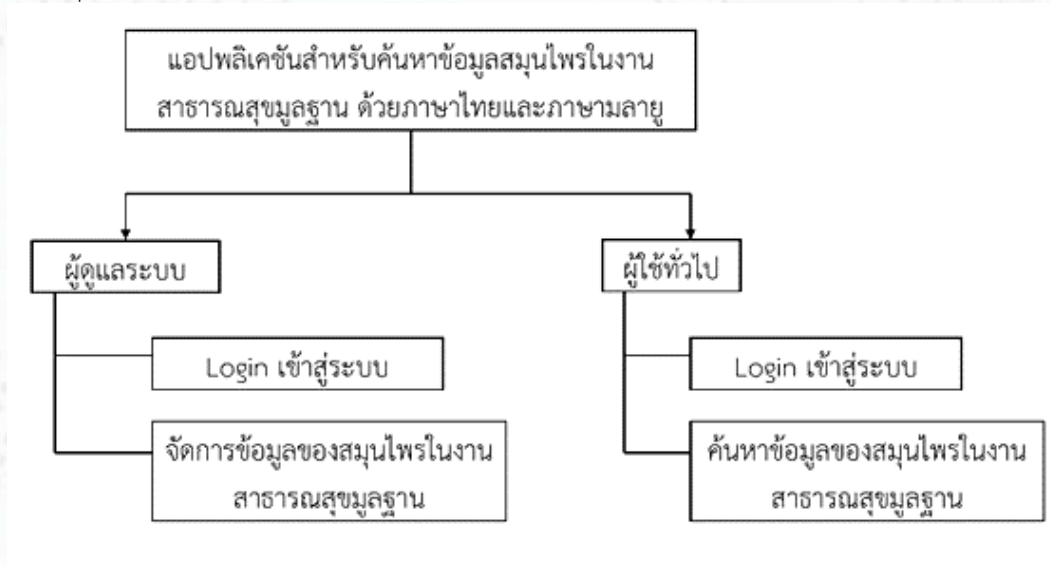
2. สร้างแอปพลิเคชันโดยใช้ iBuildApp ในการพัฒนา Mobile Application ผู้ใช้แอปพลิเคชันสามารถค้นหาข้อมูลจากกลุ่มอาการของโรค ดังภาพที่ 2 ซึ่งแสดงแผนภาพบริบทของแอปพลิเคชันเพื่อแนะนำข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน



ภาพที่ 2 บริบทของแอปพลิเคชันเพื่อแนะนำข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

3. ผู้ใช้แอปพลิเคชันมี 2 ประเภทคือ ผู้ดูแลระบบ สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ได้แก่ ชื่อสมุนไพร ลักษณะของพืช ส่วนที่ใช้เป็นยา ช่วงเวลาที่เก็บเป็นยา รสและสรรพคุณยาไทย วิธีใช้ และประเภทของกลุ่ม

อาการของโรค ได้แก่ กลุ่มโรคในระบบทางเดินอาหาร กลุ่มโรคในระบบทางเดินหายใจ กลุ่มโรคในระบบทางเดินปัสสาวะ กลุ่มโรคอาการทางผิวหนัง กลุ่มโรคหรืออาการเจ็บป่วยอื่นๆ ส่วนผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานจากประเภทของกลุ่มอาการของโรค ภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

ส่วนที่ 2 การทดสอบความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชัน ค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตที่กำลังศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้จากการสุ่มประชากร ซึ่งได้ทำการคัดเลือกมาจากอาสาสมัครที่ได้จากการผ่านเกณฑ์คัดเลือก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถามข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส ประวัติการแพ้สมุนไพร ความถี่ในการใช้สมุนไพรรักษาอาการเจ็บป่วย ซึ่งเป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 6 คำถาม

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู จำนวน 13 คำถาม เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนค่า(Rating scale) 5 ระดับ ของลิทธิธร จิยศักดิ์ และ ชวัญชนก อิมอมรชัย [2] ในแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจ

- ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
- ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
- ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
- ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
- ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลผลคะแนน

- ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ระดับมาก
- ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

ส่วนที่ 3 การทดสอบความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ที่มีความสนใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้จากการสุ่มประชากร ซึ่งได้ทำการคัดเลือกมาจากอาสาสมัครที่ได้จากการผ่านเกณฑ์คัดเข้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถามข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ซึ่งเป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 3 คำถาม

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู จำนวน 5 คำถาม เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนค่า (Rating scale) 5 ระดับ ของสิรินธร จียาศักดิ์ และ ขวัญชนก อิมอมรชัย [2] ในแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจ

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลผลคะแนน

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

7. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำแบบสอบถามทั้งหมดมาตรวจสอบความถูกต้อง โดยปรับปรุงมาจากนุรฮูดา มะเซ็ง และศุภณัฏฐ์ ภูนา [3]
2. นำแบบสอบถามที่ตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลส่วนบุคคล โดยวิเคราะห์หาค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่ออธิบายให้เห็นลักษณะของข้อมูล
3. การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อการใช้แอปพลิเคชัน ค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู ใช้สถิติค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

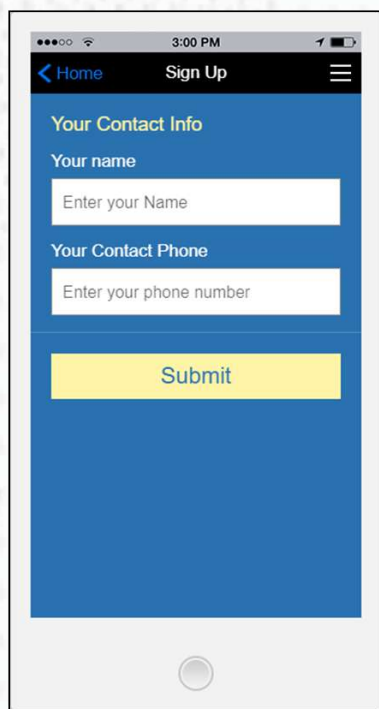
8. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู โดยแบ่งการศึกษา เป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 การจัดทำแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู ส่วนที่ 2 การทดสอบความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชัน ค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู และส่วนที่ 3 การทดสอบความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

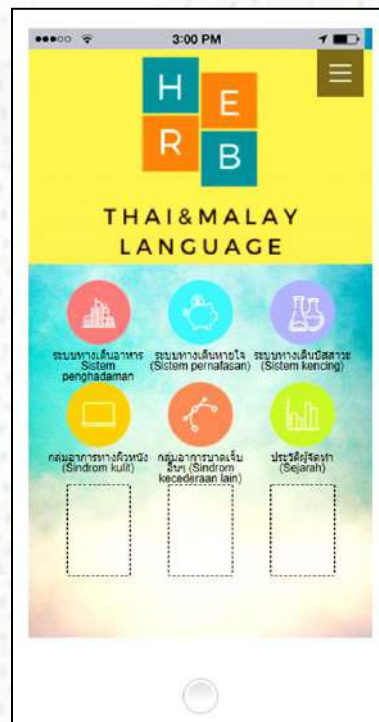
ส่วนที่ 1 การจัดทำแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู

จากการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ตามขั้นตอนการวิจัย โดยนำข้อมูลจากหนังสือสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานของกระทรวงสาธารณสุข โดยเนื้อหาของสมุนไพรจะแบ่งตามกลุ่มอาการของโรค ประกอบด้วย กลุ่มโรคในระบบทางเดินอาหาร กลุ่มโรคในระบบทางเดินหายใจ กลุ่มโรคในระบบ

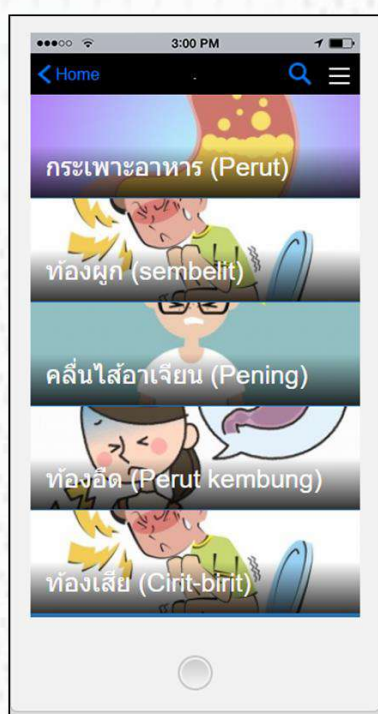
ทางเดินปัสสาวะ กลุ่มโรคอาหารทางผิวหนัง กลุ่มโรคหรืออาการเจ็บป่วยอื่นๆ ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน ดังภาพที่ 4 ถึง 9



ภาพที่ 4 หน้าจอเข้าสู่ระบบของแอปพลิเคชันสำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงข้อมูลเนื้อหาของสมุนไพรแบ่งตามกลุ่มอาการของโรค



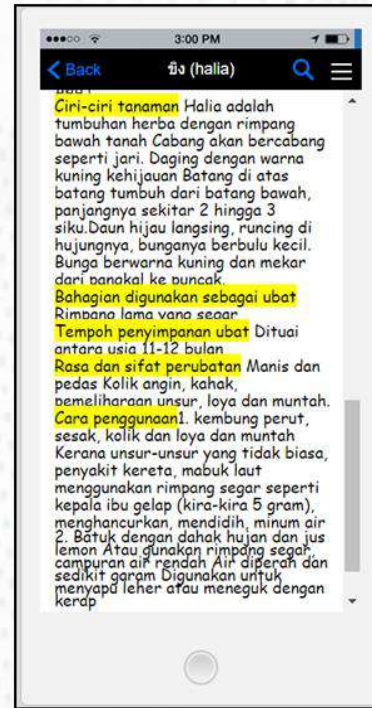
ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงข้อมูลเนื้อหาของสมุนไพรแบ่งตามกลุ่มอาการของโรค



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงข้อมูลเนื้อหาของสมุนไพร



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงข้อมูลเนื้อหาของสมุนไพรด้วย
ภาษาไทย



ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงข้อมูลเนื้อหาของสมุนไพร
ด้วยภาษามลายู

ส่วนที่ 2 การทดสอบความพึงพอใจของการใช้แอปพลิเคชัน ค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทย
และภาษามลายู

แอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู กลุ่ม
ตัวอย่าง จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถาม ผู้วิจัยได้เสนอผลการศึกษาในรูปแบบสถิติเชิงพรรณนา

แบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส
ประวัติการแพ้สมุนไพร ความถี่ในการใช้สมุนไพรรักษาอาการเจ็บป่วย ทั้งหมด 6 ข้อ พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงมากกว่า
เพศชาย โดยเพศหญิงร้อยละ 83.4 เป็นเพศชายร้อยละ 16.6 กลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 20 ปี มากที่สุดร้อยละ 26.7 รองลงมาคือ
ช่วงอายุ 22 ปี ร้อย 23.3 ช่วงอายุ 19 ปี ร้อยละ 20 อายุ 20 ปี ร้อยละ 20 และอายุ 21 ปี ร้อยละ 20 ช่วงอายุ 18 ปี ร้อยละ
10 ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างนิสิตที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 2 ร้อยละ 33.4 ชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 33.3 และชั้นปีที่ 4 ร้อยละ
33.3 กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เคยมีประวัติการแพ้สมุนไพร คิดเป็นร้อยละ 100 กลุ่มตัวอย่างเคยใช้สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน
ในการรักษาอาการเจ็บป่วย คิดเป็นร้อยละ 100 กลุ่มตัวอย่างมีความถี่ในการใช้สมุนไพรรักษาอาการเจ็บป่วยโดยรับประทาน
เป็นประจำ ร้อยละ 26.7 รองลงมา คือ รับประทานเป็นครั้งคราว ร้อยละ 73.3 ตามลำดับ

แบบสอบถามส่วนที่ 2 เกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุข
มูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู ทั้งหมด 13 ข้อ พบว่า ผลการประเมินรวมของนิสิตที่กำลังศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผน
ไทย คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อยู่ในระดับมาก (Mean=4.05 , S.D.=0.71)
เมื่อพิจารณาหลายด้านพบว่า ด้านกระบวนการติดตั้งและความเข้าใจในการใช้งานแอปพลิเคชันอยู่ในระดับมาก (Mean=
3.93 , S.D.=0.72) ด้านรูปแบบและภาพลักษณ์อยู่ในระดับมาก (Mean=4.06 , S.D.=0.69) ด้านการใช้งานอยู่ในระดับมาก
(Mean=4.1 , S.D.=0.80) ด้านภาพรวมของแอปพลิเคชันอยู่ในระดับมาก (Mean=4.13 , S.D.=0.65) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู (n=30)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		แปลผล
	Mean	S.D.	
ด้านกระบวนการติดตั้งและความเข้าใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน	3.93	0.72	มาก
1. กระบวนการในการติดตั้งแอปพลิเคชันง่ายและเหมาะสม	3.93	0.72	มาก
2. เข้าใจและใช้งานแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว	3.87	0.67	มาก
3. เรียนรู้และใช้งานได้อย่างรวดเร็ว	4	0.77	มาก
ด้านรูปแบบและภาพลักษณ์	4.06	0.69	มาก
4. ขนาดของตัวอักษรภายในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.03	0.66	มาก
5. รูปแบบของตัวอักษรภายในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.07	0.68	มาก
6. สีสนของตัวอักษรภายในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.07	0.73	มาก
ด้านการใช้งาน	4.1	0.8	มาก
7. ความเร็วในการตอบสนองของแอปพลิเคชัน	3.97	0.91	มาก
8. แอปพลิเคชันมีประโยชน์ต่อท่าน	4.2	0.83	มาก
9. สะดวกต่อการใช้งาน	4.13	0.67	มาก
ด้านภาพรวมของแอปพลิเคชัน	4.13	0.65	มาก
10. ความน่าสนใจในแอปพลิเคชัน	4.17	0.64	มาก
11. ความพึงพอใจในแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานและเข้าใจง่าย	4.13	0.62	มาก
12. ความทันสมัยของรูปแบบแอปพลิเคชัน	4.07	0.73	มาก
13. โดยรวมท่านมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชัน	4.13	0.62	มาก
รวม	4.05	0.71	มาก

ส่วนที่ 3 การทดสอบความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน คือ แบบสอบถาม ผู้วิจัยได้เสนอผลการศึกษา ในรูปแบบสถิติเชิงพรรณนา

แบบสอบถามส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา ทั้งหมด 3 ข้อ พบว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยเพศหญิงร้อยละ 83.4 เป็นเพศชายร้อยละ 16.6 กลุ่มตัวอย่างช่วงอายุ 21 ปีมากที่สุดร้อยละ 50 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 22 ปี ร้อย 40 และช่วงอายุ 19 ปี ร้อยละ 10 ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างนิสิตที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 3 ร้อยละ 40 และชั้นปีที่ 4 ร้อยละ 60 ตามลำดับ

แบบสอบถามส่วนที่ 2 เกี่ยวกับความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู จำนวน 5 คำถาม ผลการประเมินรวมของความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานอยู่ในระดับมาก (Mean=4.13 , S.D.=0.77) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ด้านความถูกต้องของการใช้ภาษาไทยอยู่ในระดับมาก (Mean=4.17 , S.D.=0.64) รองลงมา คือ ด้านความเข้าใจต่อภาษาภายในแอปพลิเคชันอยู่ในระดับมาก (Mean=4.13 , S.D.=0.62) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความถูกต้องของภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู (n=30)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		แปลผล
	Mean	S.D.	
ด้านเนื้อหา			
1. ความถูกต้องของการใช้ภาษาไทย	4.17	0.64	มาก
2. ความถูกต้องของการใช้ภาษามลายู	4.13	0.62	มาก
3. ความเข้าใจต่อภาษาภายในแอปพลิเคชัน	4.13	0.62	มาก
4. เนื้อหามีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4.07	0.73	มาก
5. ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้จากแอปพลิเคชันไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน	4.13	0.62	มาก
รวม	4.13	0.77	มาก

9. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การจัดทำแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับค้นหาข้อมูลสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเนื้อหา โดยใช้เนื้อหาตามหนังสือสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานของกระทรวงสาธารณสุข โดยเนื้อหาของสมุนไพรจะแบ่งตามกลุ่มอาการของโรค ประกอบด้วย กลุ่มโรคในระบบทางเดินอาหาร กลุ่มโรคในระบบทางเดินหายใจ กลุ่มโรคในระบบทางเดินปัสสาวะ กลุ่มโรคอาการทางผิวหนัง กลุ่มโรคหรืออาการเจ็บป่วยอื่นๆ ทำให้การค้นหายุ่งยาก สะดวก และสามารถดำเนินการได้ทุกที่ ทุกเวลา

ผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู มีผลการประเมินรวมอยู่ในระดับมาก (Mean=4.05 , S.D.=0.71) และผลการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษาภายในแอปพลิเคชันค้นหาสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน ด้วยภาษาไทยและภาษามลายู มีผลการประเมินรวมอยู่ในระดับมาก (Mean=4.13 , S.D.=0.77)

ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจต่อด้านกระบวนการติดตั้งและความเข้าใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน มีค่าเท่ากับ 3.93 อยู่ในระดับมาก แต่อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามผู้ใช้พบว่าในการติดตั้งแอปพลิเคชันครั้งแรกอาจทำให้ไม่สะดวกในการสแกนคิวอาร์โค้ด ส่วนในด้านรูปแบบและภาพลักษณ์ มีค่าเท่ากับ 4.06 อยู่ในระดับมาก หน้าจอ สีสันหลัง รูปแบบตัวอักษร และขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม และด้านการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 4.1 อยู่ในระดับมาก แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ทั้งในขณะมีอินเทอร์เน็ต และไม่มีอินเทอร์เน็ต แต่ถ้าต้องการความรวดเร็วในการใช้งานจะต้องใช้ความคุ้นเคยกับการใช้อินเทอร์เน็ต

10. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ขอขอบคุณนางสาวนุรฮูดา มะเซ็งและนางสาวศุภณีย์ ภูนา ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการออกแบบแอปพลิเคชัน ขอขอบคุณนางสาวชากิยะห์ วายะโย๊ะ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้ภาษามลายู และขอขอบคุณ ผู้เข้าร่วมโครงการที่ได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] พิรมณ การย์กุลวิฑิตและคณะ. สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน. สำนักพิมพ์ไพรแอมไพน์, กรุงเทพฯ. 2562.
- [2] สิริธร จิยาคักดิ์, แอปพลิเคชันสมุนไพรดูแลสุขภาพบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. จากเว็บไซต์: <http://www.it.kmitl.ac.th/natapon/ncit2015/papers/p153-cheyasak.pdf>, สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2561.
- [3] นุรฮูดา มะเซ็ง และศุภณีย์ ภูนา. (2561). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันด้วยไอโอไนคเฟรมเวิร์คเพื่อแนะนำข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่น กรณีศึกษาหมอพื้นบ้านในจังหวัดพัทลุง. โครงการงานวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พฤกษเคมีและฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำของสารสกัดพลู Phytochemical and Larvicidal Activity Against of *Piper betle* L. Leaves Extract

ดาริษฐ์ กุลแป¹ วันลินนา แส้เต็ง¹ วาฟ้าว มะเกะ¹ ฮานานี ยาเล¹ ฮานีษฐ์ สะนิ¹
นายวิฑูรย์ หมายดี¹ และ กุสุมาลย์ น้อยผา^{1*}

¹สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง

*Email: kusumarn.n@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อทดสอบหาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบพลู และ 2) เพื่อศึกษาฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำของสารสกัดหยาบใบพลู (95% ethanal extract) การทดสอบฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำ โดยนำลูกน้ำในระยะเวลาที่ 3 ถึงระยะที่ 4 มาทดสอบ โดยเพาะเลี้ยงในสารละลายที่มีสารสกัดหยาบใบพลูที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าสารสกัดหยาบใบพลูมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราการตายร้อยละ 95.20 ± 0.28 มีค่า LC_{50} เท่ากับ 312.88 ± 2.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และการตรวจวิเคราะห์สารสกัดหยาบใบพลู พบว่ามีพฤกษเคมีในสารสกัดหลายชนิด อาทิ คูมาริน ฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ยกเว้น แอนทราควิโนน แอลคาลอยด์ และสเตียรอยด์ โดยฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำนี้อาจสัมพันธ์กับการตรวจพบเทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน และแทนนินในสารสกัดหยาบใบพลู

คำสำคัญ: พฤกษเคมี ลูกน้ำ พลู

Abstract

The purposes of this study were to 1) detect phytochemical from the crude extract of *Piper betle* L. leaves (95% ethanol extract) and to 2) study the larvicidal activity against of *Piper betle* L. This research determined the larvicidal activity by cultured 3rd and 4th instar larvae in various concentration of *Piper betle* L. extract for 24 hours. The result showed that the ethanolic extract from leaves of *Piper betle* L. exhibited highest activity at 500 mg/L (% mortality = 95.20 ± 0.28) and with a LC_{50} value of 312.88 ± 2.13 mg/L. Many substances such as coumarin, flavonoids, terpenoids, cardiac glycosides except anthraquinones, alkaloids and steroid were found in these plant extract. Which this activity may related with terpenoids, saponins and tannins found in the extract.

Keywords: phytochemical, mosquito larva, *Piper betle* L.

1. บทนำ

ยุง (mosquito) เป็นแมลงดูดกินเลือด (blood-sucking insect) ที่พบได้ทั่วโลก ยกเว้นในทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งยุงเป็นแมลงที่จัดอยู่ในชั้น (class) Insecta อันดับ (order) Diptera และวงศ์ (family) Culicidae สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 วงศ์ย่อย (subfamilies) คือ Anophelinae และ Culicinae ยุงทั้ง 2 วงศ์ย่อย ประกอบด้วย 42 สกุล (genera) ทำให้ทั่วโลกมีชนิดของยุงอยู่มากกว่า 3,500 สปีชีส์ (species) แต่ยุงที่มีความสำคัญทางการแพทย์และพบได้บ่อยในประเทศไทยนั้น ได้แก่ ยุงลาย (*Aedes* spp.) ซึ่งเป็นพาหะของโรคไข้เลือดออก (dengue hemorrhagic fever) และโรคเท้าช้าง (filariasis) ยุงก้นปล่อง (*Anopheles* spp.) เป็นพาหะนำโรคมาลาเรีย ยุงรำคาญ (*Culex* spp.) เป็นพาหะนำโรคไข้สมองอักเสบ

(Japanese encephalitis) และยุงลายเสือ (*Mansania* spp.) เป็นพาหะนำโรคเท้าช้าง สำหรับยุงที่ไม่มีความสำคัญทาง การแพทย์เนื่องจากไม่เป็นพาหะนำโรคและพบได้บ่อยในประเทศไทยนั้น ได้แก่ ยุงบ้านและยุงยักซ์ ซึ่งยุงที่เป็นพาหะนำโรค ล้วนส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก จึงมีการคิดค้นสารเคมีจากการสังเคราะห์ขึ้นมาใช้ในการกำจัดยุง อย่างไรก็ตามแม้ว่าสารเคมี เช่น สารสังเคราะห์กลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ เดลต้ามีทริน (deltamethrin) ซิตาไซเปอร์มีทริน (zetacypermethrin) จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดยุงได้เป็นอย่างดี แต่กลับพบว่าเกิดปัญหาสารพิษตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งทางดิน น้ำ และอากาศซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์ [1]

พลู (*Piper betle* L.) เป็นพืชวงศ์ Piperaceae จัดเป็นไม้เลื้อย ลำต้นเป็นปล้อง มีข้อ ลำต้นอวบน้ำ มีร่องเล็กสี น้ำตาลอมแดงตามแนวยาวของลำต้น สันร่องมีสีเขียว ใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ รูปไข่หรือรูปวงกลมแกมรูปไข่ ผิวใบเรียบ ผิวใบ ด้านบนมีสีเขียวเข้มมากกว่าด้านล่าง ใบเป็นร่องบุงด้านใน เส้นใบ 5-7 เส้น โคนใบกลมเบี้ยวหรือเป็นรูปหัวใจ ปลายใบแหลม หรือเรียวแหลม มีเส้นใบนูนเด่น ใบอ่อนสีเหลืองอ่อนเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน และสีเขียวเข้ม เมื่อแก่เต็มที่มีสีเหลือง เนื้อใบ ค่อนข้างหนา เป็นมัน มีกลิ่นฉุน ใบด้านล่างขนาดใหญ่กว่าใบด้านบน ดอกช่อแยกเพศต่างต้น เติบโตในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้นของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใบพลูสดพบว่ามีค่าความชื้น 85.40% คาร์โบไฮเดรต 6.10% โปรตีน 3.00% เส้นใย 2.30% เกลือแร่และวิตามิน 2.30% น้ำตาล 2.40 - 5.60% แป้ง 1.00 - 1.20% ไขมัน 0.80% แทนนิน 1.00 - 1.30% และน้ำมันหอมระเหย (essential oils) 0.80-1.80% [2] พลูในประเทศไทยพบสารกลุ่มฟีนอลอยู่ประมาณ 0.72 - 2.40% [3] ใบพลูมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ด้านออกซิเดชัน [4] รักษากลาก [5] มีสารต้านอนุมูลอิสระ [6] ด้านแบคทีเรีย [7] ด้านรา [8] สารที่พบในใบพลูที่สำคัญ คืออัลลิทไพรอกแคทีคอล (APC หรือ allylpyrocatechol) พบว่ามีศักยภาพในการรักษาโรคเกาต์ [9] มีศักยภาพในการป้องกันโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โดยมีฤทธิ์ด้านการอักเสบและการเกิดเกล็ดเลือด [10] และออกฤทธิ์ทำลายเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวโดยไม่มีผลต่อเซลล์สำคัญอื่น ๆ [11] นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยที่พบว่าสารสกัดหยาบใบพลูที่สกัดด้วยเอทานอลมีสารฟลาโวนอยด์ คือ สเตียรอยด์ ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ คูมาริน และแทนนิน [12] เมื่อพิจารณาถึงรายงานวิจัยสารสกัดหยาบจากดอกและใบโกลีเซียนพุทที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล มีฟลาโวนอยด์ที่สัมพันธ์ต่อฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก แอลคาลอยด์ และซาโปนิน [13] ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบใบพลูอาจมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง โดยฟลาโวนอยด์ที่สัมพันธ์ต่อฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง คือ ซาโปนิน ซึ่งกลไกการออกฤทธิ์ของสารซาโปนิน เมื่อทำปฏิกิริยา cuticle ทำให้เกิดน้ำในเซลล์จำนวนมาก ซึ่ง cuticle ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านป้องกันไม่ให้น้ำเข้าสู่ร่างกาย ลูกน้ำจึงเสียสภาพ cuticle คือ chitin ซึ่งเป็นสารโพลีแซ็กคาไรด์เชิงซ้อนของไนโตรเจนโพลีแซ็กคาไรด์ (nitrogenous polysaccharide) ซึ่งเป็นชั้นนอกที่ปกคลุมร่างกายของลูกน้ำยุง เมื่อ cuticle ถูกทำลาย จะทำให้เสียสมดุลของร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุให้ลูกน้ำยุงตายและลูกน้ำยุงรำคาญตายได้ เพราะมีน้ำเข้าเซลล์เป็นจำนวนมาก [14-15] ซึ่งอาจมีผลต่อการทำลายเซลล์ของยุง แต่อย่างไรก็ตามพลูยังไม่มีการรายงานเกี่ยวกับฟลาโวนอยด์ที่ส่งผลต่อฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฟลาโวนอยด์ของสารสกัดหยาบใบพลูที่มีผลต่อฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานอันจะนำไปสู่การค้นพบสารออกฤทธิ์ใหม่ในการฆ่าลูกน้ำยุงในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงของสารสกัดหยาบใบพลู โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- 2.1 เพื่อทดสอบหาสารฟลาโวนอยด์เบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบพลู
- 2.2 เพื่อศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบใบพลูที่มีผลในการฆ่าลูกน้ำยุง

3. ขอบเขตวิจัย

ศึกษาในห้องปฏิบัติการการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง ระยะเวลาในการศึกษาอยู่ระหว่างเดือนมกราคม-สิงหาคม พ.ศ. 2563

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 แหล่งที่มาของพืชตัวอย่าง

ตัวอย่างใบพลูของต้นพลูสดเก็บมาจากบริเวณแหล่งปลูก ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง ในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม 2563

4.2 การเตรียมสารสกัดหยาบใบพลู

การเตรียมสารสกัดหยาบใบพลู โดยนำใบสดของพลูที่หนัก 235 กรัม มาล้างให้สะอาด นำมาผึ่งลมเป็นเวลา 3-5 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 1-5 เซนติเมตร และอบด้วยตู้อบ (Mammert, Germany) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้ได้ใบพลูแห้งที่มีน้ำหนัก 70 กรัม และทำการสกัดด้วยเอทานอล 95% ปริมาตร 2.5 ลิตร ด้วยวิธีการหมักแช่ (maceration) เป็นเวลา 7 วัน กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อแยกกากออกและนำส่วนของสารละลายที่ผ่านกระดาษกรองนำไประเหยแห้ง จึงได้สารสกัดหยาบเอทานอล 95% ของใบพลูหนัก 10.71 กรัม

4.3 การตรวจสอบพิกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบพลู

สารพิกษเคมีที่ตรวจสอบเบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบพลู ทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ แอนทราควิโนน สเตียรอยด์ แอลคาลอยด์ คูมาริน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และเทอร์ปีนอยด์ [16] โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 การตรวจสอบแอนทราควิโนน โดยชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำละลายกรดซัลฟิวริก (10% H_2SO_4) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปอุ่น 5 นาที แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำละลายแอมโมเนีย (10% NH_3) 0.5 มิลลิลิตร หากเปลี่ยนแปลงเป็นสีชมพูแดงแสดงว่าพบสารแอนทราควิโนน

4.3.2 การตรวจสอบสเตียรอยด์ โดยชั่งสารสกัด 0.02 กรัม เติมน้ำคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วกรองเอากากออก จากนั้นเติมกรดอะซิติก (Acetic acid) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และเติมน้ำละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 3 หยด หากปรากฏสีน้ำเงินหรือสีเขียวแสดงว่าพบสเตียรอยด์

4.3.3 การตรวจสอบแอลคาลอยด์ โดยชั่งสารสกัด 0.02 กรัม ละลายด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก (2% H_2SO_4) 15 มิลลิลิตร นำไปอุ่นประมาณ 2-3 นาที กรอง จากนั้นนำของเหลวที่กรองได้ไปหยดน้ำยาตราเจนดอร์ฟ (Dragendorff's reagent) หากปรากฏตะกอนสีส้มแดงแสดงว่าพบแอลคาลอยด์

4.3.4 การตรวจสอบคูมาริน โดยชั่งสารสกัด 0.02 กรัม เติมน้ำเอทานอล 50% 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วกรองเอากากออก จากนั้นเติมน้ำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 6 M ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วสังเกตหากปรากฏสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบคูมาริน

4.3.5 การตรวจสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำคลอโรฟอร์ม 1 มิลลิลิตร โดยชั่งสารสกัด 0.02 กรัมแล้วนำไปอุ่นประมาณ 5 นาที แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) 3 หยด และกรดอะซิติก 5 หยด เขย่าและค่อย ๆ เติมน้ำละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) จากนั้นสังเกตรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับ H_2SO_4 ถ้าพบการเปลี่ยนแปลงเป็นวงแหวนสีน้ำตาลแสดงว่าพบสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

4.3.6 การตรวจสอบแทนนิน โดยชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือด 2 นาที แล้วปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง โดยจะทดสอบ 2 วิธี

วิธีที่ 1 เติมน้ำละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) 3 หยด ถ้าพบการเปลี่ยนแปลงเป็นตะกอนสีเขียวหรือสีน้ำตาลอ่อน (condensed tannins) ถ้าเป็นตะกอนสีน้ำตาลหรือสีดำ (hydrolysable Tannins) แสดงว่าพบสารแทนนิน

วิธีที่ 2 เติมน้ำละลายกรดไฮโดรคลอริก (5% HCl) 5 ml หากพบการเปลี่ยนแปลงเป็นตะกอนแดง (condensed tannins) แสดงว่าพบสารแทนนิน

4.3.7 การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ โดยชั่งสารสกัด 0.02 กรัม สกัดสีของสารสกัดด้วยไดเอทิลอีเทอร์ ครั้งละ 5 มิลลิลิตรจำนวน 3 ครั้ง ละลายสารสกัดส่วนที่เหลือด้วยสารละลาย 50% เอทานอล 3 มิลลิลิตร ใส่หลอดแมกนีเซียม ชิ้นเล็ก ๆ ลงไป 2-3 ชิ้นนำไปต้มและหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ถ้าให้สารละลายสีเหลือง ส้ม หรือแดงแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์

4.3.8 การตรวจสอบซาโปนิน ใช้การทดสอบฟอง โดยชั่งสารสกัด 0.02 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือด กรอง และนำของเหลวที่กรอง (Filtrate) มาเติมน้ำกลั่น 2-3 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรง หากมีฟองเกิดขึ้นแสดงว่าพบซาโปนิน

4.3.9 การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ ใช้การทดสอบซาลิโคสกี (Salkowski test) โดยชั่งสารสกัด 0.02 กรัม สกัดสีของสารสกัดออกด้วยไดเอทิลอีเทอร์ครั้งละ 5 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง เติมคลอโรฟอร์ม 2 มิลลิลิตร เขย่าและค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) หากเกิดสีน้ำตาลแดงระหว่างรอยต่อของสารละลายแสดงว่าพบเทอร์พีนอยด์

4.4 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบใบพลูต่อการฆ่าลูกน้ำยุง

4.4.1 การเพาะเลี้ยงและเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุง

การเพาะเลี้ยงลูกน้ำยุงโดยนำเศษฟางหรือหญ้าแห้งใส่ลงในกะละมังที่บรรจุน้ำไว้ ทำการหมัก 2-3 วัน เพื่อล่อให้ยุงมาวางไข่ และทิ้งไว้อย่างน้อย 1 คืน พร้อมกับใส่อาหารไก่ที่บดละเอียดลงไป ในปริมาณที่พอเหมาะและปิดด้วยผ้าขาวบางตลอดเวลา ทำการเลี้ยงลูกน้ำยุงอีกต่อไป ระหว่างนี้ต้องให้อาหารแก่ลูกน้ำยุงวันละ 2 ครั้ง คือ ตอนเช้าและเย็น เป็นระยะเวลา 5-7 วัน ลูกน้ำยุงจะโตอยู่ในระยะที่ 3 ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมแก่การนำไปทดสอบ หากนานกว่านี้ลูกน้ำยุงจะกลายเป็นระยะดักแด้ (ตัวม่ง) และเจริญไปเป็นยุงโตเต็มวัยในที่สุด [13]

4.4.2 การทดสอบฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง

การทดสอบฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงโดยประยุกต์จากวิธีมาตรฐานของ WHO (World Health Organization) [17] มีรายละเอียดดังนี้ ดูดลูกน้ำยุงจำนวน 25 ตัว ใส่กระบอกตวง ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ปิดเตาสารละลายตัวอย่างเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 12.50 มิลลิลิตร ลงในกระบอกตวง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในกระบอกตวงให้ได้ 250 มิลลิลิตร แล้วถ่ายใส่ขวดทดสอบที่ 1 ทำเช่นเดิมอีก 3 ขวดทดสอบ จะได้ชุดทดสอบที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทิ้งไว้จนครบ 24 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกผล ทำซ้ำอีก 2 ชุดทดสอบ นำผลที่ได้ไปคำนวณค่าร้อยละการตายของลูกน้ำยุง (% mortality) จากนั้นเปลี่ยนความเข้มข้นของชุดทดสอบเป็น 250, 125, 62.50 และ 31.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และนำผลที่ได้ไปคำนวณค่า LC_{50}

5. ผลการวิจัย

5.1 ลักษณะสารสกัดใบพลู

ลักษณะของใบพลูสด (ภาพที่ 1) หนัก 235 กรัม หลังจากอบแห้ง หนัก 70 กรัม และนำใบพลูมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% พบว่าได้สารสกัดหยาบใบพลูเป็นของเหลวหนืดสีเขียวเข้ม หนัก 10.71 กรัม มีร้อยละผลผลิตเป็น 4.56



ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของใบพลู

5.2 ผลการตรวจสอบพฤษเคมีเบื้องต้น

ผลการตรวจสอบพฤษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบพลู 9 ชนิด ได้แก่ แอนทราควิโนน สเตียรอยด์ แอลคาลอยด์ คูมาริน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และเทอร์ปีนอยด์ พบว่าพฤษเคมีเบื้องต้นที่ตรวจพบในสารสกัดหยาบใบพลู ได้แก่ คูมาริน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และเทอร์ปีนอยด์ ยกเว้น แอนทราควิโนน สเตียรอยด์ และแอลคาลอยด์ ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาพฤษเคมีที่ตรวจพบและฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงของสารสกัดหยาบใบพลูด้วยเอทานอล พฤษเคมีที่คาดว่าจะมีส่วนสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง คือ เทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลจากใบสาบเสือมีพบสารออกฤทธิ์ในรากสาบเสือมีแทนนิน ซาโปนิน และแอลคาลอยด์ เป็นสารที่มีฤทธิ์ฆ่า ลูกน้ำยุงได้เนื่องจากสาร Tannins เป็นสาร Polyphenols ที่เป็นพิษกับสัตว์ขนาดเล็ก [18]

ตารางที่ 1 พฤษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบพลูด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95%

พฤษเคมี	สารสกัดหยาบใบพลู
แอนทราควิโนน	ไม่พบ
สเตียรอยด์	ไม่พบ
แอลคาลอยด์	
- รีเอเจนต์ดราเจนดรอพฟี	ไม่พบ
- รีเอเจนต์เมเยอร์	ไม่พบ
- รีเอเจนต์แวกเนอร์	ไม่พบ
คูมาริน	พบ
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	พบ
แทนนิน	
- เฟอร์ริกคลอไรด์	พบ
- กรดไฮโดรคลอริก	ไม่พบ
ฟลาโวนอยด์	
- แมกนีเซียม	ไม่พบ
- กรด	ไม่พบ
- อัลคาไลน์	พบ
ซาโปนิน	พบ
เทอร์ปีนอยด์	พบ

5.3 ผลการทดสอบฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงของสารสกัดหยาบใบพลู

การทดสอบฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง โดยประยุกต์บางขั้นตอนจากวิธีมาตรฐานของ WHO (World Health Organization) [17] ที่กำหนดให้ใช้ลูกน้ำยุง 20 ตัวต่อปริมาตร 250 มิลลิลิตร สำหรับการทดสอบนี้ ใช้ลูกน้ำยุง 25 ตัวต่อปริมาตร 250 มิลลิลิตร จากสารสกัดหยาบใบพลูความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เวลา 24 ชั่วโมง ร้อยละการตายของลูกน้ำยุงอยู่ที่ร้อยละ 95.20 ± 0.28 แสดงให้เห็นว่ามีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงสูงที่สุด รองลงมาคือสารสกัดหยาบของใบพลูที่มีความเข้มข้น 250, 125, 62.50 และ 31.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สารสกัดหยาบใบพลูมีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 312.88 ± 2.13 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดสอบพบว่าค่าพีเอชของน้ำก่อนและหลังการทดสอบในแต่ละความเข้มข้นมีค่าพี-

เอชเป็นกลาง ในส่วนของลักษณะสีและกลิ่นของน้ำก่อนและหลังการทดสอบพบว่าสารสกัดหยาบใบพลูทุกความเข้มข้นมีลักษณะเป็นสีใสและไม่มีกลิ่น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงของสารสกัดหยาบใบพลูด้วยตัวทำลายเอทานอล 95%

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ร้อยละการตาย (% Mortality $\pm$ SD)	ค่า LC ₅₀ $\pm$ SD (มิลลิกรัมต่อลิตร)
500	95.20 $\pm$ 0.28	
250	22.60 $\pm$ 0.49	
125	7.20 $\pm$ 0.49	312.88 $\pm$ 2.13
62.50	3.20 $\pm$ 0.28	
31.25	1.32 $\pm$ 0	

หมายเหตุ LC₅₀ $\pm$ SD = lethal concentration 50 $\pm$ SD ที่ 3 ชั่วโมง

6. สรุปและอภิปรายผล

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบโดยนำปูนแดงที่มีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามีอัตราการตายของลูกน้ำยุงร้อยละ 0 และเมื่อขยายระยะเวลาเป็น 48 ชั่วโมง พบว่าปูนแดงที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการตายร้อยละ 57.32 $\pm$ 0.46 และปูนแดงที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีอัตราการตายร้อยละ 52.60 $\pm$ 1.20 สรุปได้ว่าปูนแดงมีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงน้อยกว่าสารสกัดหยาบใบพลู ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการละลายสารสกัดหยาบใบพลูด้วยตัวทำลายเอทานอล 50% พบว่าสารสกัดหยาบใบพลูมีเอทานอลอยู่ 2.5% ทั้งนี้ได้ทดสอบผลของเอทานอลที่ความเข้มข้น 10% 5% และ 2.5% ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าอัตราการตายของลูกน้ำยุงร้อยละ 0 แสดงให้เห็นว่าเอทานอลที่ 10% ไม่มีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุง

เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงของสารสกัดหยาบใบพลู ดังตารางที่ 3 พบว่าสารสกัดเอทานอลจากใบของพลู อยู่ในวงศ์ Piperaceae สามารถออกฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงได้ดีกว่าพืชในวงศ์บางชนิด เช่น สารสกัดน้ำจากผลของโมกดัน ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Apocynaceae แต่พืชบางชนิดในวงศ์นี้สามารถออกฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงได้ดีกว่าสารสกัดหยาบใบพลู เช่น สารสกัดเอทิลแอซิเตทจากใบของแพงพวยฝรั่ง สารสกัดเฮกเซนจากดอกเหงือกของยี่โถ และสารสกัดเมทานอลจากใบของต้นยี่โถ ซึ่งสารสกัดเมทานอลจากใบของต้นยี่โถมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงใกล้เคียงกับสารสกัดหยาบใบพลูมากที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่าสารสกัดของพืชวงศ์อื่น ๆ ก็มีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงได้ดีกว่าสารสกัดหยาบใบพลูเช่นกัน อาทิ สารสกัดจากใบของราชพฤกษ์ ในวงศ์ Leguminosea สารสกัดคลอโรฟอร์มจากใบของฟ้าทะลายโจร ในวงศ์ Acanthaceae สารสกัดเอทิลแอซิเตทจากใบของบัวหลวง ในวงศ์ Nymphaeaceae สารสกัดเมทานอลจากเมล็ดของเทียนยาวพาดิ ในวงศ์ Umbeliferaceae และสารสกัดเมทานอลจากใบของถั่ว ในวงศ์ Fabaceae ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงไม่น่าจะขึ้นกับชนิดของสกุลของพืชหรือส่วนของพืชที่นำมาสกัด แต่น่าจะขึ้นอยู่กับการประกอบทางพฤกษเคมี ซึ่งอาจแตกต่างกันได้แม้เป็นพืชในสกุลเดียวกันหรือเป็นคนละส่วนกันและกรรมวิธีที่ใช้ในการสกัดสารสำคัญ

การตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบพลู 9 ชนิด ได้แก่ แอนราควิโนน สเตียรอยด์ แอลคาลอยด์ คูมาริน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และเทอร์ปีนอยด์ พบว่าพฤกษเคมีที่ตรวจพบ ได้แก่ คูมาริน คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน และเทอร์ปีนอยด์ เมื่อพิจารณาพฤกษเคมีที่ตรวจพบและฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงของสารสกัดหยาบใบพลูด้วยเอทานอล 95% พฤกษเคมีที่คาดว่าจะมีส่วนสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง คือ เทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน โดยเทอร์ปีนอยด์มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง [25] ซาโปนินสารสกัดหยาบจากใบพลูมีสารซาโปนิน (C₅₇H₉₀O₂₆) เมื่อทำปฏิกิริยา cuticle (C₈H₁₃O₅N) ทำให้เกิดน้ำในเซลล์จำนวนมาก ซึ่ง cuticle ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านป้องกันไม่ให้น้ำเข้าสู่ร่างกาย ลูกน้ำจึงเสียสภาพ cuticle คือ chitin ซึ่งเป็นสารโพลีแซ็กคาไรด์ของไนโตรเจนสโพลีแซ็กคาไรด์ (nitrogenous polysaccharide) ซึ่งเป็นชั้นนอกที่ปกคลุมร่างกายของลูกน้ำยุง เมื่อ cuticle ถูกทำลาย จะทำให้เสียสมดุลของร่างกายซึ่งเป็น

สาเหตุให้ลูกน้ำยุงลายและลูกน้ำยุงรำคาญตายได้ เพราะมีน้ำเข้าเซลล์เป็นจำนวนมาก [14-15] และแทนนินมีฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร [26] ซึ่งอาจมีผลต่อการทำลายเซลล์ของยุงได้ พืชเคมีของสารสกัดหยาบใบพลูมีศักยภาพในการสมานแผล โดยต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ส่งเสริมการสร้างเนื้อเยื่อและคอลลาเจนในการรักษาแผลได้ [27] เมื่อเปรียบเทียบกับพืชเคมีของสารสกัดของอีโถ ซึ่งสามารถฆ่าลูกน้ำยุงเช่นเดียวกับสารสกัดหยาบใบพลูแต่สารสกัดของอีโถทำให้เกิดพิษต่อหัวใจและระบบอื่น ๆ เหมือนกับ digitalis ซึ่งในอีโถพบว่าสารส่วนใหญ่เป็น acetyl digitoxin มีผลทำให้การเต้นของหัวใจผิดปกติและหยุดหายใจ [27] ดังนั้นสารสกัดหยาบใบพลูมีความปลอดภัยและมีสรรพคุณทางยามากกว่าอีโถ ในการนำมาใช้ฆ่าลูกน้ำยุงได้อย่างปลอดภัยต่อมนุษย์ นอกจากนี้ยังสามารถนำมารับประทานกับหมากและปูนแดงสำหรับเคี้ยวเพื่อให้ฟันแข็งแรง และยังส่งเสริมการปลูกพลูซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดพัทลุงให้คงอยู่กับคนในชุมชนเพื่อสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรต่อไป

งานวิจัยนี้พบว่าพืชเคมีของสารสกัดหยาบใบพลูที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงได้ดีที่สุด ($LC_{50} = 312.88 \pm 2.13$ มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยพืชเคมีที่สัมพันธ์ต่อฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุง ได้แก่ เทอร์พีนอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบสารสกัดชนิดต่าง ๆ ในการฆ่าลูกน้ำยุง

ปี	พืช	วงศ์	ส่วนที่ใช้	ตัวทำละลาย	ค่า LC_{50} (mg/L)	อ้างอิง
2011	ราชพฤกษ์	Leguminosae	ใบ	เมทานอล	45.57	[19]
2011	ฟ้าทะลายโจร	Acanthaceae	ใบ	คลอโรฟอร์ม	91.92	[19]
2011	บัวหลวง	Nymphaeaceae	ใบ	เอทิลแอลกอฮอล์	37.49	[20]
2011	เทียนเยาวพณี	Umbelliferae	เมล็ด	เมทานอล	37.49	[20]
2012	ถั่ว	Fabaceae	ใบ	เมทานอล	124.84	[21]
2013	แพงพวยฝรั่ง	Apocynaceae	ใบ	เอทิลแอลกอฮอล์	76.84	[22]
2014	โมกดัน	Apocynaceae	ผล	น้ำ	1,700	[23]
2014	อีโถ	Apocynaceae	ดอกแห้ง	เฮกเซน	102.54	[24]
2017	อีโถ	Apocynaceae	ใบ	เมทานอล	251.07	[13]
2020	พลู	Piperaceae	ใบ	เอทานอล	312.88	this research

7. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งถัดไปสามารถนำสารสกัดใบพลูมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยตัวทำละลายเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสม ที่สามารถละลายสารที่ต้องการได้ดีพอ ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป ไม่เป็นพิษและราคาไม่แพง เพื่อให้เกิดความสะดวกและเป็นทางเลือกหนึ่งต่อผู้บริโภคในการฆ่าลูกน้ำยุง เนื่องจากในสารสกัดใบพลูมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดี สามารถนำไปควบคุมคุณภาพในการพัฒนาต่อไปในอนาคต เพื่อใช้แทนสารเคมีที่ใช้ในการฆ่าลูกน้ำยุงในปัจจุบันได้

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. E. Casida, and G. B. Quirked, Insecticide targets: leaning to keep up with resistance and changing concept of safety. *Journal of Agricultural Chemistry & Biotechnology*. 43(2000)185-191.
- [2] J. A. Duke. Handbook of Medicinal Herbs Microbiological Criteria Regulation, CRC Press, England, 1985.

- [3] วันดี ฤกษ์พันธ์. สมุนไพรน้ำรู้, พิมพ์ครั้งที่ 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2539.
- [4] S. Bhattacharya, M. Subramanian, A. Bauri, J. P. Kamat, Radioprotecting property of the Ethnolic extract of the *Piper betel* leaf. *Journal of Radiat.* 46(2005)165- 171.
- [5] สมพร ภูติยานันต์. สมุนไพรไล่ตัว เล่มที่ 13 ว่าด้วยสมุนไพรแต่งสี กลิ่น รส. ตูลย์การพิมพ์, เชียงใหม่. 2551.
- [6] ทิฐิมา ภาคภูมิ กัลยาภรณ์ จันตรี และอรพิน โกมุติบาล.ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบพลูเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องสำอาง. วารสารวิจัย มสค. 9(2016)1-20.
- [7] R. Ghosh, K. Darin, P. Nath and P. Panchali, An overview of various piper species for their biological activities. *International Journal of Pharma Research & Review.* 3(2014)67-75.
- [8] I. A. Khan, I. Ali, F.G. Khan, K. A. Suri, B. D. Gupta, N. K. Satti, P. Dutt, F. Afrin and G.N. Qazi, In vitro antifungal activity of hydroxychavicol isolated from *Piper betle* Linn. *Journal of Microbiol Antimicrob.* 9(2010)1-9.
- [9] Y. Massada. Analysis of Essential Oil by Gas Chromatography and Mass Spectrometry. John Wiley and Sons, New York, 1976.
- [10] J. H. Jeng, M. C. Chang, C.Y. Tsai, H. L. Wu, B. R. Lin, C. S. LEE, Y. J. Chen, C. H. Chang, Y. L. Tsai and C. J. Kao, Hydroxychavicol, a novel betel leaf component, inhibits platelet aggregation by suppression of cyclooxygenase, thromboxane production and calcium mobilization, *Br. Journal of Pharmacol.* 152(2007)73-82.
- [11] S. Bandyopadhyay, J. B. Chakraborty, S. K. Mahato, K. Joshi, V. Shinde and S. Rakshit, Hydroxychavicol, a *Piper betle* leaf component, induces apoptosis of CML cells through mitochondrial reactive oxygen species-dependent JNK and endothelial nitric oxide synthase activation and overrides imatinib resistance. *Journal of Japanese Cancer Assoc.* 103(2011)88-99.
- [12] Rahul Shivaji Patil, Pooja Madhav Harale, Kiran Vilas Shivangekar, Pooja Pundalik Kumbhar and Ranjeet Ravindra Desai, Phytochemical potential and in vitro antimicrobial activity of *Piper betle* Linn. leaf extracts. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research.* 7(5)(2015)1095-1101.
- [13] สุนิษา สุวรรณเจริญ อาภาพร บุญมี พัชร อษาขันธ์ พิศชนก พิษณุภูมิสกุล รุ่งอรุณ พลอาจ และจิรพิชญ์ เกษมสุข. พฤษเคมีและฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงรำคาญของสารสกัดดอกและใบโหระพา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 45(2560)521-530.
- [14] Jayapal Subramaniam, K. K., Palanisamy Mahesh Kumar, and W.W. Kadarkarai Murugan, Mosquito Larvicidal activity of aloe vera (Family: Liliaceae) leaf extract and *Bacillus sphaericus*, against *Chikungunya* vector, *Aedes aegypti*. *Journal of Saudi of Biological Sciences.* 19(2012)9-503.
- [15] Natalia N.dos S. Nunes a, L. A.S. a., Misako U.Sampaio a, Francisco J.A. Lemos b, and M. L.Oliva. The component of *Carica papaya* seed toxic to *A. aegypti* and the identification of tegupain, the enzyme that generates it. *Chemosphere.* 92(2013)20-413.
- [16] สุนิษา สุวรรณเจริญ ทรงวิทย์ จันทรา และอาภาพร บุญมี. พฤษเคมีและฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดแมงกะพรุนทองฝาด. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 43(2558)106-115.
- [17] World Health Organization. Report of the WHO informal consultation on the evaluation and testing of insecticides. CTD/WHOPES/IC/96.1. Geneva: WHO. 1996.
- [18] ศรีสุดา หายภาคภูมิ ภาณุกิจ กันหาจันทร์ พายุ รักดินวน สุชาติดา โทผล สุขุมารณ์ กระจ่างสังข์ จักรวาล ชมภูศรี และ อธิวิทย์ ธวัชสิน. (2017). ฤทธิ์การกำจัดลูกน้ำยุงและการไล่ยุงของสารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยจากเสื้อมะเขือเทศ ยุงลายบ้าน ยุงรำคาญ และยุงก้นปล่อง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.

- [19] M. Govindarajan, Evaluation of *Andrographis paniculata* Burm.f. (Family: Acanthaceae) extracts against *Culex quinquefasciatus* (Say.) and *Aedes aegypti* (Linn.) (Diptera: Culicidae). *Journal of Tropical Medicine*. 4(2011)176-181.
- [20] C. Kamaraj, A. A. Rahuman, A. Bagavan, G. Elango, A. A. Zahir and T. Santhoshkumar, Larvicidal and repellent activity of medicinal plant extracts from Eastern Ghats of South India against malaria and filariasis vectors. *Journal of Tropical Medicine*. 4(2011)698-705.
- [21] M. Govindarajan, M. Rajeswary and R. Sivakumar, Mosquito larvicidal and ovicidal activity of *Delonix elata* (L.) Gamble against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Journal of Tropical Disease*. 2(2012)571-573.
- [22] S. Subarani, S. Sabhanayakam, C. Kamaraj, G. Elango and M. A. Kadir, Efficacy of larvicidal and pupicidal activity of *Catharanthus roseus* aqueous and solvent extracts against *Anopheles stephensi* Liston and *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Journal of Tropical Medicine*. 6(2013)625-630.
- [23] M. Sakthivadivel, P. Gunasekaran, J. T. Annapoorani, D. A. Samraj, S. Arivoli and S. Tennyson. Larvicidal
- [24] R. Raveen, K. T. Kamakshi, M., Deepa, S. Arivoli and S. Tennyson, Larvicidal activity of *Nerium oleander* L. (Apocynaceae) flower extracts against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *International Journal of Mosquito Research*. 1(2014)38-42.
- [25] สุตารัตน์ หอมหวล ยุวดี ชูประภาวรรณ และวิรัตน์ จันทรรัตน์. (2551).ฤทธิ์ฆ่าแมลงของพืชพิษ ต่อเพลี้ยอ่อนถั่ว. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [26] กนกอร สมบัติ และธีรทัศน์ สุดสาย.ฤทธิ์สมานแผลของสารสกัดใบพลู. รายงานสืบเนื่องการประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยรังสิต ครั้งที่ 12, ปทุมธานี, 2560. 1-10.
- [27] Tasleem Akhtar, Nadeem Sheikh and Muddasir Hassan Abbasi, Clinical and pathological features of *Nerium oleander* extracts toxicosis in wistar rats. *Journal of BMC*. 947(2014)1-7

การบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิว
ไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูไทล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
Wastewater Treatment of Textile Dyes by Ozonation process and Plastic
Media Coated with Rutile TiO_2 as a Catalyst

พีรวิษณุ วายูพา^{1*} จิรภัทร จันทเชิด¹ และ เกียรติศักดิ์ ชัยสงค์²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

*E-mail: pee2556peerawit@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูไทล์ในการเร่งปฏิกิริยา ซึ่งใช้เครื่องผลิตโอโซนที่มีกำลังการผลิตอยู่ในช่วง 2.62 – 3.10 กรัมต่อชั่วโมง โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดค่าซีไอดีและสี ได้แก่ ค่า pH ของน้ำที่ใช้ในการบำบัดที่ pH 3, pH 7, pH 11 ค่าความเข้มข้นของค่าซีไอดีเริ่มต้นร้อยละ 100, 50 และ 25 ซึ่งมีค่าในช่วง 100 -320 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน 120 นาที จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น ในสภาวะค่า pH 11 ความเข้มข้นค่าซีไอดีเริ่มต้นที่ร้อยละ 50 มีความสามารถในการลดค่าซีไอดีและสีได้สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 33.3 และ 90 จากความเข้มสี 550 ADMI โดยค่าซีไอดีเริ่มต้น 180 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ปริมาณ 2 กรัม ในต่อน้ำเสีย 1 ลิตร ในสภาวะค่า pH 11 ความเข้มข้นค่าซีไอดี เริ่มต้นที่ร้อยละ 100 มีความสามารถในการลดค่าซีไอดี และสีได้สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 40 และ 80 จากความเข้มสี 270 ADMI โดยมีค่าซีไอดีเริ่มต้น 190 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดมีค่าเฉลี่ยที่ 0.0374 กรัมต่อนาที ต่อน้ำเสีย 10.5 ลิตร โดยระยะเวลาในการสัมผัสโอโซนของทั้ง 2 กระบวนการมีแนวทางใกล้เคียงกันต่อประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีไอดีและสีเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน

คำสำคัญ: กระบวนการโอโซนเนชั่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ ไฮดรอกซิลเรดิคัล น้ำเสียจากสีย้อมผ้า

Abstract

This research is to study the efficiency of treating wastewater from dyeing fabric by the ozonation process. By using rutile TiO_2 coated plastic media to catalyze. Which uses O_3 generators with a capacity of 2.62 - 3.10 g/hr. By studying the factors that affect the treatment efficiency of COD and color, such as the pH of the water used in the treatment at pH 3, pH 7, pH 11, the initial COD concentration of 100%, 50% and 25% which have values in the range of 100 -320 mg/L. O_3 exposure time 120 min. From the study, it is found that the efficiency of reducing the impurities in wastewater by the ozonation process in the pH 11 state, the COD concentration at 50%, can reduce the COD. And the maximum color is at 33.3% and 90% from the 550 ADMI color intensity, with a COD of 180 mg/L. For the study of the efficiency of reducing the impurities of wastewater by ozonation process together with 2 g. of TiO_2 /1 L. of wastewater in the condition of pH 11, concentration COD Beginning at 100%, with the ability to reduce COD values

and the maximum color is at 40% and 80% of the 270 ADMI color intensity, with a COD of 190 mg/L. The amount of O_3 suitable for treatment has an average value of 0.0374 g/min./10.5 L. of wastewater. The duration of O_3 exposure in both processes has a similar approach to the efficiency of COD and color treatment when increasing the duration of O_3 exposure.

Keywords: Ozonation process, Titanium Dioxide, Hydroxyl radical, Wastewater Textile Dyes

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอ และวัสดุพอลิเมอร์มีบทบาทสำคัญในการนำเม็ดเงินเข้าสู่ประเทศและมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นจากตัวเลขการส่งออกในปี 2561 มีมูลค่ากว่า 11,568.83 ล้านบาท ขยายตัว 4.62% จากในอดีตชี้ให้เห็นถึงความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น โดยกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมีที่ทำการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใยด้วยสารเคมีและสีย้อมที่เหมาะสมกับเส้นใย ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์ ประกอบด้วย สีย้อม สารปรับปรุงคุณภาพต่าง ๆ และน้ำสะอาดปริมาณมากที่ใช้ในกระบวนการทำละลายสีย้อม อีกทั้งยังเป็นตัวกลางเพื่อให้ยึดติดกับเส้นใยตามที่ต้องการ (บางกอกทูเดย์, 2562)

จากกระบวนการดังกล่าวก่อให้เกิดน้ำเสียที่เหลืออยู่หลังจากการพอลิเมอร์ โดยปัญหาที่พบมาจากการลักลอบปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตออกสู่ภายนอกโรงงาน รวมทั้งการปล่อยน้ำเสียจากแหล่งพอลิเมอร์ขนาดเล็กในระดับวิสาหกิจชุมชนที่ไม่มีการบำบัดอย่างถูกวิธีก่อให้เกิดเป็นมลพิษทางน้ำ ส่งผลเสียในด้านทัศนียภาพจากสีย้อมที่ปรากฏในน้ำทิ้ง และยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ เนื่องจากน้ำเสียจากสีย้อมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สารแขวนลอย (Suspended Solids : SS) และสารอินทรีย์ในน้ำปริมาณที่สูง ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน และผลกระทบของน้ำเสียนี้ยังเป็นตัวบ่งชี้การทำงานของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) เป็นผลทำให้ระบบนิเวศในแหล่งน้ำเสียสมดุล ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อมนุษย์ในการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำทั้งการอุปโภค บริโภค โดยส่วนมากสีย้อมประเภทสามารถบำบัดได้ด้วยวิธีทางกายภาพ และทางเคมีทั่ว ๆ ไป แต่มีสีย้อมประเภทที่ไม่สามารถบำบัดได้ด้วยวิธีดังกล่าว ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาแนวทางในการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น (Ozonation) โดยเลือกใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ชนิดรูทูลในการเร่งปฏิกิริยา เพื่อให้เกิดไฮดรอกซิลเรดิคัล ($OH^\bullet$) ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง โดยจะเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสีย้อม และนำไปสู่การสลายโมเลกุลนั้น อีกทั้งการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นยังมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ค่อนข้างสูงกว่าการบำบัดด้วยวิธีทางเคมี มีต้นทุนในการบำบัดที่ต่ำ

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำมีความประสงค์ที่จะศึกษาแนวทางการเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูทูล ลงบนพื้นผิวตัวกลางพลาสติกโพลีเอทิลีน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำปฏิกิริยาระหว่างโอโซน ให้มีการเกิดไฮดรอกซิลเรดิคัลที่สูงขึ้น โดยเน้นการศึกษาความสามารถในการบำบัดสีและลดค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand ; COD) ในน้ำเสียจากสีย้อมผ้า ภายใต้สภาวะค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสม และปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ร่วมกับระยะเวลาในการเติมโอโซน เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
- 1.2.2 เพื่อทำการศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานพอลิเมอร์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างโอโซน (O_3) ร่วมกับตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ ในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานพอลิเมอร์
- 1.2.4 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของค่า COD ที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานพอลิเมอร์

1.2.5 เพื่อศึกษาปริมาณการใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่เหมาะสมในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวด้วยผงไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูไทล์

1.3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ โดยใช้แม่สีชนิดเดียวกับโรงฟอกย้อม

1.3.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่

1.3.3.1 ระยะเวลาสัมผัสโอโซน

- 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

1.3.3.2 pH ที่ใช้ในการบำบัด

- pH 3, pH 7 และ pH 11

1.3.3.3 ความเข้มข้นของ COD เริ่มต้น

- 1000 mg/L, 500 mg/L และ 250 mg/L

1.3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ Color, pH, COD, BOD

1.3.5 ระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบมีพื้นที่การทำงานขนาดด้านกว้าง, ยาว และ ลึก 10, 17.5 และ 140 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.3.6 ทำการศึกษาทดลองภายในห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษา

กรอบแนวคิดการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูไทล์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้แสดงไว้ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากสีย้อมผ้าด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถบำบัดและค่าความสกปรกจากน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมได้
- 1.5.2 ทราบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม
- 1.5.3 ทราบระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างโอโซน (O_3) ในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม
- 1.5.4 ทราบความเข้มข้นของค่า COD Loading ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม
- 1.5.5 ทราบปริมาณการใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

1.6 นิยามศัพท์

- 1.6.1 น้ำเสียจากสีย้อมผ้า (Wastewater from dye) หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการฟอกย้อมเส้นใยผ้า ประกอบด้วยสารแขวนลอย สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และอนุภาคของเม็ดสีที่ละลายน้ำอยู่ในปริมาณที่สูง จนทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม
- 1.6.2 โรงฟอกย้อม (Dyeing plant) หมายถึง อาคาร หรือสถานที่ ซึ่งประกอบกิจการเกี่ยวกับการเปลี่ยนวัสดุสิ่งทอในรูปที่ยังเป็นวัตถุดิบ คือ เส้นด้ายหรือผ้าดิบ ให้เป็นวัสดุสำเร็จรูปที่สามารถนำไปจำหน่ายแก่ผู้บริโภคได้โดยตรง หรือนำไปใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอื่น ๆ ด้วยกระบวนการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย โดยการใช้สารเคมี
- 1.6.3 สีจริง (True color) หมายถึง สีของน้ำที่เป็นสีที่วัดได้หรือมองเห็นหลังจากที่แยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้ให้น้ำขุ่นออกแล้ว เกิดจากสารต่าง ๆ ในน้ำละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำมีความคงสภาพอยู่ในน้ำได้ดียากต่อการแยกออกจากน้ำด้วยวิธีการทางกายภาพ
- 1.6.4 สีปรากฏ (Apparent color) หมายถึง สีของน้ำที่เป็นสีที่วัดได้หรือมองเห็นจริง ๆ ในตัวอย่างน้ำโดยไม่มีการแยกเอาสารแขวนลอยที่ทำให้ให้น้ำขุ่นออกไป นั่นคือสีที่เกิดจากสารที่ละลายในน้ำ และสารที่ไม่ละลายในน้ำได้รวมกันสามารถกำจัดออกได้ด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การกรอง หรือการตกตะกอน (กันทรีย, 2547)
- 1.6.5 ตัวกลางพลาสติก (Plastic media) หมายถึง เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนที่มีการลอยตัวเคลื่อนหมุนวนไปมาในมวลน้ำด้วยแรงจากฟองอากาศ ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการยึดเกาะของสารไทเทเนียมไดออกไซด์
- 1.6.6 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) หมายถึง สาร หรือวัตถุที่ทำให้การปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น มีอัตราส่วนพื้นผิวต่อปริมาตรสูง ช่วยเพิ่มพื้นผิวสัมผัสระหว่างสารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยา และกระจายตัวในรูปคอลลอยด์ในตัวกลาง ทำให้ง่ายต่อการแยกออกจากปฏิกิริยาซึ่งการเร่งปฏิกิริยาจะไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา (การะเกด เทศศรี, 2556)
- 1.6.7 pH (พีเอช) หมายถึง เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์จะดำรงชีพได้ดีในสภาวะที่เป็นกลาง ถ้ามี pH สูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้ระบบนิเวศน้ำเสียหาย น้ำทิ้งควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6-9 เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและการนำไปใช้ประโยชน์
- 1.6.8 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
- 1.6.9 บีโอดี (Biological Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส BOD เป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปจะวัดในรูปของ BOD_5 ซึ่งหมายถึงปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน (มณฑล และ สุทธิพงษ์, 2546)

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชัน

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ จำนวน 15 ลิตร ต่อ ลิ้นวัดไคเร็กซ์ 4 กรัม/ลิตร

2. ปรับค่า pH ตามที่กำหนดได้แก่ pH 3, pH 7 และ pH 11 แล้วทำการกำจัดสีปรากฏด้วยการตกตะกอนด้วยสารเคมีก่อนเติมลงในถังปฏิกิริยา

3. ทำการเติมโอโซนลงในน้ำเสีย เป็นเวลา 120 นาที เก็บตัวอย่างน้ำเสียทุกๆ 30 นาที

4. นำตัวอย่างน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

5. ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบทุกค่า pH ที่กำหนด

6. บันทึกผลและหาค่าสถานะที่เหมาะสมในการบำบัด

ตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ จำนวน 15 ลิตร ต่อ สีนิดไตรีท์ 4 กรัม/ลิตร

2. ปรับค่า pH ตามที่กำหนดได้แก่ pH 3, pH 7 และ pH 11 แล้วทำการกำจัดสีปรากฏด้วยตกตะกอนด้วยสารเคมีก่อนเติมลงในถังปฏิกิริยา

3. ทำการเติมโอโซนลงในน้ำเสีย เป็นเวลา 120 นาที เก็บตัวอย่างน้ำเสียทุกๆ 30 นาที และเติมตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ ปริมาณ 0.5, 1 และ 2 กรัม/ลิตร

4. นำตัวอย่างน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์ตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด

5. ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 1 จนครบทุกค่า pH และ ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่กำหนด

6. บันทึกผลและหาค่าสถานะที่เหมาะสมในการบำบัด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดค่า COD และสี ได้แก่ ค่า pH ของน้ำ ค่าความเข้มข้นของ COD เริ่มต้นระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดค่า COD และสี ได้ดีที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33 และ 90 ตามลำดับ โดยใช้ปริมาณโอโซน 0.0431 กรัมต่อนาที

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่ pH 11 ระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน 120 นาที มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD และสี ได้ดีที่สุด ร้อยละ 40 และ 80 ตามลำดับ โดยใช้ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ 2 กรัม

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากสีฟอกย้อมด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น โดยใช้ตัวกลางพลาสติกเคลือบผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดรูโกลในการเร่งปฏิกิริยา ซึ่งใช้เครื่องผลิตโอโซนที่มีกำลังการผลิตอยู่ในช่วง 2.62 – 3.10 กรัมต่อชั่วโมง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัด ได้แก่ ค่า pH, ค่าซีโอดีเริ่มต้น และระยะเวลาในการสัมผัสโอโซน

พบว่าประสิทธิภาพการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น ในสภาวะค่า pH 11 ความเข้มข้นค่าซีโอดีเริ่มต้นที่ร้อยละ 50 ลดค่าซีโอดี และสีได้สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 33.3 และ 90 ในส่วนของกระบวนการโอโซนเนชั่นร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ โดยเติมสารปริมาณ 2 กรัม ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร ที่ pH 11 ความเข้มข้นค่าซีโอดีและค่าสีเริ่มต้นที่ร้อยละ 100 สามารถค่าซีโอดีและสีได้สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 40 และ 80 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดมีค่าเฉลี่ยที่ 0.0374 กรัมต่อนาที และใช้ระยะเวลาสัมผัสโอโซนของทั้ง 2 กระบวนการอยู่ที่ 120 นาที

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาของคณาจารย์หลายท่าน คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์มานิช หลักฐานดี ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และ ดร.ศุภชัย หิรัญสุขโชติ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ และคำปรึกษาตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณอาจารย์มานะ หลัฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความในเรื่องสถานที่การวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ที่อบรมสั่งสอนประสิทธิภาพที่ประสาวิชาความรู้ความสามารถต่าง ๆ ให้แก่คณะผู้วิจัย จนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณเสาวลักษณ์ แม้นพุก เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการมลพิษสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เพื่อเป็นทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เมตตาอบรมสั่งสอน ให้มีความรู้จนถึงปัจจุบันรวมถึงเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ รุ่นที่ 9 ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจในการศึกษาวิจัยและทดลอง จนปริญญาณิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] บางกอกทูเดย์. (2562). **ตัวเลขส่งออกสิ่งทอ**. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2562. จากเว็บไซต์ <https://bangkok-today.com/web/สถาบันสิ่งทอ-ชี้ตัวเลข>
- [2] Chremisinoff, N.P. and P.N. Cheremisinoff. 1993. **Water Treatment and Waste Recovery Advanced Technology and Application**. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New jersey. p.310
- [3] Fox ,M. A. and M. T. Dulay. 1993. **Heterogeneous Photocatalysis**. Chemical Rev.93(1) : 341-357.
- [4] Lin, S.H. and Lin, C.M. 1992. **Decolorization of textile waste effluents by ozonation**, Environmental system, Vol.21, pp. 143-156.
- [5] อลิสา อสัมภินชาติ. (2545). **การกำจัดสีจากน้ำทิ้งโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษโดยใช้สารไททาเนียมไดออกไซด์ ร่วมกับการออกซิเดชันด้วยแสงอัลตราไวโอเลต**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [6] Paillard, H., Dorel, M. and Bourbogot, M.M., Prospect Concerning Applications of Catalytic Ozonation in Drinking Water Treatment., **Proc. 10th Ozone World Congress**. Monaco, vol.1 (Intl. Ozone Assoc., European - African Group, 2534) p.261-279.
- [7] Gulyas, H., Bockelmann, D., Hermmerring, L., Bahnemann, D. and Sekoulov, I. (2537), **Treatment of Recalcitrant Organic Compounds in Oil Reclaiming wastewater by Ozone/Hydrogen Peroxide and UV/Titanium Dioxide**, Water Science Technology, vol.29, no.9,p.129-132.

การตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษาศูนย์ฝึกศาสตร์ พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Detection of Water Turbidity on Android Operating System Case Study: King's Training Center, Nakhon Pathom Rajabhat University

พรทิพย์ มณีโชติ^{1*} ภควรรณ เล็กเจริญศรี¹ และ สมจินต์ จันทระเชษฐากร¹

¹สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*Email: somjin@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ การตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้ดูแลศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเริ่มทำการศึกษาปัญหาแหล่งน้ำในพื้นที่ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จากนั้นทำการ วิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ 2 จุด คือจุดที่ 1 ต้นทางน้ำเข้า เพื่อตรวจสอบความ เหมาะในการสูบน้ำเข้าไปในพื้นที่ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา และจุดที่ 2 คูพักน้ำ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในการนำน้ำไปใช้ ในการรดน้ำแปลงเกษตร โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา คือ Application Blynk ใช้ในการสร้าง Local Blynk Server และ Arduino IDE ใช้ในการเขียนชุดคำสั่งภาษา C เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความขุ่นใสของน้ำด้วย แรงดันไฟฟ้า EC Turbidity Sensor ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก และมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.13 และค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน 0.64 เช่นเดียวกับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก และมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.25 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62

คำสำคัญ: ตรวจสอบความขุ่น, เซ็นเซอร์วัดความขุ่น, แอปพลิเคชันบลิงค์

Abstract

The objectives of this research are: to develop a system for detecting the turbidity of water on android operating system, a case study of the king's training center at Nakhon Pathom Rajabhat University, and to assess user satisfaction with the water turbidity monitoring system on android operating system. The target group is the king's training center' administrators at Nakhon Pathom Rajabhat University. The research team has developed a system to detect the turbidity of water on android operating system by starting to study the problem of water sources in the area of the king's training center at Nakhon Pathom Rajabhat University. Later, doing an analysis, design and develop a system for monitoring the turbidity of water at 2 points: point one, at the water source gateway, for examining the suitability of pumping water into the area of the king's training center, and point two, at the ditch for verifying the suitability of water used for watering the agricultural plots. The development tools are Application Blynk, used to build the local Blynk server, and Arduino IDE, used to write C-language command sets, to control the operation of

the turbidity measuring EC turbidity sensor device with voltage. The satisfaction evaluation results of water turbidity monitoring system on android operating system of experts at a high level, and the overall average was 4.13 and the value of S.D. was 0.64, as well as, the evaluation of user satisfaction at the high level with an overall mean of 4.25 and the value of S.D. was 0.62.

Keywords: Turbidity Detection, EC Turbidity Sensor, Blynk Application

1. บทนำ

ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เป็นการขยายผล สืบสาน รักษา และ ต่อยอดโครงการในพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช รัชกาลที่ 9 ซึ่ง พระบาทสมเด็จพระวชิรเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงให้ความสำคัญ เพื่อให้ประชาชนเข้าใจและนำไปปรับใช้เป็น แนวทางในการดำเนินชีวิตให้เกิดผล ทั้งยังเป็นแหล่งฝึกสำคัญ สำหรับนักเรียน นักศึกษาและประชาชน ในการยกระดับคุณภาพชีวิตในพื้นที่เป้าหมาย สร้างองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ และ ขยายผลการสืบสาน พระราชปณิธานโครงการพระราชดำริต่าง ๆ มาใช้อย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับภูมิศาสตร์และภูมิ สังคม โดยจำลองพื้นที่กว่า 10 ไร่ สำหรับกิจกรรมในศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชาฯ มีฐานการเรียนรู้และกิจกรรมการสร้างองค์ ความรู้ จำนวน 6 ส่วน ได้แก่ การปลูกไม้ยืนต้น การทำนา การปลูกพืชผักสวนครัว การปลูกหญ้าแฝก การทำฝายชะลอน้ำ การทำคลองไส้ไก่ และกิจกรรมอื่น ๆ อีกจำนวนมาก เพื่อให้ นักเรียน นักศึกษาได้สัมผัส และลงมือปฏิบัติจริง เช่น เรียนรู้เรื่อง การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ช่วยกัก เก็บตะกอนดิน ลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ เพิ่ม อินทรีย์วัตถุแก่ดินและรักษาความชื้นในดิน

เนื่องจากในศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชานี้เป็นปัจจัยสำคัญในการทำงาน ทั้งยังมีการใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำไปใช้ใน กิจกรรมต่าง ๆ ความชุ่มชื้นมีผลต่อเครื่องสูบน้ำหากน้ำมีความชุ่มมากจะส่งผลให้เครื่องสูบน้ำอุดตันและเสียง่าย ทำให้อายุใน การใช้งานของเครื่องสูบน้ำลดน้อยลง และความชุ่มยังมีส่วนต่อการเจริญเติบโตของพืชหากน้ำมีความชุ่มมากเกินไปก็จะส่งผลให้ พืชเติบโตได้ช้า คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มาพัฒนาระบบ การตรวจสอบความชุ่มชื้นของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครปฐม โดยนำเซ็นเซอร์วัดความชุ่มชื้นของน้ำ (EC Turbidity Sensor) เข้ามาช่วยในเรื่องของการตรวจสอบค่าความชุ่มชื้นของ น้ำที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน โดยผู้ดูแลงานในศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สามารถใช้แอป พลิกเช็บบนมือถือตรวจสอบระดับความชุ่มชื้นของน้ำได้ทุกที่ทุกเวลา ไม่จำเป็นต้องประจำอยู่ที่ศูนย์ฯ ซึ่งช่วยในวางแผนการสูบน้ำเข้ามาในพื้นที่ และสามารถควบคุมการนำน้ำไปใช้ในการเกษตรได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบความชุ่มชื้นของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์ พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบการตรวจสอบความชุ่มชื้นของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอน ดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบตรวจจับความชุ่มชื้นแบบแรงโน้มถ่วง [1] ในงานวิจัยนี้ใช้เซ็นเซอร์วัดความชุ่มชื้นของน้ำ รุ่น EC Turbidity Sensor SEN0189 ทำการตรวจจับคุณภาพน้ำโดยการวัดระดับความชุ่มหรือความทึบแสง ใช้แสงเพื่อตรวจจับอนุภาคแขวนลอยในน้ำโดย การวัดการส่งผ่านแสงและอัตราการกระเจิงซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณของสารแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ในน้ำ เมื่อ TSS เพิ่มขึ้น ระดับความชุ่มชื้นของเหลวจะเพิ่มขึ้น เซ็นเซอร์วัดความชุ่มชื้นสำหรับวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำและลำธารการตรวจวัดน้ำเสียและ

น้ำทั้งเครื่องมือควบคุมสำหรับบ่อดักตะกอนการวิจัยการขนส่งตะกอนและการตรวจทางห้องปฏิบัติการ เซ็นเซอร์ของเหลวนี้ให้โหมดสัญญาณ Analog และ Digital เกณฑ์จะปรับได้เมื่ออยู่ในโหมดสัญญาณดิจิทัล โดยค่าที่ได้มาเป็นค่าเฉพาะของตัวเซ็นเซอร์ โดยมีช่วงค่าที่ได้เป็น 0-3000 NTU

ระบบงานคุณภาพและความปลอดภัยของน้ำดื่มจากน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในจังหวัดมหาสารคาม [2] โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาคือ ชุดทดสอบคุณภาพน้ำดื่มภาคสนามของกรมอนามัย ประกอบด้วยชุดวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย แบคทีเรียที่ผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ คลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำดื่ม ความกระด้างของน้ำดื่ม และวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด้วยเครื่อง pH Meter ผลที่ได้จากการพัฒนาน้ำดื่มร้อยละ 25.6 จากน้ำดื่มในจังหวัดมหาสารคามผ่านเกณฑ์ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงอันตรายจากการบริโภคน้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัย จึงควรเฝ้าระวังคุณภาพน้ำดื่มให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ

ระบบการพัฒนาระบบการอ่านข้อมูลระยะใกล้ เพื่อติดตามคุณภาพน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพา [3] ใช้เครื่องมือในการพัฒนาคือ 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Arduino Mega 2560 2) เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง 3) อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบน โลก (GPS Shield) 4) อุปกรณ์ส่งสัญญาณ 3G แบบ ซิมการ์ด 5) เครื่องสำรองไฟพกพาแบบพลังงาน แสงอาทิตย์ (Power Bank Solar Charger) 6) กล่อง กันน้ำ สายไฟ ตะกั่ว และหัวแร้ง 7) โปรแกรม Arduino IDE ผลที่ได้จากการพัฒนาการพัฒนาระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้ เพื่อติดตามคุณภาพน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพา สามารถแบ่งการสรุปออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์และการเขียนโปรแกรม ควบคุมสามารถที่จะกำหนดสมบัติและค่าพารามิเตอร์ ต่าง ๆ ให้กับตัวฮาร์ดแวร์ได้ ส่วนที่ 2 การตรวจสอบค่าความถูกต้องของ เซ็นเซอร์กับเครื่องตรวจวัดมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถนำไปใช้งานได้ โดยค่าอุณหภูมิในสระสวนนั้นพบว่าการจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ส่วนที่ 3 ThingSpeak ระบบการจัดเก็บข้อมูล ที่มีประสิทธิภาพและจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมสำหรับนำค่าข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ในส่วนต่อไปได้อย่างสะดวก และส่วนที่ 4 การทำแผนที่ประมาณในค่าช่วงด้วยวิธีการ IDW ของข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในแหล่งน้ำ

4. วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดถึงขั้นตอนการพัฒนาระบบโดยใช้อุปกรณ์ Internet of Things การตรวจสอบความชื้นใสน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เพื่อเป็นการตรวจสอบค่าความชื้นที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

4.1 การศึกษาเบื้องต้น โดยการศึกษาและสอบถามผู้ดูแลในพื้นที่โดยรอบศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม การทำงานระบบงานเดิม เป็นการศึกษาการสูบน้ำเข้าไปในพื้นที่ และนำไปใช้ในแปลงเกษตร โดยเป็นการสังเกตความชื้นด้วยสายตานั้นทำการสูบน้ำจากต้นทางน้ำเข้าไปที่คูพักน้ำเพื่อใช้ในการรดน้ำแปลงเกษตร ซึ่งการสังเกตความชื้นด้วยสายตานั้นวิธีนี้อาจจะทำให้ความชื้นมีความไม่แน่นอน ซึ่งอาจส่งผลต่อเครื่องสูบน้ำและพืชผักในแปลงเกษตรได้ เพราะยังไม่ได้มีการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีต่าง ๆ รวมถึงการนำมาประยุกต์ใช้กับ Internet of Thing (IoT) เข้ามาช่วยในการตรวจสอบข้อมูลของคุณภาพน้ำได้

4.2 การวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบความชื้นใสน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม วิเคราะห์โดยแผนภาพรวมการทำงานของระบบ และแผนภาพข้อมูลการเรียงลำดับ (Sequence Diagram)

4.3 การออกแบบระบบ โดยการออกแบบระบบการตรวจสอบความชื้นใสน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ทำการออกแบบการต่อเชื่อมอุปกรณ์ของระบบการตรวจสอบค่าความชื้นใสน้ำ และออกแบบส่วนการติดต่อของผู้ใช้ (GUI) ใน Application Blynk จากเครื่อง Smart Phone

4.4 การพัฒนาระบบงาน การตรวจสอบความชื้นในของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึก
ศาสตร์พระราช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งในอุปกรณ์
NodeMCU V2 ESP8266 ในโปรแกรม Arduino IDE ด้วยภาษา C และส่วนที่ 2 การพัฒนาโปรแกรมในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ด้วย
Application Blynk เป็นการเชื่อมต่อการทำงานระหว่าง Local Blynk Server กับแอปพลิเคชัน และชุดเครื่องมือการตรวจสอบ
ค่าความชื้นในของน้ำโดยใช้จุดกระจายสัญญาณของคลื่นโทรศัพท์มือถือ ผ่านชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE แล้วให้แสดงผล
ไปที่ Application Blynk บน Smart Phone ด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

4.5 การทดสอบระบบงาน การตรวจสอบความชื้นในของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึก
ศาสตร์พระราช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ผู้พัฒนาระบบได้ทำการทดสอบระบบโดยการเข้าใช้งานของระบบในส่วน
ต่าง ๆ โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ Unit Test, Integration Test และ System Test

5. ผลการศึกษา

ผลการทดสอบระบบการตรวจสอบความชื้นในของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึก
ศาสตร์พระราช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เชื่อมต่อการทำงานระหว่าง Local Blynk Server กับแอปพลิเคชัน และชุดเครื่องมือ
การตรวจสอบค่าความชื้นในของน้ำโดยใช้จุดกระจายสัญญาณของคลื่นโทรศัพท์มือถือ ผ่านชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE
แล้วให้แสดงผล ไปที่ Application Blynk ระบบสามารถเปิด-ปิด การทำงานของแอปพลิเคชันได้ สามารถแสดงสถานะ
อุปกรณ์ว่าออนไลน์อยู่หรือไม่ สามารถตรวจสอบทั้ง 2 จุด คือ จุดที่ 1 บริเวณต้นทางน้ำเข้า มีสถานะ 2 สถานะ คือ เหมาะสม
ในการสูบน้ำไปใช้งาน และไม่เหมาะสมในการสูบน้ำไปใช้งาน จุดที่ 2 คุ้งก้นน้ำ มีสถานะ 2 สถานะ คือ เหมาะสมในการรดน้ำ
พืชผัก และไม่เหมาะสมสำหรับน้ำไปรดน้ำ ดังตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบระบบการตรวจสอบความชื้นในของน้ำ บน
ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบการตรวจสอบความชื้นในของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์
พระราช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รายการ	ผลการทำงาน	
	ทำงานได้	ทำงานไม่ได้
1. สามารถเปิด-ปิด การทำงานของแอปพลิเคชันได้	✓	
2. สามารถแสดงสถานะอุปกรณ์ว่าออนไลน์อยู่หรือไม่	✓	
3. สามารถเปิดหน้าต่างที่ตรวจสอบทั้ง 2 จุด	✓	
4. แสดงข้อความจุดที่ตรวจสอบค่าความชื้นในของน้ำ	✓	
5. ตรวจสอบการส่งค่าจากชุดเครื่องมือมาแสดงค่า NTU ที่ระบบ	✓	
6. กราฟแท่งแสดงช่วงระดับของการตรวจสอบค่าความชื้นในของน้ำ	✓	
7. เงื่อนไขของช่วงระดับการตรวจสอบ ระดับเหมาะสมให้เป็นสีฟ้า และระดับไม่เหมาะสมให้เป็นสีแดง	✓	
8. ข้อความแสดงเกณฑ์การตรวจสอบ	✓	
9. ชุดเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบค่าความชื้นในของน้ำ	✓	
10. สามารถเชื่อมต่อการทำงานระหว่าง Local Blynk Server กับแอปพลิเคชัน และชุดเครื่องมือการตรวจสอบค่าความชื้นในของน้ำ	✓	

ผลการประเมิน

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ [4]

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

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อระบบการตรวจสอบความชุ่มชื้นของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราช มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รายละเอียดแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการออกแบบและการตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน			
1. การออกแบบระบบสามารถเข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อน	3.80	0.45	มาก
2. ความรวดเร็วของระบบในการทำงาน	4.00	0.71	มาก
3. ความเหมาะสมของระบบและอุปกรณ์	4.00	0.71	มาก
4. จุดประสงค์ในการทำงานมีความชัดเจน	4.20	0.84	มาก
5. ขนาดตัวอักษร รูปแบบตัวอักษรอ่านง่ายสวยงาม	3.80	1.30	มาก
6. สีพื้นหลังหรือสีตัวอักษรที่เลือกใช้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	3.20	0.84	ปานกลาง
7. ความสามารถของระบบในการออกแบบหน้าระบบ	4.20	0.84	มาก
8. ความสามารถของระบบในการแสดงข้อมูล	4.40	0.89	มาก
ด้านชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน			
1. ชุดเครื่องมือง่ายต่อการใช้งาน	4.40	0.55	มาก
2. ชุดเครื่องมือมีความคล่องตัวไม่ยุ่งยาก	4.20	0.45	มาก
3. วิธีการใช้ค่อนข้างเข้าใจได้ง่าย	4.40	0.55	มาก
4. ความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน	4.20	1.10	มาก
5. คุณภาพและความทันสมัยของชุดเครื่องมือ	4.60	0.55	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพในการทำงาน			
1. ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.20	0.45	มาก
2. ความเหมาะสมของระบบงาน	4.40	0.55	มาก
3. ความแม่นยำของข้อมูล	4.20	0.84	มาก
4. ความถูกต้องของการออกแบบระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
5. ความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
โดยรวม	4.13	0.64	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจผู้เชี่ยวชาญต่อระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.13 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

รายละเอียดแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการออกแบบและการตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน			
1. การออกแบบระบบสามารถเข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อน	3.60	0.55	มาก
2. ความรวดเร็วของระบบในการทำงาน	3.60	0.55	มาก
3. ความเหมาะสมของระบบและอุปกรณ์	4.00	0.71	มาก
4. จุดประสงค์ในการทำงานมีความชัดเจน	4.40	0.55	มาก
5. ขนาดตัวอักษร รูปแบบตัวอักษรอ่านง่ายสวยงาม	4.00	0.71	มาก
6. สีพื้นหลังหรือสีตัวอักษรที่เลือกใช้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.00	1.00	มาก
7. ความสามารถของระบบในการออกแบบหน้าระบบ	4.20	0.84	มาก
8. ความสามารถของระบบในการแสดงข้อมูล	4.80	0.45	มากที่สุด
ด้านชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน			
1. ชุดเครื่องมือง่ายต่อการใช้งาน	4.60	0.89	มาก
2. ชุดเครื่องมือมีความคล่องตัวไม่ยุ่งยาก	4.60	0.55	มาก
3. วิธีการใช้ค่อนข้างเข้าใจได้ง่าย	4.60	0.55	มาก
4. ความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน	4.60	0.55	มาก
5. คุณภาพและความทันสมัยของชุดเครื่องมือ	4.80	0.45	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพในการทำงาน			
1. ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.40	0.55	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของระบบงาน	3.20	0.84	ปานกลาง
3. ความแม่นยำของข้อมูล	4.00	1.00	มาก
4. ความถูกต้องของการออกแบบระบบ	4.40	0.55	มาก
5. ความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.80	0.45	มากที่สุด
โดยรวม	4.25	0.62	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานต่อระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.25 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62 ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

6. สรุปผล

ระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการตัดสินใจ โดยมิเกลท์ ดังนี้ จุดที่ 1 ค่าความขุ่น 0-2,500 NTU คือระดับเหมาะสมในการสูบน้ำไปใช้งาน และ ค่าความขุ่น 2,501-3,000 NTU คือระดับไม่เหมาะสมในการ

สูบน้ำไปใช้งาน [5] จุดที่ 2 ค่าความขุ่น 0-1,000 NTU คือระดับเหมาะสมในการรดน้ำพืชผัก และ ค่าความขุ่น 1,001-3,000 NTU คือระดับไม่เหมาะสมสำหรับน้ำโปรดน้ำ [6] การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานที่มีต่อระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ มีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.13 อยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.25 อยู่ในระดับมาก

7. อภิปรายผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบการตรวจสอบความขุ่นใสของน้ำ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกศาสตร์พระราชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ในการตรวจสอบค่าความขุ่นใสของน้ำที่มีไว้สำหรับตรวจสอบคุณภาพน้ำ จากผลการศึกษาจากการตรวจสอบน้ำจุดที่ 1 บริเวณต้นทางน้ำเข้า เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าสามารถสูบน้ำไปใช้งานได้หรือไม่ การวิเคราะห์ผลของคุณภาพน้ำมีค่าความขุ่น 0-2,500 NTU พบว่าค่าที่ได้จากการนำชุดเครื่องมือไปตรวจสอบนั้นสามารถสูบน้ำได้เนื่องจากน้ำอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมในการสูบน้ำไปใช้งาน และจุดที่ 2 คู่งักน้ำ ซึ่งเป็นน้ำที่ได้จากการสูบน้ำจากจุดที่ 1 ทำการพักน้ำประมาณ 1 วัน ก่อนตรวจสอบ จากการตรวจสอบน้ำจุดที่ 2 การวิเคราะห์ผลของคุณภาพน้ำมีค่าความขุ่น 1,001-3,000 NTU พบว่าช่วงที่ได้ทำการตรวจสอบนั้นเป็นน้ำแล้ว จึงทำให้ผลการตรวจสอบน้ำที่ได้มีค่าความขุ่นอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมในการนำไปรดน้ำพืชผัก

8. ข้อเสนอแนะ

สามารถพัฒนาต่อในส่วนของการเพิ่มจำนวนเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบค่าอื่น ๆ เช่น ค่า pH คือ ค่าที่แสดงความเป็นกรด-เบส เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H+) ใช้บอกความเป็นกรด-เบส ของสารหรือสารที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ สำหรับการตรวจวัดค่า pH ในน้ำ จะเป็นค่าที่บอกปริมาณของกรดที่ปนอยู่ในน้ำ ค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในน้ำ น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากสิ่งปนเปื้อน จะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 น้ำซึ่งมีสิ่งเจือปนอยู่ด้วยอาจจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 ได้ ถ้าน้ำนั้นมีกรดและเบสอยู่ในปริมาณที่เท่ากันและสมดุลกัน ถ้าน้ำมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่า น้ำนั้นมีปริมาณกรดอยู่มากเกินจุดที่สมดุล แต่ถ้ามีค่าพีเอชมากกว่า 7 แสดงว่าในน้ำนั้นมีเบสมากเกินไปเกินจุดที่สมดุล และ ค่าดีโอ (DO) ย่อมาจากคำว่า Dissolved Oxygen คือ ค่าของปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยปกติในน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีออกซิเจนละลายอยู่ประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ซึ่งเป็นจำนวนจำกัด ส่วนในแหล่งน้ำธรรมชาติที่สะอาด จะมีออกซิเจนละลายอยู่ประมาณ 7-8 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ถ้ามีค่าต่ำกว่านี้ ออกซิเจนในอากาศจะสามารถละลายน้ำได้อีก

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] _____. “เซ็นเซอร์วัดความขุ่นของน้ำ”, จาก https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_sensor_SKU__SEN0189, 5 พฤษภาคม 2563.
- [2] ธนพงศ์ ภูผาลี, สมศักดิ์ อาภาศรีทองสกุล, อรุณช วงศ์วัฒนาเสถียร และ มาลี สุปันดี. “การพัฒนาระบบคุณภาพและความปลอดภัยของน้ำดื่มจากตู้จำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติในจังหวัดมหาสารคาม”, จาก <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/TJPP/article/view/171143/122966>, 6 สิงหาคม 2562.
- [3] ฤชณะ อิมสวาสดี. “การพัฒนาระบบการพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะใกล้ เพื่อติดตาม คุณภาพน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพา”, จาก <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/181287/128565>, 6 สิงหาคม 2562.
- [4] _____. “เทคนิคการสร้างเครื่องมือและการรวบรวมข้อมูลการวิจัย ลิเคิทสเกล Likert”, จาก http://rlc.nrct.go.th/ewt_dl.php?nid=1176, 3 สิงหาคม 2563.
- [5] _____. “กรมชลประทาน”, จาก <http://www.rid.go.th/images/cover/index.html>. The 3 rd National Conference on Science, Technology and Innovation| 7, 4 มิถุนายน 2563.
- [6] _____. “กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม”, จาก <http://www.mnre.go.th/th/index>, 4 มิถุนายน 2563.

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Study of physical and chemical properties of biochar from agricultural waste

อภิชัย ศักดิ์อำภา¹ ภูริณัฐ แดงมา¹ และ อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

*Email: ornprapa@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เศษไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วง และไม้ไผ่ชางนวล วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 สิ่งทดลอง ได้แก่ T1: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส, T2: ถ่านชีวภาพไม้มะม่วง, T3: ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ชางนวล, T4: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้มะม่วง อัตรา 1:1 โดยปริมาตร, T5: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ชางนวล อัตรา 1:1 โดยปริมาตร, T6: ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและไม้ไผ่ชางนวล อัตรา 1:1 โดยปริมาตร และ T7: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วง และไม้ไผ่ชางนวล อัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีความพรุนและความจุในการอุ้มน้ำมากที่สุด และหากพิจารณาสมบัติทางเคมี พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ชางนวลมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่า EC และปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด ในขณะที่ถ่านชีวภาพไม้มะม่วง มีค่า C/N ratio น้อยกว่า 20:1 และมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (ผลรวมของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) รวมสูงที่สุด คือ 4.86%

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ, ไม้ไผ่ชางนวล, ไม้มะม่วง, ไม้ยูคาลิปตัส, เศษวัสดุทางการเกษตร

Abstract

The objective of this study was to investigate the physical and chemical properties of biochar produced from agricultural waste materials, such as eucalyptus, mango and Phai Sang Nuan (*Dendrocalamus membranaceus* Munro). The experimental design was completely randomized design (CRD) with 7 treatments and 3 replications. The treatments were consisted of T1: eucalyptus biochar, T2: mango biochar, T3: Phai Sang Nuan biochar, T4: eucalyptus biochar and mango biochar at the ratio of 1:1 by volume, T5: eucalyptus biochar and Phai Sang Nuan biochar at the ratio of 1:1 by volume, T6: mango biochar and Phai Sang Nuan biochar at the ratio of 1:1 by volume and T7: eucalyptus biochar, mango biochar and Phai Sang Nuan biochar at the ratio of 1:1:1 by volume. From the results of the experiment, the physical properties showed that the eucalyptus biochar has the highest porosity and water capacity. In terms of chemical properties, Phai Sang Nuan biochar had the highest of pH, EC and organic matter content, whereas mango biochar had the C/N ratio less than 20:1 and the highest total macronutrient (N+P+K) content that was 4.86%.

Keywords: biochar, Phai Sang Nuan wood, mango wood, eucalyptus wood, agricultural waste

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรมซึ่งมีศักยภาพในการผลิตพืชที่หลากหลาย แต่พบว่าการผลิตพืชมักเกิดเศษวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมักถูกเผาทิ้งทำให้เกิดมลพิษหมอกควันที่เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน อีกทั้งยังเป็นการทำลายโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ของดินในบริเวณพื้นที่ที่ถูกเผา อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเกษตรกรหลายพื้นที่เริ่มหันมามุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำเป็นถ่านชีวภาพ (biochar) ซึ่งถ่านชีวภาพถือเป็นวัสดุที่เกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 500 องศาเซลเซียสขึ้นไป ภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนจำกัด [1] และจากสมบัติของถ่านชีวภาพที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7 [2] มีค่าความจุไอออนบวก และมีความพรุนสูง [3] ทำให้ถ่านชีวภาพได้รับความนิยมในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน อาทิเช่นงานวิจัยของเกศศิรินทร์ [4] ที่พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ เปลือกทุเรียน แกลบ และซังข้าวโพด ในอัตราที่แตกต่างกันตั้งแต่ 500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ดินหลังปลูกกระเจียวมีค่าความเป็นกรด-ด่างจาก 3.5 เป็น 6.2-7.0 ภายในระยะเวลา 2 เดือน อย่างไรก็ตาม ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุที่แตกต่างกันนอกจากสมบัติทางเคมีจะแตกต่างกันแล้ว ยังมีสมบัติทางกายภาพที่ไม่เหมือนกัน ยกตัวอย่างเช่นงานวิจัยของกุลธิดา [5] ที่รายงานว่า ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีขนาดรูพรุนสูงที่สุดซึ่งทำให้สามารถดูดซับและกำจัดไอออนทองแดงที่อยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้มากกว่าถ่านชีวภาพที่ผลิตจากกะลามะพร้าว เปลือกมันคุด เปลือกขนุนและเมล็ดลำไย ตามลำดับ ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านชีวภาพแต่ละชนิดจึงถือเป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของการนำไปใช้ประโยชน์ในการนำไปเป็นวัสดุปรับปรุงดินในด้านต่างๆ ต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 สิ่งทดลอง ได้แก่ ถ่านชีวภาพที่ผลิตจากเศษไม้ชนิดต่างๆ จำนวน 3 ชนิด และมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้ T1: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส, T2: ถ่านชีวภาพไม้มะม่วง, T3: ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ชางนวล, T4: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้มะม่วง อัตรา 1:1 โดยปริมาตร, T5: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ชางนวล อัตรา 1:1 โดยปริมาตร, T6: ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและไม้ไผ่ชางนวล อัตรา 1:1 โดยปริมาตร และ T7: ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วง และไม้ไผ่ชางนวล อัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

นำเศษไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วง และไม้ไผ่พันธุ์ชางนวล หั่นเป็นท่อน 20 เซนติเมตร วางเรียงในถังขนาด 200 ลิตร และวางถังในเตาเผาสองชั้น ใส่เชื้อเพลิงทับไม้ด้านบนสุด จุดไฟและปิดฝาให้สนิท จะทำให้ได้อุณหภูมิในการเผาสูงประมาณ 500 องศาเซลเซียส และมีออกซิเจนภายในถังน้อย ปล่องทิ้งไว้ให้ภายในถังเย็นแล้วเก็บถ่านชีวภาพออกจากตัวถัง [6] จากนั้นนำถ่านชีวภาพที่ได้มาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 300 ไมโครเมตร นำถ่านชีวภาพที่บดละเอียดแล้วมาผสมให้เข้ากันตามอัตราส่วนโดยปริมาตร และเก็บตัวอย่างใส่ในถุงพลาสติกปิดสนิทเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

2.3 การบันทึกผล

2.3.1 สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นรวม โดยวิธี core method ดัดแปลงจาก Handreck and Black (1994) ส่วนความพรุนรวม วิเคราะห์ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจาก Handreck and Black (1994) และความจุในการอุ้มน้ำใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก Jenkins and Jarrell (1989) และ Handreck and Black (1994)

2.3.2 สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) วัดค่าด้วยเครื่อง pH/EC meters ส่วนปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจนทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยเครื่อง CHNS/O Analyzer และนำปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนไปคำนวณหาปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่า C/N ratio ต่อไป ส่วนปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ฟอสฟอรัสทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยวิธี Vanadomolybdate และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Visible spectrophotometer ส่วนโพแทสเซียมทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame photometer [7]

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 สมบัติทางกายภาพ

3.1.1 ความหนาแน่นรวม พบว่า ถ่านชีวภาพในทุกสิ่งทดลองมีความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 0.24-0.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีค่าความหนาแน่นรวมสูงสุด คือ 0.41 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส (0.35 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร (0.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ตามลำดับ ทั้งนี้ การผสมถ่านชีวภาพระหว่างเศษไม้ 2 ชนิด ไม่ว่าจะเป็นไม้ยูคาลิปตัสกับไม้มะม่วง ไม้ยูคาลิปตัสกับไม้ไผ่ขางนวล และไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีความหนาแน่นรวมใกล้เคียงกันคือประมาณ 0.29-0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อย่างไรก็ตามพบว่า ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงมีความหนาแน่นรวมน้อยที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.24 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 1) ตามลำดับ ทั้งนี้ ความหนาแน่นรวมเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงระดับการอัดตัวของวัสดุ และแสดงถึงความเหมาะสมทางกายภาพต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยความหนาแน่นจะส่งผลต่อการซึมน้ำของรากพืช การซึมซับน้ำและการเคลื่อนย้ายของสารละลายซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการหายใจของราก [8]

3.1.2 ความพรุนรวม พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีความพรุนรวมสูงที่สุด คือ 51.22 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับถ่านชีวภาพชนิดอื่นๆ รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวล (48.64 เปอร์เซ็นต์) และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร (47.39 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ และพบว่า ถ่านชีวภาพที่ได้จากการผสมระหว่างเศษไม้ 2 ชนิด คือ ไม้ยูคาลิปตัสกับไม้มะม่วง ไม้ยูคาลิปตัสกับไม้ไผ่ขางนวล และไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีความพรุนรวมใกล้เคียงกันคือมีค่าอยู่ในช่วง 34.42-39.45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลของความหนาแน่นรวม อย่างไรก็ตาม พบว่า ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงมีค่าความพรุนต่ำที่สุด คือ 31.49 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้ จากค่าความพรุนรวมพบว่า โดยภาพรวมมีค่ามากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ซึ่งไม่จำกัดการเจริญเติบโตของพืช และความพรุนรวมยังถือเป็นสมบัติที่สามารถบ่งบอกถึงการดูดซับน้ำเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับดินได้ [9]

3.1.3 ความจุในการอุ้มน้ำ จากผลการทดลอง พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีค่าความจุในการอุ้มน้ำสูงที่สุด คือ 45.19 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลซึ่งค่าความจุในการอุ้มน้ำอยู่ที่ 43.29 เปอร์เซ็นต์ และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีค่าความจุในการอุ้มน้ำเท่ากับ 41.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าถ่านชีวภาพที่เกิดจากการผสมระหว่างเศษไม้ทั้ง 2 ชนิด (ไม้ยูคาลิปตัสกับไม้ไผ่ขางนวล ไม้ยูคาลิปตัสกับไม้มะม่วง และไม้มะม่วงกับไม้ไผ่ขางนวล) ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีค่าความจุในการอุ้มน้ำใกล้เคียงกัน กล่าวคือ มีค่าอยู่ในช่วง 28.71-33.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของถ่านชีวภาพแต่ละชนิด

ชนิดของถ่านชีวภาพ	ความหนาแน่น (g/cm ³)	ความพรุน (%)	ความจุอุ้มน้ำ (%)
ไม้ยูคาลิปตัส	0.35 ^{1/}	51.22	45.19
ไม้มะม่วง	0.24	31.49	26.54
ไม้ไผ่ขางนวล	0.41	48.64	43.29
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง (1:1)	0.30	34.42	29.35
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1)	0.29	39.45	33.67
ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1)	0.30	35.18	28.71
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1:1)	0.32	47.39	41.76

^{1/} เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์สองซ้ำ

3.2 สมบัติทางเคมี

3.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ถ่านชีวภาพแต่ละชนิดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 10.29 รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้มะม่วง อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (pH 10.04) ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (pH 9.98) และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วง และไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร (pH 9.94) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่า ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด คือ 9.34 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส (pH 9.38) และถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (pH 9.45) (ตารางที่ 2) ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของถ่านชีวภาพแต่ละชนิดพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 9-10 ซึ่งมีสภาพเป็นด่างจัดมาก โดย Al-Wabel et al. [10] รายงานว่า ในกระบวนการไพโรไลซิสที่เกิดขึ้นจากการเผาถ่านชีวภาพ จะมีการใช้อุณหภูมิที่สูง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียของสารอินทรีย์และจะเกิดปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกอย่าง แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นในกระบวนการไพโรไลซิส และส่งผลให้ถ่านชีวภาพมีสมบัติเป็นด่างตามไปด้วย

3.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) จากผลการทดลอง พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 1,239.71 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 569.10 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้มะม่วง อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 531.05 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ 268.10 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (ตารางที่ 2) โดยค่า EC หรือค่าการนำไฟฟ้ามักเป็นค่าที่แสดงถึงความเค็ม (salinity) ของวัสดุที่นำมาวิเคราะห์ แต่มักขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของเกลือที่ละลายอยู่ในตัวอย่าง หากในตัวอย่างมีเกลือละลายอยู่มากค่าการนำไฟฟ้าจะสูง ทั้งนี้จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าค่าการนำไฟฟ้าของถ่านชีวภาพขึ้นอยู่กับชนิดของเศษวัสดุที่นำมาผลิต ยกตัวอย่างเช่น สุทธรธรรณ และคณะ [11] รายงานว่า ถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 9.58 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (9,580 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าในตัวอย่างถ่านชีวภาพสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ แต่สำหรับการศึกษาของ อัจฉิมา และคณะ [12] พบว่า ถ่านชีวภาพจากกลบหรือถ่านกลบไบโอชาร์มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ที่ 1.6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (1,600 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลที่วิเคราะห์ได้ในครั้งนี้

3.2.3 ค่า CEC ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก หรือค่า CEC สูงที่สุด กล่าวคือ มีค่าเท่ากับ 20.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (16.67 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้มะม่วง อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (16.34 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีค่า CEC น้อยที่สุด คือ 14.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ค่า CEC ถือเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงคุณภาพของถ่านชีวภาพได้เป็นอย่างดี โดยหากนำถ่านชีวภาพที่มีค่า CEC สูงไปใช้ในการปรับปรุงดินก็จะช่วยให้ดินมีสมบัติทางเคมีดีขึ้น เช่นทำให้ดินมีความสามารถในการจุหรือแลกเปลี่ยนแคตไอออนได้สูงขึ้นซึ่งช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารในรูปแคตไอออนไปกับการชะล้าง อีกทั้งยังช่วยให้ดินมีความจุฟอสเฟตสูงขึ้น กล่าวคือ ทำให้ดินมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH หรือความเป็นกรด-ด่างได้ดีขึ้นซึ่งส่งผลดีต่อทั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการย่อยสลายและช่วยรักษาสสมดุลของความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินได้อีกด้วย [13] อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับการวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ค่า CEC ของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนพบว่า มีค่า CEC อยู่ที่ 64.68 เซนติโมลต่อกิโลกรัม [11] ซึ่งมีค่าสูงกว่าถ่านชีวภาพทุกชนิดที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้อาจมีความเป็นไปได้ว่า ลักษณะและขั้นตอนการผลิตถ่านชีวภาพมีความแตกต่างกัน โดยจากการรายงานของ Lehmann [14] พบว่า ถ่านชีวภาพที่ผลิตภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำจะมีค่า CEC สูง ในขณะที่ถ่านชีวภาพที่ผลิตในสภาพอุณหภูมิสูงเช่น มากกว่า 600 องศาเซลเซียส จะมีค่า CEC ต่ำหรือไม่มีเลย

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของถ่านชีวภาพแต่ละชนิด

ชนิดของถ่านชีวภาพ	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	CEC (cmol/kg)
ไม้ยูคาลิปตัส	$9.38 \pm 0.09^{c1/}$	268.10 ± 6.06^g	$14.17^{2/}$
ไม้มะม่วง	9.34 ± 0.09^c	487.16 ± 1.83^d	20.17
ไม้ไผ่ขางนวล	10.29 ± 0.04^a	$1,239.71 \pm 27.86^a$	15.17
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง (1:1)	10.04 ± 0.05^b	531.05 ± 10.75^c	16.34
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1)	9.98 ± 0.11^b	338.06 ± 4.76^f	14.17
ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1)	9.45 ± 0.07^c	454.29 ± 7.65^e	16.67
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1:1)	9.94 ± 0.07^b	569.10 ± 7.34^b	15.51
F-test	**	**	-
C.V. (%)	2.48	52.40	-

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/} ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

^{2/} เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์เพียงซ้ำเดียว

3.2.4 ปริมาณไฮโดรเจน คาร์บอน และอินทรีย์วัตถุ จากการทดสอบปริมาณไฮโดรเจนในถ่านชีวภาพชนิดต่างๆ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 1.58-1.99 เปอร์เซ็นต์ โดยถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์ไฮโดรเจนสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 1.99 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีปริมาณไฮโดรเจนเท่ากับ 1.90 และ 1.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีปริมาณไฮโดรเจนน้อยที่สุด คือเท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) สำหรับปริมาณคาร์บอน พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากที่สุด คือ 78.39 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 78.16 เปอร์เซ็นต์ และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 75.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนถ่านชีวภาพไม้มะม่วง พบว่า มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนน้อยที่สุด คือ 60.58 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนกับถ่านชีวภาพในงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่ามีค่าค่อนข้างสูง กล่าวคือ Wang et al. [15] รายงานว่า ปริมาณคาร์บอนในถ่านชีวภาพที่ผลิตจากต้นข้าวสาลี ข้าว และถั่วลิสง มีค่าอยู่ในช่วง 39.1-54.9 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งจากการศึกษาปริมาณคาร์บอนในถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนของสุทธวรรณ และคณะ [11] พบว่า มีปริมาณคาร์บอนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่จากการศึกษาของ Chintala et al. [16] พบว่า ปริมาณคาร์บอนในถ่านชีวภาพที่ผลิตจากต้นข้าวโพดและหญ้าสวิตช์กราส มีค่าอยู่ในช่วง 75-78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับถ่านชีวภาพที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่า ปริมาณคาร์บอนในถ่านชีวภาพแต่ละชนิดนอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะการเผาถ่านชีวภาพแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาเผา ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากวัตถุดิบที่มีปริมาณคาร์บอนสูงหรือย่อยสลายยากมักจะทำให้ได้ถ่านชีวภาพที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูงไปด้วย

จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุซึ่งคำนวณจากเปอร์เซ็นต์คาร์บอนที่วิเคราะห์ได้ พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด คือ 135.15 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 134.75 และ 130.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ C/N ratio พบว่า ถ่านชีวภาพจากเศษไม้ชนิดต่างๆ มีค่า C/N ratio อยู่ในช่วง 15.31-24.42 โดยพบว่า ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงมีค่า C/N ratio ต่ำที่สุด คือ 15.31 ในขณะที่ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีค่า C/N ratio อยู่ที่ 24.42 ซึ่งหากพิจารณาอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารที่ควรมีค่า C/N ratio ต่ำกว่า 20:1 พบว่า มีเพียงแต่ถ่านชีวภาพไม้มะม่วง (15.31) และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส (20.18) ที่มีค่า C/N ratio ต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับ 20:1 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณไฮโดรเจน คาร์บอน และอินทรีย์วัตถุของถ่านชีวภาพแต่ละชนิด

ชนิดของถ่านชีวภาพ	ไฮโดรเจน (%)	คาร์บอน (%)	อินทรีย์วัตถุ (%)	C:N ratio
ไม้ยูคาลิปตัส	1.90 ± 0.03 ^{b1/}	75.50 ± 0.24 ^b	130.16 ± 0.42 ^b	20.20 ± 0.77 ^c
ไม้มะม่วง	1.61 ± 0.05 ^e	60.58 ± 0.16 ^f	104.44 ± 0.28 ^f	15.31 ± 1.00 ^d
ไม้ไผ่ขางนวล	1.58 ± 0.06 ^e	78.39 ± 0.10 ^a	135.15 ± 0.18 ^a	24.42 ± 0.20 ^a
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง (1:1)	1.68 ± 0.02 ^d	70.38 ± 0.33 ^d	121.34 ± 0.57 ^d	21.47 ± 0.41 ^b
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1)	1.78 ± 0.01 ^c	78.16 ± 0.37 ^a	134.75 ± 0.65 ^a	23.97 ± 0.91 ^a
ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1)	1.99 ± 0.01 ^a	69.57 ± 0.20 ^e	119.94 ± 0.35 ^e	21.86 ± 0.49 ^b
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ขางนวล (1:1:1)	1.83 ± 0.01 ^c	73.08 ± 0.69 ^c	125.99 ± 1.19 ^c	22.19 ± 0.57 ^b
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	18.56	4.12	5.41	14.60

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/} ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

3.2.5 ปริมาณธาตุอาหารพืช สำหรับปริมาณไนโตรเจนรวม พบว่า ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าเท่ากับ 3.97 และ 3.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนถ่านชีวภาพอื่นๆ ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวล หรือการผสมระหว่างถ่านชีวภาพจากไม้ทั้ง 2 หรือ 3 ชนิด มีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในช่วง 3.18-3.30 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวม พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (0.20 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม พบว่า ถ่านชีวภาพไม้มะม่วง และถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าเท่ากับ 0.06 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสำหรับปริมาณโพแทสเซียมรวมในถ่านชีวภาพทุกชนิด พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.51-1.04 เปอร์เซ็นต์ โดยถ่านชีวภาพไม้มะม่วงและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีปริมาณโพแทสเซียมรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ คือ 1.04 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และหากพิจารณาที่ถ่านชีวภาพจากไม้เพียงชนิดเดียว ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้มะม่วง และไม้ไผ่ขางนวล พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีปริมาณโพแทสเซียมรวมน้อยที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 0.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้หากเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนของถ่านชีวภาพที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวมของถ่านชีวภาพในการวิจัยนี้มีค่าค่อนข้างสูง (3-4 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากในการศึกษาปริมาณไนโตรเจนรวมของถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน พบว่ามีค่าประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ [11] และสำหรับถ่านชีวภาพที่ผลิตจากต้นข้าวสาลี ต้นข้าว และถั่วลิสง มีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในช่วง 1.3-2.6 เปอร์เซ็นต์ [15] หรือแม้แต่ถ่านชีวภาพจากปุยมูลไก่ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนสูงตั้งแต่ก่อนการเผา แต่พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ที่ 2.13 เปอร์เซ็นต์ [17]

ทั้งนี้จากการคำนวณผลรวมของปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของถ่านชีวภาพแต่ละชนิด พบว่า ถ่านชีวภาพทุกชนิดมีค่าผลรวมของปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ในช่วง 3.84-4.86 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่า ถ่านชีวภาพไม้มะม่วงมีผลรวมของปริมาณธาตุอาหารหลักมากที่สุด คือ 4.86 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัส และถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ขางนวล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.65 และ 4.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ขางนวลมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมน้อยที่สุด คือ 3.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานของสุทธวรรณ และคณะ [11] พบว่า ผลรวมของปริมาณธาตุอาหารหลักในถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนมีค่าประมาณ 15.06 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงมากและมีความเป็นไปได้ว่าสามารถใช้แทนปุ๋ยอินทรีย์ได้ และหากเปรียบเทียบถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ซึ่งเป็นพืชชนิดเดียวกับที่ใช้ในการทดลอง แต่เผาที่อุณหภูมิ 440 องศาเซลเซียส

ในถังขนาด 200 ลิตร พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนรวมประมาณ 0.9 เปอร์เซ็นต์ [18] ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลของปริมาณไนโตรเจนในถ่านชีวภาพไฟช่วงนวลที่ได้จากการวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 3.21 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า วิธีการเตรียมถ่านชีวภาพที่ใช้ในการวิจัยนี้ทำให้ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณไนโตรเจนรวมสูง แต่หากต้องการถ่านชีวภาพที่มีปริมาณฟอสฟอรัสหรือโพแทสเซียมสูง ควรเลือกชนิดของวัตถุดิบเช่น มูลสัตว์ต่างๆ เพื่อให้ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้มีธาตุดังกล่าวสูงขึ้นหรือควรปรับเปลี่ยนวิธีการเผา เช่น การเพิ่มอุณหภูมิในการเผา ซึ่งจากการรายงานของ Al-Wabel et al. [10] พบว่า ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประจวบกับอย่าง แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซิสที่สูงขึ้น และส่งผลให้ถ่านชีวภาพมีปริมาณธาตุอาหารที่มีประจวบกับเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมรวมของถ่านชีวภาพแต่ละชนิด

ชนิดของถ่านชีวภาพ	ไนโตรเจนรวม (%)	ฟอสฟอรัสรวม (%)	โพแทสเซียมรวม (%)
ไม้ยูคาลิปตัส	3.74 ± 0.15 ^{a1/}	0.21 ± 0.05 ^a	0.70 ± 0.00 ^d
ไม้มะม่วง	3.97 ± 0.26 ^a	0.06 ± 0.03 ^c	0.83 ± 0.03 ^{bc}
ไม้ไผ่ชางนวล	3.21 ± 0.02 ^b	0.12 ± 0.02 ^b	0.51 ± 0.03 ^e
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง (1:1)	3.28 ± 0.06 ^b	0.20 ± 0.02 ^a	0.84 ± 0.02 ^b
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้ไผ่ชางนวล (1:1)	3.26 ± 0.13 ^b	0.17 ± 0.03 ^{ab}	1.00 ± 0.00 ^a
ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ชางนวล (1:1)	3.18 ± 0.07 ^b	0.05 ± 0.01 ^c	1.04 ± 0.02 ^a
ไม้ยูคาลิปตัส:ไม้มะม่วง:ไม้ไผ่ชางนวล (1:1:1)	3.30 ± 0.07 ^b	0.12 ± 0.05 ^b	0.78 ± 0.06 ^c
F-test	**	**	**
C.V. (%)	7.10	8.78	3.16

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

^{1/} ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวดิ่งที่ตามด้วยตัวอักษรพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

4. บทสรุป

ถ่านชีวภาพมีสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุเหลือใช้ที่นำมาผลิต ซึ่งจากสมบัติทางกายภาพ พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสมีความพรุนและความจุในการอุ้มน้ำมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ชางนวล ส่วนสมบัติทางเคมีเพื่อการปรับปรุงดิน พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ไผ่ชางนวล มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด ซึ่งเหมาะในการนำไปปรับปรุงดินโดยเฉพาะดินกรด และสำหรับสมบัติทางเคมีที่พิจารณาในเรื่องของการปลดปล่อยธาตุอาหาร พบว่า ถ่านชีวภาพไม้ยูคาลิปตัสและถ่านชีวภาพไม้มะม่วง ซึ่งมีค่า C/N ratio น้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับ 20:1 และมีปริมาณไนโตรเจนรวม (3.74% และ 3.97% ตามลำดับ) และมีผลรวมของปริมาณธาตุอาหารหลัก (4.65% และ 4.86% ตามลำดับ) มากที่สุด จึงเหมาะต่อการนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินด้านการเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Winsley, P., Biochar and bioenergy production for climate change mitigation. New Zealand Science Review. 64(2007) 5-10.

- [2] M. Ghorbani, H. Asadi and S. Abrishamkesh, Effects of rice husk biochar on selected soil properties and nitrate leaching in loamy sand and clay soil. International Soil and Water Conservation Research. 7(2019) 258-265.
- [3] B. Glaser, J. Lehmann and W. Zech, Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review. Biol. Fertile Soils. 35(2002) 219-230.
- [4] เกศศิริทธิ์ แสงมณี. ปรับปรุงดินด้วยถ่านชีวภาพ. แหล่งที่มา: <http://www.thaicityfarm.com/2018/10/24>, 11 เมษายน 2563
- [5] กุลธิดา สะอาด. ประสิทธิภาพการดูดซับฟิโอสโตนของถ่านชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอยล์ ย้อมสิ่งทอ. คณะพัฒนาสิ่งแวดล้อม, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2557.
- [6] อรสา สุกสว่าง. เทคโนโลยีถ่านชีวภาพ: วิธีแก้ปัญหาโลกร้อน ดิน และความยากจนในภาคเกษตรกรรม. การประชุมวิชาการ เรื่อง สภาวะโลกร้อน: ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. 2552.
- [7] กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 2553.
- [8] V.k. Phogat, V.S. Tomer and R. Dahiya, Soil physical properties. Indian Society of Soil Science. New Delhi. 2015.
- [9] รัตชล อ่างมณี กัญจน์นรี และอรรรณพ หอมจันทร์. สมบัติของไบโอชาร์ที่ผลิตจากเศษข้าวโพด และศักยภาพในการใช้เพื่อวัสดุปรับปรุงดิน. วารสารวิจัยและพัฒนาโดยองค์กรนิพนธ์บรมราชูปถัมภ์. 12(2560) 53-63.
- [10] M.I. Al-Wabel, A. Al-Omran, A.H. El-Naggar and M. Nadeem, Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus wastes. Bioresource Technology. 2013. 131: 374-379.
- [11] สุทธวรรณ วชิรธนุสร อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์ พัทธพงศ์ ภูมิพันธ์ และสมชาย ชคตระการ. ผลของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสภาพดินกรด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 28(2563) 343-355.
- [12] อัจจิมา ควรสงวน ภิรพร แซ่เล่า ธาณี ศรีวงศ์ชัย โกติเย่ แลนรอต และแสงดาว เขาแก้ว. ผลของวัสดุปุ๋ยและถ่านกลบไบโอชาร์ต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดินและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินกรดจัด: กรณีศึกษาชุดดินมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2559.
- [13] ยงยุทธ โอสถสภ อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2554.
- [14] J. Lehmann, Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and Environment. 5(2007) 381-387.
- [15] L. Wang, C.R. Butterly, Y. Wang, H.M.S.K Herath, T.X. Xi and X.J. Xiao, Effect of crop residue biochar on soil acidity amelioration in strongly acidic tea garden soils. Soil Use and Management. 30(2014) 119-128.
- [16] R. Chintala, J. Mollinedo, T.E. Schumacher, D.D. Malo and J.L. Julson, Effect of Biochar on chemical properties of acidic soil. Archives of Agronomy and Soil Science 60(2014) 393-404.
- [17] S. Meier, G. Curaqueo, N. Khan, N. Bolan, M. Cea, G.M. Eugenia, P. Cornejo, Y.S. Ok and F. Borie, Chicken-manure-derived biochar reduced bioavailability of copper in a contaminated soil. J. Soils Sediments 17(2017) 741-750.
- [17] เสาวคน เหมวงษ์. ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และกลบต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 16(2557) 69-75.

การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักผักและผลไม้ Vocational Curriculum Development of a Specialized Course in Vegetable and Fruit Carving

คมกริช ฉายศรี^{1*} อมรรัตน์ เจริญชัย¹ ทักษิณา เครือหงส์² และ จอมขวัญ สุวรรณรักษ์¹

¹คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

*Email: komkrit-c@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักผักและผลไม้ และ 2) เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์เชิงลึกและแบบประเมินวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติอ้างอิง ผลการวิจัยพบว่า ลวดลายที่นิยมนำมาสอนแกะสลักอยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ. 2562) ได้แก่ ลวดลายชุดผลไม้รับประทาน ลวดลายใบไม้ฉลุ ลวดลายใบไม้เข้ระร่อน ลวดลายดอกกุหลาบ (ไม่เปิดเกสร) ลวดลายดอกกรักร์ ลวดลายดอกบานชื่น และลวดลายดอกลิลาวดี สำหรับการจัดตกแต่งและสำหรับงานอาหาร ชนิดของผักและผลไม้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ แคนตาลูป แตงร้าน และแครอท ลวดลายที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ ลวดลายดอกกุหลาบ ระยะเวลาที่ใช้ในการแกะสลักผักและผลไม้ต่อ 1 ชิ้นงาน คือ 5 นาที โดยผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตร มีความสอดคล้องและเหมาะสมที่นำไปใช้ระดับมากที่สุด ที่ค่าคะแนน 0.82

คำสำคัญ: การพัฒนาหลักสูตร วิชาชีพเฉพาะทาง การแกะสลักผักและผลไม้

Abstract

This research aimed to 1) study the basic data for the development of specialized profession course on vegetable and fruit carving and 2) design and examine the quality of specialized profession course on vegetable and fruit carving. The samples were 3 key respondents. The instruments included an in-depth interview form and evaluation form. The data was analyzed by descriptive and inferential statistics. The findings revealed that the current patterns used for teaching carving (2019) included fruits for consumption, perforated leaves, grooved leaves, closed-carpel roses, dahlia, zinnia, and plumeria for decoration and food works. The most popular kinds of vegetables and fruits for carving were cantaloupes, long cucumbers, and carrots. The most popular pattern was rose. The duration for vegetable and fruit carving per 1 piece was 5 minutes. The results of course design and quality examination showed the highest IOC (0.82).

Keywords: Course development, specialized profession, vegetable and fruit carving

1. บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจที่มีการให้บริการอาหารไทยได้มีการนำงานแกะสลักผักและผลไม้ มาใช้ตกแต่งจานอาหาร ทำเป็นภาชนะใส่อาหารคาว-หวาน รวมทั้งนำไปจัดตกแต่งบนโต๊ะอาหารหรือสถานที่ จนกลายเป็นเอกลักษณ์ของอาหารไทย ทั้งร้านอาหาร ภัตตาคาร หรือห้องอาหารในโรงแรม ประกอบกับภาครัฐที่ส่งเสริมและสนับสนุนอาหารไทย ด้วยการกำหนดนโยบายต่างๆ เช่น นโยบายครัวไทยสู่ครัวโลก รวมทั้งนโยบายการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้อุตสาหกรรมอาหาร เพื่อต่อยอดและสร้างคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารของไทยให้แข็งแกร่งในเวทีโลก โดยพิจารณาถึงความต้องการของตลาดผู้บริโภคและแนวโน้มการใช้ชีวิตของคนรุ่นใหม่เป็นหลัก ซึ่งเป็นการจุดประกายแนวคิดในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์สินค้าทางการเกษตรแปรรูป ให้เกิดแก่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตร [1] ประกอบกับนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวของรัฐ ทำให้ชาวต่างประเทศเข้ามาท่องเที่ยว ธุรกิจด้านโรงแรมมีการขยายตัวมากขึ้น ส่งผลให้งานแกะสลักผักและผลไม้กลายเป็นสิ่งที่ต้องมีคู่กับอาหาร เพื่อให้เกิดความสวยงามและแสดงถึงเอกลักษณ์ของอาหารไทยที่แท้จริง เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่อาหารจานนั้น ซึ่งช่วยให้ผู้บริโภคมีความประทับใจ และซาบซึ้งถึงศิลปะและวัฒนธรรมของอาหารไทย ทำให้มีความต้องการช่างฝีมือแกะสลักผักและผลไม้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากงานแกะสลักผักและผลไม้เป็นงานที่ต้องอาศัยผู้ชำนาญ ต้องผ่านการฝึกฝนและปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์อยู่ตลอดเวลา [2] ทำให้มีบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านงานแกะสลักผักและผลไม้มีจำนวนน้อย [3] และรวมถึงผู้ที่สามารถนำไปประกอบอาชีพ หรือประยุกต์ใช้เข้าร่วมกับวิชาชีพในปัจจุบันของตนเองได้อีกน้อยลง จนไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดแรงงานด้านงานแกะสลักผักและผลไม้ [4] อีกทั้งหลักสูตรในสถาบันการศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน มีการเปิดการเรียนการสอนที่ค่อนข้างน้อยและไม่สม่ำเสมอ ไม่สอดคล้องกับความต้องการสำหรับบุคคลทั่วไป ส่งผลให้บุคคลทั่วไปไม่สามารถเข้ารับการศึกษาฝึกอบรม ด้านงานแกะสลักได้ตามช่วงเวลาที่ต้องการเพื่อนำไปเสริมสร้างทักษะอาชีพหรือประกอบอาชีพเสริม [5]

จากปัญหาดังกล่าว ประกอบกับผู้วิจัยซึ่งมีประสบการณ์ด้านการแกะสลักผัก ผลไม้ และวัสดุเนื้ออ่อนมานานกว่า 10 ปี และพบปัญหาเหล่านี้อยู่เรื่อยมาในระหว่างการทำงาน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ ด้วยการใช้นวัตกรรมมาช่วยในการพัฒนาช่างฝีมือแกะสลักสามารถเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วโดยใช้ระยะเวลาที่สั้นลง และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมตามความต้องการของตลาดแรงงาน เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนบุคลากรด้านการแกะสลักผักและผลไม้ รวมทั้งส่งเสริมให้ประชาชนมีอาชีพและมีศักยภาพ ก่อให้เกิดผลดีต่อการพัฒนาทักษะด้านการแกะสลักผักและผลไม้ให้มีคุณภาพเหมาะสมกับความต้องการของตลาดแรงงานทั้งในปัจจุบันและอนาคต

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้
- 2.2 เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การพัฒนาหลักสูตร

3.1.1 ความสำคัญของหลักสูตร

การจัดการศึกษาของชาติไม่ว่าระดับใดมุ่งเน้นพัฒนาคนในชาติให้มีคุณลักษณะ และศักยภาพที่เหมาะสมกับความต้องการของสังคมทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยมีหลักสูตรเป็นเสมือนพิมพ์เขียวในการจัดการศึกษาที่จะพัฒนาผู้เรียนไปสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการอันจะส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาประเทศ ดังนั้นหลักสูตรจึงมีความสำคัญต่อการจัดการศึกษาทุกระดับ ซึ่ง [6-8] ได้ให้ความหมายที่มีความสอดคล้องกันว่า หลักสูตรนั้นมีความสำคัญต่อการจัดการศึกษาอย่างยิ่ง เพราะหลักสูตรจะเป็นตัวกำหนดแนวทางในการจัดการรูปแบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ตรงต่อวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน โดยหลักสูตรจะเป็นสิ่งกำหนดแนวทางและลำดับขั้นตอน เพื่อเสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียน ตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ และบรรลุตามจุดมุ่งหมายของแผนการเรียนการสอน พร้อมทั้งพัฒนาผู้เรียนเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนในหลักสูตรนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปต่อยอดพัฒนานตนเอง สังคม และประเทศชาติได้ในอนาคต

3.1.2 กระบวนการพัฒนาหลักสูตร

ทาบาร์ [9] ได้เสนอ กระบวนการพัฒนาหลักสูตรที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียน ตามความคิดที่ว่า ผู้เรียนมีพื้นฐานที่ต่างกัน โดยกำหนดกระบวนการพัฒนาหลักสูตรไว้ 7 ขั้นตอน อภิรัตน์ [8] ได้เสนอ กระบวนการสร้างหลักสูตรประกอบด้วย 5 ขั้นตอน และภิญญาพร [10] ได้เสนอ กระบวนการพัฒนาหลักสูตรแบบ 4 ขั้นตอน ซึ่งจากขั้นตอน กระบวนการพัฒนาหลักสูตรที่ได้เสนอมานั้น มีขั้นตอนที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการนำเสนอของแต่ละบุคคล โดยขั้นตอนใน กระบวนการพัฒนาหลักสูตรควรคำนึงถึงความสะดวกและความเหมาะสมในการกำหนดขั้นตอน เพื่อให้สามารถกำหนด วิธีการในการแก้ของปัญหาที่พบ ระยะเวลาและสภาพแวดล้อมในสังคม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัย ใช้กระบวนการสร้าง หลักสูตรประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสำรวจความต้องการและความจำเป็นในการฝึกอบรม 2) การกำหนด วัตถุประสงค์ 3) การกำหนดเนื้อหาวิชา 4) การนำหลักสูตรไปใช้ 5) การประเมินผล จากผลการทบทวนวรรณกรรม

3.1.3 การประเมินหลักสูตร

ในการจัดทำหลักสูตรนั้นจะต้องจัดการประเมินผลการใช้หลักสูตรว่าได้ผลมากน้อยเพียงใด บรรลุ วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรหรือไม่ ผู้เรียนหรือผู้เข้าร่วมฝึกอบรมได้รับความรู้ ทักษะ เปลี่ยนแปลงหรือไม่ พร้อมทั้งนำ ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สร้างเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาหลักสูตร เพื่อให้หลักสูตรที่ได้มานั้นมีความสมบูรณ์มาก ยิ่งขึ้น ตอบสนองต่อความต้องการที่มีอยู่ และสามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพตรงกับจุดมุ่งหมายที่ได้วางไว้ พร้อมทั้งยังอยู่ในกรอบเกณฑ์และกรอบระยะเวลาที่กำหนด โดยต้องระบอบุคคลประกอบการประเมินให้ชัดเจน เพื่อความ สอดคล้องและเหมาะสม [11-13]

3.2 วิชาชีพด้านการแกะสลักผักและผลไม้

วิชาชีพเป็นความรู้ที่ได้จากการฝึกฝนเล่าเรียน การศึกษาเล่าเรียน หากไม่เรียนอาจปฏิบัติงานนั้นไม่ได้ เช่น วิชาช่าง เช่น ช่างไม้ ช่างแกะสลัก วิชาพวกนี้ต้องเรียนรู้จากผู้สอน คือ ครู เมื่อเรียนรู้แล้วยังต้องฝึกฝนเล่าเรียน เพื่อให้เป็น อาชีพ ซึ่ง ทั้งอาชีพและวิชาชีพ คือ การเลี้ยงชีวิต การทำมาหากิน งานที่ทำเป็นประจำเพื่อเลี้ยงชีวิต ดังนั้นวิชาชีพด้านการแกะสลักผัก และผลไม้ จึงหมายถึงการใช้มีดเล็กๆ หรือเครื่องมือขนาดเล็กคล้ายลิวี่ที่ทำด้วยเหล็ก เพื่อ กรีด จัก เชือน เชาะ แซะ สกัด สลัก เนื้อของผักหรือผลไม้ให้หลุดออกมาและเกิดลวดลายที่สวยงาม หรือเกิดลวดลายตามที่ต้องการ สามารถทำเป็นอาชีพได้

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พวงพรรณ [14] ทำการศึกษา เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมนักพัฒนาหลักสูตรการศึกษานอกระบบด้วยรูปแบบการ ฝึกอบรมแบบผสมผสาน พบว่า ผลการพัฒนาและประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรความเห็นจาก ผู้เชี่ยวชาญ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และผลการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม พบว่า การประเมินสภาพแวดล้อมเป็นการ ประเมินความเหมาะสมของหัวข้อหลักสูตรฝึกอบรมกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก การประเมินปัจจัยเบื้องต้น เป็นการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องต่างๆ พบว่า มีความสอดคล้องกันทุกด้าน และการ ประเมินกระบวนการ เป็นการประเมินประสิทธิภาพการฝึกอบรม พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ภาคทฤษฎี ร้อยละ 81.57/84.32 และ ภาคปฏิบัติ ร้อยละ 80.30 และหลักสูตรฝึกอบรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และการประเมินผลผลิต เป็นการติดตาม ผลหลังการฝึกอบรม พบว่า ผลการประเมินการเขียนหลักสูตรใหม่ จำนวนทั้งสิ้น 3 หลักสูตร พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 89.33

ภิญญาพร [10] ทำการศึกษา เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรอบรมวิชาชีพพระยาสันด้านคหกรรมศาสตร์ของสมาชิกชมรม ผู้สูงอายุบ้านโพธิ์แจ้ ตำบลบางน้ำจืด อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการฝึกอบรมวิชาชีพ พระยาสันด้านคหกรรมศาสตร์ พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมวิชาชีพพระยาสันด้านคหกรรมศาสตร์ตามความต้องการ และศึกษาความ พึงพอใจที่มีต่อหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น ผลการศึกษา พบว่า หลักสูตรที่ต้องการเข้ารับการฝึกอบรมมากที่สุด คือ หลักสูตรหมี กรอบสมุนไพร หลักสูตรสาธิตไล่เห็ดหอม และหลักสูตรไข่เค็มสมุนไพร ตามลำดับ หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นใช้แนวคิดของทาบาร์ ใช้ ระยะเวลาในการอบรม 6 ชั่วโมง ผลของการใช้หลักสูตร พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีทักษะการปฏิบัติงาน และมีผลงานอยู่ใน เกณฑ์ดี และพบว่า มีความพึงพอใจต่อหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมาก

วีโล [7] ทำการศึกษา เรื่อง การพัฒนารูปแบบของการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมวิชาชีพพระยาสันด้านคหกรรมศาสตร์กลุ่ม อาชีพศิลปะประดิษฐ์ ตำบลเกาะเกร็ด จังหวัดนนทบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการฝึกอบรมวิชาชีพหลักสูตรพระยาสัน

สัณฐานคหกรรมศาสตร์ สร้างหลักสูตรอบรมวิชาชีพพระยาสัณฐานคหกรรมศาสตร์ตามความต้องการ และศึกษาผลของการฝึกอบรมวิชาชีพหลักสูตรระยะสั้นด้านคหกรรมศาสตร์ที่สร้างขึ้น ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มอาชีพศิลปะประดิษฐ์มีความสนใจในหลักสูตร วิชาการประดิษฐ์ของชำร่วย จากนั้นจึงทำการสร้างหลักสูตรการประดิษฐ์ของชำร่วย ในรูปแบบตุ๊กตานกฮูก โดยใช้แนวคิดของทาบาร์ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการฝึกอบรม 6 ชั่วโมง ผลของการใช้หลักสูตร พบว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีผลการปฏิบัติงานในเกณฑ์ดี (ร้อยละ 83.33) คะแนนด้านผลงานอยู่ในเกณฑ์ดี (ร้อยละ 90.00) และผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (4.58)

เมธีณัฐ [15] ทำการศึกษา เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพพระยาสัณฐาน เรื่อง การจัดดอกไม้เพื่อการประกอบอาชีพ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมวิชาชีพพระยาสัณฐาน เรื่อง การจัดดอกไม้เพื่อการประกอบอาชีพ และศึกษาผลการใช้หลักสูตรในด้านความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดดอกไม้ ความสามารถในการจัดดอกไม้ และความคิดเห็นของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อหลักสูตร ผลการวิจัย พบว่า ชั้นที่ 1 การสร้างหลักสูตร ทั้ง 7 หัวข้อมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมีความสอดคล้องของหลักสูตรอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ซึ่งถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ชั้นที่ 2 การใช้หลักสูตรผลการประเมินคะแนนรวมของการทำแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเรื่อง การจัดดอกไม้เพื่อการประกอบอาชีพ และความสามารถในการจัดดอกไม้เพื่อการประกอบอาชีพ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีความคิดเห็นต่อหลักสูตรโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้

4.1.1 การวิจัยเอกสาร (Documentary Research)

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารในรูปแบบต่างๆ ที่มีนักวิชาการหรือบุคคลอื่นทั่วไปได้จัดบันทึกตีพิมพ์เผยแพร่สู่สาธารณะจัดเป็นข้อมูลแบบทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่มีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดทฤษฎีการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

4.1.1.1 การรวบรวมเอกสาร สืบค้นสิ่งพิมพ์ในรูปแบบต่างๆ อาทิ หนังสือ บทความวิชาการ บทความวิจัย งานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง และหลักสูตรด้านการสอนแกะสลักผักและผลไม้ของสถาบันการศึกษาทั้งของรัฐและเอกชน

4.1.1.2 คัดเลือกเอกสาร ผู้วิจัยได้คัดเลือกเอกสารแต่ละชนิดเพื่อพิจารณาข้อความของข้อมูลโดยอ้างอิงจากผู้เขียน หรือหน่วยงานที่สร้างเอกสารว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ ช่วงเวลาที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลในบริบทอื่นๆ ในช่วงเวลานั้นหรือไม่ พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารโดยการเปรียบเทียบกับเอกสารอื่นๆ ที่มีข้อมูลประเภทเดียวกัน เป็นการยืนยันความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือของเอกสาร และคัดเลือกเอกสารเหล่านี้มาเป็นตัวแทนของเอกสารที่มีข้อมูลแม่นยำสามารถนำมาใช้แทนเอกสารประเภทเดียวกันได้

4.1.1.3 สังเคราะห์เอกสาร เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด ทฤษฎี ข้อเสนอแนะ ด้วยการตีความและวิเคราะห์เพื่อใช้ในการอธิบายเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ว่ามีสภาพความเป็นอยู่อย่างไรในอดีตที่ผ่านมา และปัจจุบันเป็นอย่างไร หลังจากที่ได้เอกสารที่อยู่ภายในขอบเขตของงานวิจัยแล้ว นำมาศึกษาเป้าหมาย สมมติฐานของเอกสาร คัดคุณภาพของเนื้อหา และวิเคราะห์ถึงความเชื่อมโยงต่างๆ เกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักผักและผลไม้

4.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

โดยผู้วิจัยได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญในการให้ข้อมูลสำหรับนำมาใช้ในกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ ด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก ดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ประชากร ได้แก่ ผู้ประกอบการธุรกิจอาหาร

4.1.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยเทคนิคแบบเฉพาะเจาะจง

ประกอบด้วย

1) โรงแรมระดับห้าดาว ได้แก่ โรงแรมเพนนินซูลา กรุงเทพฯ เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มโรงแรมเพนนินซูลา ซึ่งตั้งอยู่ในฮ่องกง เจ้าของคือ บริษัท โรงแรมฮ่องกงและเซี่ยงไฮ้ จำกัด ได้รับรางวัลโรงแรมอันดับหนึ่งของโลก และอันดับหนึ่งของเอเชีย และโรงแรมที่ดีที่สุดในกรุงเทพฯ จำนวน 1 ท่าน

2) ร้านอาหารไทย ได้แก่ ร้านอาหารเสน่ห์จันทร์ ซึ่งเป็นร้านอาหารไทยต้นตำรับ คุณค่าความเป็นอาหารไทยรสแท้ คัดสรรวัตถุดิบอย่างดีมาปรุงอย่างพิถีพิถันในทุกกระบวนการ การทำอาหารโดยยังคงต้นตำรับความเป็นไทยดั้งเดิม อีกทั้งเป็นร้านอาหารไทยที่มีชื่อเสียง ที่มีการยอมรับทั้งคนไทยและคนต่างประเทศ จำนวน 1 ท่าน

3) สถาบันสอนอาหารด้านอาหารไทย ได้แก่ โรงเรียนการอาหารไทย เอ็ม เอส ซี จัดตั้งขึ้นโดยความร่วมมือของ บริษัท ไมเนอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (มหาชน) บริษัท เอส แอนด์ พี ซินดิเคท จำกัด (มหาชน) ด้วยประสบการณ์ในการทำธุรกิจด้านอาหาร ของทั้งสองบริษัททั้งใน และต่างประเทศที่เป็นที่รู้จักเป็นอย่างดี และความเป็นมืออาชีพที่เต็มไปด้วยประสบการณ์ ด้านอาหารซึ่งนำทีมโดย เชฟชุมพล แจ้งไพร ที่มีตำแหน่งเชฟกระทะเหล็กอาหารไทยเป็นเครื่องการันตีทำให้เกิดแนวคิดร่วมกันในการผลักดันธุรกิจอาหารไทยให้มีมาตรฐานสามารถแข่งขันได้ในระดับสากล รวมถึงการสนับสนุนอาหารไทยให้ก้าวไปสู่การเป็นครัวโลก เพื่อตอบสนองนโยบายครัวไทยสู่ครัวโลกของภาครัฐ โรงเรียนสอนประกอบอาหารไทยที่ดีที่สุดเนื่องจากหลักสูตรที่ขอการรับรองที่ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับทั้งใน และต่างประเทศ รวมถึงการเชิญคณาจารย์ ที่ประกอบไปด้วยผู้ทรงคุณวุฒิด้านอาหารที่เป็นที่รู้จักดีในวงการที่พร้อมจะถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์อย่างเต็มที่ เพื่อผลิตเชฟอาหารไทยที่มีคุณภาพมาตรฐานเป็นที่ยอมรับในระดับสากล จำนวน 1 ท่าน

4.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับเครื่องมือที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ คือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) โดยการใช้กระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) ด้วยการสัมภาษณ์เจาะลึกนั้น [16] ได้กำหนดให้มีกระบวนการวิจัย (methodology) โดยการใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีลักษณะเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยมีการออกแบบโครงสร้างของข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้ในการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง กล่าวคือ มีการร่างข้อคำถามที่มีลักษณะปลายเปิดที่มีค่าสำคัญ พร้อมกับลักษณะของข้อคำถามที่มีความยืดหยุ่นและพร้อมที่จะมีการปรับเปลี่ยนถ้อยคำของข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับผู้มีส่วนร่วม ในการวิจัย หรือผู้ให้สัมภาษณ์แต่ละคนในแต่ละสถานการณ์ที่มีเหตุการณ์ หรือมีสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิ และบุคคลมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ ตอบข้อคำถามทำให้ได้มา ซึ่งข้อมูลที่มีความหลากหลายในมิติต่างๆ

4.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลในระดับทุติยภูมิ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการสอนแกะสลักผักและผลไม้จากทางสถาบันการศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จากเอกสารทางวิชาการ รายงานการศึกษาวิจัย และผลงานวิจัยประเภทต่างๆ

4.1.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลในระดับปฐมภูมิ (Primary data) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ให้ข้อมูลหลัก

4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับกระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก นั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล โดยดำเนินการร่วมกับกระบวนการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร โดยกระบวนการและวิธีการวิเคราะห์ได้ดำเนินการกระบวนการตามแนวทางการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาประเด็นหลัก (major themes) พบในข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ทั้งหมด จากนั้นจึงนำประเด็นหลักมาพิจารณาแบ่งแยกออกเป็นประเด็นย่อย (sub-themes) และหัวข้อย่อย (categories) โดยการเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ภาพรวมไปสู่การวิเคราะห์ประเด็นย่อย นอกจากนี้ในระหว่างดำเนินการกระบวนการสัมภาษณ์เชิงลึกนั้น ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการกระบวนการสะท้อน (reflecting) ควบคู่ไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดำเนินการกระบวนการสะท้อนในแต่ละช่วงหรือในแต่ละขั้นตอนควบคู่ไปกับการดำเนินการกระบวนการวิจัย เพื่อเสริมสร้างให้กระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพมีความแกร่ง และแม่นยำ (rigor) และมีความเข้มข้น (intensive process) มากยิ่งขึ้น โดยการพรรณนาข้อมูลปรากฏการณ์ร่วมด้วยเพื่อแสวงหาหรือให้

ได้มา ซึ่งข้อค้นพบจากกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพที่เป็นแนวทางประการสำคัญที่จะสามารถนำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ต่อไป

4.2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้

4.2.1 การสร้างหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักผักและผลไม้

นำข้อมูลที่สังเคราะห์จากขั้นตอนที่ 1 มาร่างหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ การสำรวจความต้องการและความจำเป็นในการฝึกอบรม การกำหนดวัตถุประสงค์ การกำหนดเนื้อหาวิชา การนำหลักสูตรไปใช้ และการประเมินผล

4.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของร่างหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้

การประเมินความสอดคล้องและเหมาะสมของหลักสูตร ในการตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรผู้วิจัยได้นำเสนอเอกสารหลักสูตรต่อผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ทางด้านหลักสูตรและการแกะสลักผักและผลไม้ จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของหลักสูตร จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องและเหมาะสมของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{สูตร } IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งมีการให้คะแนนเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ท [17] ตามเกณฑ์ ดังนี้

+1	เมื่อแน่ใจว่า หลักสูตรมีความสอดคล้องและมีความเหมาะสม
0	เมื่อไม่แน่ใจว่า หลักสูตรมีความสอดคล้องและมีความเหมาะสม
-1	เมื่อแน่ใจว่า หลักสูตรไม่มีความสอดคล้องและไม่มีความเหมาะสม

โดยการแปลความซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์จากงานวิจัย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 0.00-0.49	ความสอดคล้องและความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ น้อย
ค่าเฉลี่ย 0.50-0.69	ความสอดคล้องและความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ ยอมรับ
ค่าเฉลี่ย 0.70-0.79	ความสอดคล้องและความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ มาก
ค่าเฉลี่ย 0.80-1.00	ความสอดคล้องและความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ มากที่สุด

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิจัยข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้

5.1.1 จากการศึกษาตลาดลายพื้นฐานในหลักสูตรการแกะสลักผักและผลไม้ที่มีการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน จากสถาบันการศึกษา จำนวน 3 สถาบัน ได้แก่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา และสถาบัน VOICE HOBBY CLUB (THAILAND) ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า ตลาดลายพื้นฐานการแกะสลักผักและผลไม้ที่มีการสอนอยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ.2562) ที่มีความถี่มากที่สุด ได้แก่ ตลาดลายชุดผลไม้รับประทาน ตลาดลายใบไม้ฉลุ ตลาดลายใบไม้เข้ระร่อน ตลาดลายดอกกุหลาบ(ไม่เปิดเกสร) ตลาดลายดอกกรักรั้ว ตลาดลายดอกบานชื่น ตลาดลายดอกลีลาวดี และชุดผักเครื่องจิ้ม

ตารางที่ 1 ลวดลายพื้นฐานการแกะสลักผักและผลไม้

ลวดลายพื้นฐาน	มทร. พระนคร	วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา	Voice Hobby Club (THAILAND)	ความถี่
ชุดผลไม้รับประทาน	✓	✓	✓	3
ใบไม้ฉลุ	✓	✓	✓	3
ใบไม้เซาะร่อง	✓	✓	✓	3
ดอกกุหลาบ (ไม่เปิดเกสร)	✓	✓	✓	3
ดอกกรักรเ	✓	✓	✓	3
ดอกบานชื่น	✓	✓	✓	3
ดอกลีลาวดี	✓	✓	✓	3
ชุดผักเครื่องจิ้ม	✓	✓	✓	3

จากตารางที่ 1 พบว่า ลวดลายพื้นฐานการแกะสลักผักและผลไม้ที่มีการสอนอยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ.2562) ที่มีความถี่มากที่สุด ได้แก่ ลวดลายชุดผลไม้รับประทาน ลวดลายใบไม้ฉลุ ลวดลายใบไม้เซาะร่อง ลวดลายดอกกุหลาบ (ไม่เปิดเกสร) ลวดลายดอกกรักรเ ลวดลายดอกบานชื่น ลวดลายดอกลีลาวดี และชุดผักเครื่องจิ้ม

5.1.2 ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลหลัก ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ สำหรับการจัดตกแต่งและงานอาหาร แสดงดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 ชนิดของผักและผลไม้ที่นิยมใช้แกะสลัก

ชนิดของผักและผลไม้	โรงแรมเพนนินซูลา กรุงเทพฯ	ร้านอาหารเซนต์จันทน์	โรงเรียนการอาหารไทย เอ็ม เอส ซี	ความถี่
สำหรับการจัดตกแต่ง				
แคนตาลูป	✓	✓	✓	3
แตงโม	✓	✓	-	2
มะละกอห่าม (สีส้ม)	✓	✓	-	2
สำหรับงานอาหาร				
แตงร้าน	-	✓	✓	2
แครอท	-	✓	✓	2
แคนตาลูป	✓	-	✓	2

ตารางที่ 3 ลวดลายที่นิยมใช้แกะสลักผักและผลไม้

ลวดลายที่ใช้แกะสลัก	โรงแรมเพนนินซูลา กรุงเทพฯ	ร้านอาหารเซนต์จันทน์	โรงเรียนการอาหารไทย เอ็ม เอส ซี	ความถี่
สำหรับงานจัดตกแต่ง				
ดอกกุหลาบ	✓	✓	✓	3
สำหรับงานอาหาร				
ดอกกุหลาบ	✓	✓	✓	3
ใบไม้พื้นฐาน	✓	-	✓	2

ตารางที่ 4 ระยะเวลาที่ใช้ในการแกะสลักผักและผลไม้ต่อ 1 ชิ้นงาน

ระยะเวลา(นาทิต่อ 1 ชิ้นงาน)	โรงแรมเพนนินซูลา กรุงเทพฯ	ร้านอาหารเสน่ห์จันทร์	โรงเรียนการอาหารไทย เอ็ม เอส ซี	ความถี่
สำหรับงานจัดตกแต่ง				
3	✓	-	✓	2
5	✓	✓	✓	3
30	✓	-	✓	2
สำหรับงานอาหาร				
3	-	✓	✓	2
5	✓	✓	✓	3

จากตารางที่.2 พบว่า ชนิดของผักและผลไม้ที่นิยมใช้แกะสลักในปัจจุบันสำหรับการจัดตกแต่ง ที่มีควมถี่มากที่สุด ได้แก่ แคนตาลูป และรองลงมา ได้แก่ แตงโม และมะละกอห่าม ส่วนงานอาหาร ได้แก่ แตงร้าน แครอท และแคนตาลูป

จากตารางที่ 3 พบว่า ลวดลายที่นิยมใช้แกะสลักผักและผลไม้ในปัจจุบันสำหรับการจัดตกแต่งและสำหรับงานอาหารมากที่สุด ได้แก่ ลวดลายดอกกุหลาบ

จากตารางที่ 4 พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการแกะสลักผักและผลไม้สำหรับงานจัดตกแต่ง ต่อ 1 ชิ้นงาน ที่มากที่สุด ได้แก่ ระยะเวลา 5 นาที และรองลงมา ได้แก่ ระยะเวลา 3 นาที และ 30 นาที และระยะเวลาที่ใช้ในการแกะสลักผักและผลไม้สำหรับงานอาหารต่อ 1 ชิ้นงาน ที่มีมากที่สุด ได้แก่ ระยะเวลา 5 นาที รองลงมา ได้แก่ 3 นาที

5.2 ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้

3.1.2.1 การสร้างหลักสูตร ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และจัดทำเป็นหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ โดยใช้กระบวนการสร้างหลักสูตรประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสำรวจความต้องการและความจำเป็นในการฝึกอบรม 2) การกำหนดวัตถุประสงค์ 3) การกำหนดเนื้อหาวิชา 4) การนำหลักสูตรไปใช้ 5) การประเมินผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ความจำเป็นในการฝึกอบรม การฝึกอบรมหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักผักและผลไม้ นับเป็นการขยายโอกาสทางการศึกษา ซึ่งเป็นการเพิ่มพูนความรู้และทักษะในด้านการแกะสลักผักและผลไม้พื้นฐานเพื่อต่อยอดความรู้และเสริมทักษะที่มีอยู่ โดยผู้เข้าอบรมสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ สามารถนำไปสร้างอาชีพและประยุกต์ใช้ร่วมกับในงานอาชีพเพื่อสร้างรายได้เสริมให้กับตนเอง รวมทั้งนำไปพัฒนาตนเองและผู้อื่นได้อีกด้วย หลักสูตรที่จัดทำขึ้นมาในรูปแบบการฝึกอบรมวิชาชีพ สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจโดยเกิดจากความต้องการและการใช้งานในปัจจุบันอย่างแท้จริง

2) การกำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรม 2.1) รู้วิธีการหั่น ปอก คว้าน ปาด เกลา เซาะ ร่อง และการแบ่งกลีบ 2.2) รู้วิธีการแกะสลักผักและผลไม้เพื่อนำไปจัดตกแต่งอาหาร 2.3) เข้าใจวิธีการแกะสลักผักและผลไม้ 2.4) เห็นคุณค่าของงานแกะสลักผักและผลไม้ รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและประยุกต์ใช้ร่วมกับงานอาชีพของตนเองได้

3) การกำหนดเนื้อหาวิชา เนื้อหาของหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ ประกอบด้วย 3.1) การแกะสลักดอกไม้พื้นฐานและใบไม้พื้นฐาน 3.2) การแกะสลักชุดผลไม้สำหรับรับประทาน 3.3) การแกะสลักชุดผักเครื่องจิ้ม 3.4) การแกะสลักดอกไม้ลาวาและการแกะสลักภาชนะ และ 3.5) การแกะสลักลวดลายดอกบานชื่นและดอกกุหลาบเครือเลา

4) การนำหลักสูตรไปใช้ คัดเลือกประสบการณ์การเรียนรู้และจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียด ได้แก่ วิทยากร ฝึกอบรมของหลักสูตรจะต้องเป็นผู้มีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับการแกะสลักผักและผลไม้ รวมทั้งกิจกรรมในการจัดฝึกอบรม โดยการจัดเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก โดยใช้เทคนิคการฝึกอบรม ได้แก่ การบรรยาย การสาธิต และการฝึกปฏิบัติ

5) การประเมินผล โดยประเมินจากทักษะการปฏิบัติงานและชิ้นงาน แบ่งองค์ประกอบการประเมินเป็น 5 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพของผลงาน 2) ด้านกระบวนการทำงาน 3) ด้านเวลา 4) ด้านความสะอาด และ 5) ด้านการดูแลรักษาผลงานและวัตถุดิบ โดยมีเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubric) แบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือกแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ [18]

จากผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ต่อร่างหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ ซึ่งได้ทำการประเมินค่าความสอดคล้องและเหมาะสมของร่างหลักสูตรก่อนนำไปใช้ พบว่า ผลการประเมินค่าความสอดคล้องและเหมาะสมของร่างหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ มีค่าคะแนนค่าความสอดคล้องและเหมาะสม 0.82 จึงสรุปได้ว่า มีความสอดคล้องและเหมาะสมในระดับมากที่สุดสำหรับนำไปใช้สอน โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะว่า ในส่วนของเนื้อหาหลักสูตรที่เป็นวิชาการควรจะลดเนื้อหาลงเพื่อให้ง่ายต่อการเรียนรู้ เพราะหลักสูตรนี้มีจุดประสงค์สำหรับในการฝึกฝนวิชาชีพโดยตรงเพื่อนำไปประกอบอาชีพจึงควรมีเนื้อหาที่กระชับตรงตามวัตถุประสงค์ นำไปประยุกต์ใช้สอนหรืออบรมบุคคลทั่วไปได้ง่าย และสามารถนำไปศึกษาและพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

6. สรุปผลการวิจัย

6.1 ผลการวิจัยข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้

6.1.1 ข้อมูลหลักสูตรการสอนแกะสลักผักและผลไม้พื้นฐาน พบว่า ลวดลายพื้นฐานการแกะสลักผักและผลไม้ที่มีการสอนอยู่ในปัจจุบัน ที่มีความถี่มากที่สุด ได้แก่ ลวดลายชุดผลไม้รับประทาน ลวดลายใบไม้ฉลุ ลวดลายใบไม้เข้ระ ร่อง ลวดลายดอกกุหลาบ (ไม่เปิดเกสร) ลวดลายดอกกรักรัเร ลวดลายดอกบานชื่น และลวดลายดอกลีลาวดี

6.1.2 ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลหลัก

6.1.2.1 สำหรับการจัดตกแต่ง พบว่า ชนิดของผักและผลไม้ที่นิยมใช้แกะสลักสำหรับการจัดตกแต่งมากที่สุด ได้แก่ แคนตาลูป โดยลวดลาย ได้แก่ ลวดลายดอกกุหลาบ และระยะเวลาที่ใช้ต่อ 1 ชิ้นงาน ได้แก่ ระยะเวลา 5 นาที

6.1.2.2 สำหรับงานอาหาร พบว่า ชนิดของผักและผลไม้ที่นิยมใช้แกะสลักสำหรับงานอาหารมากที่สุด ได้แก่ แต่งร้าน แครอท และแคนตาลูป โดยลวดลายที่นิยม ได้แก่ ลวดลายดอกกุหลาบ และระยะเวลาที่ใช้ต่อ 1 ชิ้นงาน ได้แก่ ระยะเวลา 5 นาที

6.2 ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักผักและผลไม้

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้นำวิเคราะห์ และจัดทำเป็นร่างหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ โดยใช้กระบวนการสร้างหลักสูตรประกอบด้วย 5 ขั้นตอน จากนั้นนำไปประเมินสอดคล้องและความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ก่อนนำไปใช้จริง ผลการประเมิน พบว่า หลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการนำไปใช้ มีค่า IOC ที่ระดับ 0.82

7. อภิปรายผลการวิจัย

7.1 ลวดลายที่นิยมสอนแกะสลักผักและผลไม้พื้นฐานจากหลักสูตรที่มีการสอนในปัจจุบัน (พ.ศ.2562) ได้แก่ ลวดลายชุดผลไม้รับประทาน ลวดลายใบไม้ฉลุ ลวดลายใบไม้เข้ระ ร่อง ลวดลายดอกกุหลาบ(ไม่เปิดเกสร) ลวดลายดอกกรักรัเร ลวดลายดอกบานชื่น และลวดลายดอกลีลาวดี ซึ่ง ญัฐชา [19] ได้กล่าวว่า ลายรวงข้าว ลายดอกกรักรัเร หรือดอกบานชื่น เป็นลวดลายแกะสลักที่ยังนิยมในปัจจุบัน ซึ่งลวดลายเหล่านี้ยังบอกถึงความเป็นไทย สะท้อนถึงภูมิหลัง และเรื่องราวทางความเชื่อและวัฒนธรรมอันแสดงถึงความเป็นอัตลักษณ์ประจำของชาติไทย และแต่งเติมความสวยงามแก่มื้ออาหารให้มีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป รวมถึงช่วยเพิ่มคุณค่าและมูลค่าให้กับอาหาร นอกจากนี้ สิทธิชัย [20] ได้ศึกษา องค์ความรู้ ศิลปินแห่งชาติ : นางเพ็ญพรรณ สิทธิไตรย์ พบว่า ลายรวงข้าว ลายดอกกรักรัเร (ดอกบานชื่น) ลายกุหลาบ รวมถึงรูปแบบการแกะสลักใบแบบต่างๆ นั้น ซึ่งเป็นลายต้นแบบที่สามารถนำขึ้นตอนและลายแกะสลักไปประยุกต์และต่อยอดองค์ความรู้ในการแกะสลักผักผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้ โดยเฉพาะองค์ความรู้ด้านการสร้างสรรค์ ที่สามารถนำไปเป็นนวัตกรรมที่ประดิษฐ์ขึ้นใหม่ และการคิดประยุกต์ต่อยอดรูปทรงและลวดลายงานดั้งเดิมให้ดีขึ้น และสอดคล้อง สุขชัย [21] กล่าว การใช้ลายกุหลาบและบานชื่นซึ่งเป็นการต่อยอดลายพื้นฐาน เมื่อนำลวดลายมาผสมกันถือว่าเป็นการสร้างสรรคลวดลายที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

ทำให้มีความสวยงาม อ่อนช้อย ประณีต ซึ่งถือว่าการแกะสลักชิ้นสูงที่ทำให้เกิดลวดลายที่มีความสมัย ถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการสร้างความเป็นเลิศในการแกะสลักผักและผลไม้เช่นกัน

7.2 ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก พบว่า สำหรับการจัดตกแต่งและสำหรับงานอาหาร นั้น ชนิดของผักและผลไม้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ แคนตาลูป ลวดลายที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ ลวดลายดอกกุหลาบ ระยะเวลาที่ใช้ในการแกะสลักผักและผลไม้ต่อ 1 ชิ้นงาน คือ 5 นาที และสำหรับงานอาหาร พบว่า ชนิดของผักและผลไม้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ แตงร้าน แครอท และแคนตาลูป ลวดลายที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ ลวดลายดอกกุหลาบ ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการแกะสลักผักและผลไม้ต่อ 1 ชิ้นงาน คือ 5 นาที ซึ่ง จิราภพ [22] ได้กล่าวไว้ว่า แคนตาลูปนั้นเป็นผลไม้ที่หาได้ง่าย มีทุกฤดูกาลมีหลากหลายขนาด สามารถเก็บไว้ได้นาน ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวของยาง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งอาหารคาวและหวาน ซึ่งต่างจากฟักทองหรือน้ำเต้าที่ขนาดผลตามที่ต้องการนั้นหาได้ยาก มีกลิ่นยางผักที่แรง และมีแค่บางฤดูกาล สอดคล้องกับ ธีราพร [23] กล่าวว่า แคนตาลูปเป็นที่นิยมในตลาดสูงกว่า เพราะมีรสหวาน กรอบ และเก็บรักษาได้นานกว่า และ จุฑานันท์ [24] ได้กล่าวไว้ว่า การแกะสลักส่วนที่ต้องการเห็นโครงสร้างชัดเจนมักจะเป็นลวดลายของดอกไม้ต่างๆ โดยจะเริ่มจากดอกกรักเร่ ดอกบานชื่น จากนั้นเป็นดอกกุหลาบ และถ้าได้เทคนิคที่ดี ดอกกุหลาบจะเป็นดอกไม้ที่แกะสลักได้เร็วที่สุด เพราะเป็นดอกไม้ที่มีกลีบใหญ่และจำนวนกลีบน้อยกว่าดอกไม้ชนิดอื่น

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ควรมีการศึกษา เรื่องการสร้างสื่อการอบรมในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น ลักษณะของบทเรียนสำเร็จรูป การเรียนทางไกล การเรียนจากสื่อออนไลน์ เป็นต้น เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตลอดชีวิต สามารถเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา

8.2 ควรศึกษา เรื่องการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่องการแกะสลักวัสดุเนื้ออ่อน (สบู) เพื่อให้การวิจัยความครอบคลุมทุกด้านสำหรับงานอาชีพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะประโยชน์ต่อการประกอบอาชีพและการเสริมสร้างรายได้เสริมอีกทางหนึ่ง

9. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพเฉพาะทาง เรื่อง การแกะสลักผักและผลไม้ สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ เจริญชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณา เครือหงส์ ประธานในการสอบวิจัย ที่ให้คำแนะนำด้านสถิติ รองศาสตราจารย์จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ พิรพัชระ อาจารย์ศักรินทร์ หงส์รัตนารกิจ อาจารย์บุรินทร์ภัทร ชูวงศ์ อาจารย์สุกัญญา จันทกุล อาจารย์จรรยา อิศราสุชีพ เชฟสุรศักดิ์ คงสวัสดิ์ เชฟจิราภพ โพธิสุข เชฟจักกชัย จันสีนาค และเชฟปณณวิญญู หมายมณฑุ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และผู้ให้ข้อมูลหลัก ความสำเร็จ คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่พระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณที่อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และปลูกฝังคุณธรรมความดี ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณด้วยความรักและความเคารพอย่างสูง

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. นโยบายการเพิ่มศักยภาพเศรษฐกิจของประเทศ. กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, กรุงเทพฯ. 2558.
- [2] จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ และนิธียา รัตนพานนท์. “การปรับปรุงคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้แกะสลัก.” วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 8, 2 (2556) : 92-106
- [3] ดวงแก้ว เจริญ. (2559). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ในการเรียนวิชาที่เน้นการปฏิบัติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ดุษฎีนิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี.
- [4] คัมภีร์ พิศาร. (2561). “ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมหลักสูตรวิชาชีพวิชาแกะสลักผักและใบตองดอกไม้: กรณีศึกษาศูนย์ฝึกอาชีพ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

- [5] นิตติญา โกษา. เจ้าของบริษัท Exquisite Fruit Garden . สัมภาษณ์, 25 กันยายน 2562.
- [6] ขวสิทธิ์ ชูกำแพง. การพัฒนาหลักสูตร. ที่ควีฟจำกัด, มหาสารคาม. 2551.
- [7] วิไล สุทธิจิตรทิวา. (2557). “การพัฒนารูปแบบของการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมวิชาชีพพระยะสันด้านคหกรรมศาสตร์ กลุ่มอาชีพสหกรณ์ศิลปะประดิษฐ์ ตำบลปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [8] อภิรติ โสฬส และคณะ. (2558). “หลักสูตรการฝึกอบรมอาชีพเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้สูงอายุสำหรับชมรมผู้สูงอายุ ตำบลอุทัย อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [9] Hilda Taba. *Curriculum Development: Theory and Practice*. New York, NY: Harcourt, Brace & World. 454. 1962
- [10] ภิญญาพร เตชะวริทยาภรณ์. (2558). “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมวิชาชีพพระยะสันด้านคหกรรมศาสตร์ของสมาชิก ชมรมผู้สูงอายุบ้านโพธิ์แจ้ง ตำบลบางน้ำจืด อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสาคร.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [11] พัฒนา สุขประเสริฐ. กลยุทธ์ในการฝึกอบรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2541
- [12] สมชาติ กิจยรรยง และ อรรถชัย ณ ตะกั่วทุ่ง. เทคนิคการจัดการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรอย่างมีประสิทธิภาพ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ. 2550.
- [13] ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. การพัฒนาหลักสูตร : หลักการและแนวปฏิบัติ. อลิ้นเพลส, กรุงเทพฯ. 2549.
- [14] พวงพรรณ ชันติธรรมการ. (2558). “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมนักพัฒนาหลักสูตรการศึกษานอกระบบด้วยรูปแบบ การฝึกอบรมแบบผสมผสาน.” ภาควิชาบริหารเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.
- [15] เมธีณัฐ รัตนกุล. (2553). “การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมวิชาชีพพระยะสัน เรื่อง การจัดดอกไม้เพื่อการประกอบอาชีพ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- [16] ชาย โพธิ์สิตา. ศาสตร์และศิลป์การวิจัยเชิงคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2562.
- [17] บุญชม ศรีสะอาด. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 5. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ. 2556.
- [18] สุภาพ ฉัตรภรณ์. การออกแบบการวิจัย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2555.
- [19] ณัฐชา ตะวันนาโชติ. แกะสลัก : ศาสตร์แห่งการใช้มีดและ(ฝัก)มีด. สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (องค์การมหาชน) (CEA), กรุงเทพฯ. 2562.
- [20] สิทธิชัย สมานชาติ. องค์ความรู้ศิลปป็นแห่งชาติ : นางเพ็ญพรรณ สิทธิไตรย์. สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม, กรุงเทพฯ. 2553.
- [21] สุกชัย สุริยะกมล. (2559). รูปแบบและกระบวนการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความเป็นเลิศในการแกะสลักผักและผลไม้ : กรณีศึกษาผู้ได้รับรางวัลจากการแข่งขันงานศิลปหัตถกรรมระดับชาติ. ปรัชญาดุขุภักดิ์บัณฑิต สาขาการวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- [22] จิราภพ โพธิ์สุข. Commis Cold Kitchen. สัมภาษณ์, 7 พฤศจิกายน 2562.
- [23] อีราพร ทองดินนอก. (2559). ความแปรปรวนของลักษณะผล และเครื่องหมายโมเลกุลในลูกผสมระหว่างแตงไทย. สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จ.ปทุมธานี.
- [24] จุฑานันท์ บุญทราหาญ. ภูมิปัญญา “แกะสลักผัก-ผลไม้ ฝึกฝนสมาธิ...อนุรักษ์ความเป็นไทย”, Available: <https://www.dailynews.co.th/article/333469> , 23 กรกฎาคม 2563.

ประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Collectotrichum*
gleosporioides สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของพริกหวาน
Effect of essential oils to inhibit *Collectotrichum gleosporioides* causes of
sweet pepper anthracnose

กฤษฎาพัฒน์ เหล่าสีดา¹ และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ^{1*}

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

*Email: wchuaboon@gmail.com

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการยับยั้งเชื้อ *Collectotrichum gleosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของพริกหวาน ด้วยวิธีการ paper disc diffusion วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) พบว่า น้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาว เมล็ดยี่หระ และโป๊ยกั๊ก ที่ความเข้มข้น 100% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกโนสของพริกหวานได้ดีที่สุด ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าชุดควบคุมสารเคมี (Carbendazim) และคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาว เมล็ดยี่หระ และโป๊ยกั๊ก เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค พบว่า น้ำมันหอมระเหยโป๊ยกั๊กที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้โดยมีขนาดโคโลนี เท่ากับ 3.722 ± 0.39 เซนติเมตร และน้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาวที่ระดับความเข้มข้น 5% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าความเข้มข้น 10% ของน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดโดยมีขนาดโคโลนี เท่ากับ 2.95 ± 0.75 ซม. จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชมีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gleosporioides* ได้ดี จึงควรมีการศึกษาต่อยอดเพื่อพัฒนาเป็นชีวผลิตภัณฑ์ที่สะดวกในการใช้ ขนส่งง่าย และมีอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานต่อไป

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย พริกหวาน การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรค

Abstract

The experiment investigated the efficacy of plant essential oils to inhibit *Collectotrichum gleosporioides* causes of sweet pepper anthracnose using paper disc diffusion method. The experiment was arranged by Complete random design (CRD). The result found that the essential oils from *Anethum graveolens*, *Ocimum gratissimum*, and *Illicium verum* at 100% concentration, were the most effective to inhibit anthracnose disease of sweet pepper ($p \leq 0.05$), when compared with the chemical control (Carbendazim). The essential oil of *I. verum* could inhibit mycelium growth with a colony size of 3.722 ± 0.39 cm. and essential oil of *A. graveolens* at 5% concentration higher effective than 10% concentration of all essential oil species with a colony size of 2.95 ± 0.75 cm. This research indicated that plant essential oils high efficacy to control *C. gleosporioides*. In addition, should be further studied to develop a bio-product that is easy to use, easy to transport and long shelf life.

Keywords: Essential oils, Sweet pepper, Inhibition pathogenic fungi

1. บทนำ

พริกหวาน *Capsicum annuum* var *annuum* L. *Grossum* Group เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีแหล่งกำเนิดมาจากในทวีปอเมริกาใต้ เป็นพืชข้ามปีเกษตรกรในประเทศไทยเพาะปลูกกันแพร่หลายในพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (บุญญาวดี, 2540) ผลของพริกหวานมีหลายสี เช่น สีเหลือง สีเขียว สีส้ม สีแดง และสีม่วง ขนาดของผลมีความกว้างประมาณ 5-6 ซม. คนไทยมัก นำมาประดับหรือใส่ในจานอาหารเพื่อเพิ่มสีสันให้กับอาหาร สีสันของอาหารเป็นตัวกระตุ้นช่วยให้เจริญอาหารมากขึ้น และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง

ปัญหาที่สำคัญของการผลิตพริกหวาน คือโรคและแมลงที่สามารถเข้าทำลายพืชได้ทุกระยะการเติบโต แต่ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตในระดับเศรษฐกิจที่สำคัญคือโรคแอนแทรคโนส เมื่อโรคเข้าทำลายทำให้เกิดความเสียหายทั้งในแปลงปลูกและผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว โรคแอนแทรคโนส เชื้อสาเหตุ *C. gloeosporioides* เชื้อราชนิดนี้สามารถเข้าทำลายแบบแฝงในผลพริกตั้งแต่ยังไม่สุกแก่และอาจไม่แสดงอาการของโรค แต่เมื่อผลพริกเริ่มสุกจะแสดงอาการเป็นโรคออกมา เนื่องจากผลพริกสร้างสารจำพวก phytoalexin ซึ่งเป็นพืชต่อเชื้อราคือสาร capsicannol ความเข้มข้นของสาร capsicannol มีปริมาณมากในผลพริกสีเขียวเมื่อผลพริกสุกความเข้มข้นของสารจะลดลงจนไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทำให้ผลพริกสุกแสดงอาการของโรค และปัจจุบันการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวมุ่งเน้นเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นหลัก เกษตรกรผู้ปลูกพริกเองก็ให้ความสำคัญต่อการลดการใช้สารเคมีในกระบวนการการผลิต ดังนั้นการใช้สารที่เป็นอินทรีย์จึงมีความสำคัญต่อทั้งผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง งานวิจัยมุ่งเน้นเพื่อหาทางเลือกในการจัดการโรคให้เกษตรกรและเป็นสารสกัดจากธรรมชาติเพื่อตอบโจทย์ในเรื่องความปลอดภัย จึงได้นำน้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด ประกอบด้วย 1) น้ำมันมะรุม (*Moringa oleifera*). 2) น้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาว (*Anethum graveolens*). 3) น้ำมันหอมระเหยเปื๋ยกัก (*Illicium verum*). 4) น้ำมันหอมระเหยยี่หระ (*Ocimum gratissimum*). (อุษณีย์, 2562) และทำการทดสอบเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน การศึกษาสารสกัดจากธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและทางเลือกในการควบคุมและยับยั้งโรคแอนแทรคโนส สาเหตุที่ทำให้ผลผลิตมีอายุเก็บรักษาลดลง การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะแสวงหาทางเลือกให้แก่เกษตรกรภาคการเกษตรอินทรีย์

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 แยกเชื้อแยกเชื้อ *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานและทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรค

2.1.1 แยกเชื้อ *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน

ด้วยวิธี Tissue transplanting โดยการตัดเนื้อเยื่อของพริกหวาน บริเวณที่แสดงอาการเกิดโรค ขนาด 5x5 มม. จากนั้นนำชิ้นเนื้อเยื่อแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 10% นาน 5 นาที แล้วนำมาวาง ล้างด้วยน้ำปลอดเชื้อ 2 ครั้ง ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูปลอดเชื้อ แล้วนำชิ้นพืชวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) และนำเชื้อมาทำให้บริสุทธิ์เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.1.2 ทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อ *C. gloeosporioides*

นำเชื้อที่แยกได้จากข้อ 2.1.1 ที่มีแนวโน้มเป็นเชื้อ *C. gloeosporioides* ทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรค โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะเส้นใยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* วางลงบนผลพริกหวานขนาด 100-150 กรัม เก็บในความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60% ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจประเมินการเกิดโรคทุกวัน คัดเลือกเชื้อที่มีความสามารถในการก่อโรครุนแรงที่สุดใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อไป

2.2 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืช

นำพืชตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด ประกอบด้วย 1) น้ำมันมะรุม(*Moringa oleifera*). 2) น้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาว (*Anethum graveolens*). 3) น้ำมันหอมระเหยเปื๋ยกัก (*Illicium verum*). 4) น้ำมันหอมระเหยยี่หระ (*Ocimum gratissimum*). โดยนำพืชเป้าหมายที่เตรียมไว้ข้างต้นมาทำการสกัดน้ำมันหอมระเหย ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดและใช้ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหยเกือบทั้งหมดที่มีการผลิตขึ้น วิธีการกลั่นจะเป็นการผ่านไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำเข้าไปในหม้อควบคุมความดันที่บรรจุวัตถุดิบของพืชที่นำมากลั่นน้ำมันหอมระเหย เมื่อความร้อนจากไอน้ำกระทบกับวัตถุดิบ ไอน้ำก็จะนำพาน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชชนิดนั้น ๆ ออกมาผ่านท่อเกลียวที่หล่อเลี้ยงด้วย

น้ำเย็นเพื่อให้เกิดการลดอุณหภูมิและควบแน่นกลายเป็นของเหลว หลังจากนั้นของเหลวจากการควบแน่นที่ได้ก็จะไหลผ่านท่อควบแน่นเข้าสู่หลอดแก้ว ได้น้ำมันหอมระเหยที่แยกชั้นออกจากน้ำ แล้วจึงนำน้ำมันหอมระเหย (pure essential oil) ที่ได้เก็บใส่ภาชนะ (อุษณีย์, 2562) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกคโนต่อไป

2.3 ทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหย

2.3.1 ทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides*

การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อราด้วยวิธี Paper disc โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) เตรียมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 100% ปริมาตร 30 ไมโครลิตร หยดลงบนกระดาษ paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่นิ่งมาเชื้อแล้ว จากนั้นนำไปวางบนจานอาหาร Potato dextrose agar ที่เตรียมไว้โดยใช้ด้านหน้าของกระดาษคว่ำลงบนจานอาหาร ให้อยู่ตำแหน่งห่างจากขอบ plate 2 เซนติเมตร โดยวาง 4 ชิ้นต่อจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะเส้นใยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกคโนส วางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับชุดควบคุมน้ำ (negative control) และใช้สารเคมี carbendazim (positive control) ทดสอบ 10 ซ้ำ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน หรือจนกระทั่งชุดควบคุมด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อมีการเจริญของเส้นใยเชื้อ *C. gloeosporioides* เต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ วัดขนาดโคโลนีเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (อุษณีย์, 2562)

2.3.2 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides*

นำน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพสูง 3 ลำดับแรก จากข้อ 2.3.1 ศึกษาในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides* วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD ใช้ความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยที่ 0.5, 1, 5, และ 10% ด้วยวิธี Paper disc วิธีการเช่นเดียวกับข้อ 2.3.1

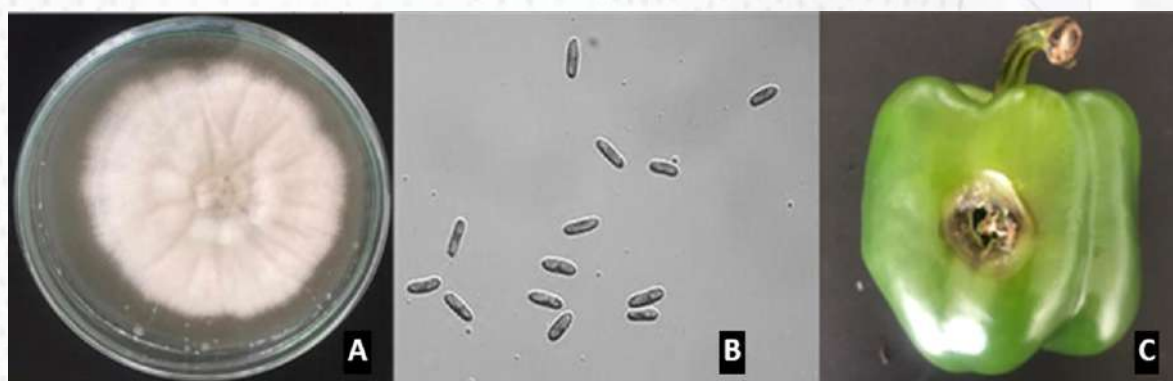
2.4 วิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (Mean) ของแต่ละสารด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ค่าความเชื่อมั่น 0.05 ($P \leq 0.05$) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS version 21

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 แยกเชื้อแยกเชื้อ *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกคโนสของพริกหวานและทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรค

สามารถแยกเชื้อที่มีแนวโน้มเป็นเชื้อ *C. gloeosporioides* จำนวน 16 ไอโซเลท เชื้อราที่มีลักษณะการเจริญของเส้นใยในช่วงแรกเป็นสีขาว เมื่อเวลาผ่านไปจะเปลี่ยนเป็นสีขาวอมเทา สีเทาไปจนถึงสีน้ำตาลตามช่วงเวลาการเจริญของเชื้อรา



ภาพที่ 1. Pathogenicity test of pathogenic isolated fungi A) colony of *C. gloeosporioides* on PDA incubated at room temperature for 7 days, B), conidia of *C. gloeosporioides*, and C) disease severity of sweet pepper anthracnose at 7 days after inoculated with *C. gloeosporioides*.

การเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar คอนข้างข้าว ลักษณะสปอร์เซลล์เดี่ยวใสไม่มีสี รูปร่างทรงกระบอกหัวท้ายมน (cylindrical) และสร้าง appressorium สีน้ำตาลอ่อน-เข้ม ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ รัตยา และคณะ (2553) โดยสามารถจัดจำแนกตามหลักเกณฑ์ว่าเป็นเชื้อรา *C. gloeosporioides* และเมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการก่อโรคนบนพริกหวาน พบว่าเชื้อมีความสามารถสูงสุดในการก่อโรคแอนแทรคโนสบนพริกหวาน โดยก่อโรครภายใน 7 วัน หลังปลูกเชื้อ (ภาพที่ 1) โดยมีลักษณะการแพร่กระจายลูกกลมไม่เร็วมากนัก ผลพริกที่เริ่มสุก เกิดจุดดำน้ำขนาดเล็กผลบ่มเล็กลงเล็กน้อยต่อมาผลขยายใหญ่เป็นรูปวงรี ตรงกลางผลสีน้ำตาลอ่อน ขอบผลไม่ชัดเจน มีตุ่มแข็งเล็กสีดำเรียงซ้อนกัน ถ้าความชื้นสูงบนตุ่มแข็งเล็ก ๆ จะมีกลุ่มโคนเดียวลักษณะเป็นหยดของเหลวข้นสีส้มเกิดขึ้น

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหย

3.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides*

จากการทดลอง พบว่า น้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาว เมล็ดยี่หระ และโป๊ยกั๊ก ที่ความเข้มข้น 100% สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคได้ดีที่สุดโดยไม่พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราออกจากตำแหน่งที่ปลูกเชื้อบนอาหาร PDA โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เท่ากับ 100% ($P < 0.05$) หลังตรวจประเมินประสิทธิภาพ 7 วัน หลังทดสอบ ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมี Carbendazim ที่มีขนาดของโคโลนีเท่ากับ 5.30 ± 0.29 เซนติเมตร ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยเมล็ดมะขามไม่สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคได้ โดยมีขนาดของโคโลนี เท่ากับ 8.39 ± 0.58 เซนติเมตร และชุดควบคุมน้ำปลอดเชื้อมีขนาดของโคโลนี เท่ากับ 8.62 ± 0.35 เซนติเมตร (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Chimnoi et al. (2018) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากยี่หระสามารถต้าน *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* และ *Shigella fteneri* ได้ น้ำมันหอมระเหยจากข่าสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *A. flavus* ได้ (บัณฑิต และคณะ, 2550) นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับการรายงานของปิยฉัตร และคณะ (2553) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถควบคุมเชื้อรา *A. niger* และ *Fusarium* sp. ได้ สุรีย์ และคณะ (2560) และรายงานว่าน้ำมันอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด เชื้อรา *A. alternata*, *F. moniliforme* และ *G. Candidum* ไวต่อการถูกยับยั้งโดยน้ำมันอบเชยมากที่สุด (ค่า MIC เท่ากับ 0.125 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) รองลงมาเป็น *A. niger* และ *R. stolonifer* ซึ่งถูกยับยั้งได้ที่ค่า MIC เท่ากับ 0.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

3.2.2 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides*

นำน้ำมันหอมระเหยที่ 3 อันดับ (ผลการทดลองข้อ 3.2.1) ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน 3 ชนิด ได้แก่ เมล็ดผักชีลาว เมล็ดยี่หระ และโป๊ยกั๊ก เพื่อหาความเข้มข้นต่ำที่สุดในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า น้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคได้ดีที่สุด ($P < 0.05$) และเมื่อปรับความเข้มข้นสูงขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคก็สูงขึ้นตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 1, 5 และ 10% มีขนาดโคโลนีเท่ากับ 3.90 ± 0.42 , 2.95 ± 0.75 , และ 2.78 ± 0.56 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับน้ำมันหอมระเหยโป๊ยกั๊กที่ระดับความเข้มข้น 1, 5 และ 10% มีขนาดโคโลนีเท่ากับ 3.81 ± 0.62 , 3.42 ± 0.38 , และ 3.07 ± 0.46 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยยี่หระมีประสิทธิภาพรองลงมาเมื่อเทียบกับน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชีลาวและเมล็ดยี่หระ โดยที่ระดับความเข้มข้น 1, 5 และ 10% มีขนาดโคโลนีเท่ากับ 4.48 ± 0.49 , 3.88 ± 0.46 , และ 3.53 ± 0.47 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับการรายงานของเนตรนภิส และคณะ (2552) พบว่าการใช้สารสกัดจากอบเชยในวงน้ำดอกไม้ได้ รวมทั้งสายสมร และพวงนรินทร์ (2559) ได้รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยที่ความเข้มข้น 25,000 ppm น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ผิวมะกรูด และตะไคร้หอม ความเข้มข้น 100,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อรา *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. ได้

ตารางที่ 1 Efficacy of essential oils from plants inhibited fungal pathogen caused anthracnose disease of sweet pepper at 100% concentration after incubated 7 days

No.	Treatment	Diameter of colony (cm.) ^{1/}
1	Negative control (ddH ₂ O)	8.62±0.35 ^c
2	Positive control (Carbendazim)	5.30±0.29 ^b
3	<i>Anethum graveolens</i>	0.00±0.00 ^a
4	<i>Moringa oleifera</i>	8.39±0.58 ^c
5	<i>Ocimum gratissimum</i>	0.00±0.00 ^a
6	<i>Illicium verum</i>	0.00±0.00 ^a

^{1/} Means followed by same letter in a column are not significantly different according to DMRT (P≤0.05) with SPSS version 21.

ตารางที่ 2 Efficacy of essential oils from plants inhibited fungal pathogen anthracnose of sweet pepper at different concentration^{1/}

Treatment	Essential oils concentration (%)			
	0.5	1	5	10
<i>Anethum graveolens</i>	4.08±0.45 ^{bA}	3.90±0.42 ^{bA}	2.95±0.75 ^{aA}	2.78±0.56 ^{aA}
<i>Ocimum gratissimum</i>	4.7±0.39 ^{bB}	4.48±0.49 ^{bB}	3.88±0.46 ^{aB}	3.53±0.47 ^{aB}
<i>Illicium verum</i>	3.816±0.62 ^{bA}	3.722±0.39 ^{abA}	3.426±0.38 ^{aAB}	3.076±0.46 ^{aAB}

^{1/} Means followed by same lowercase letter in a column and uppercase letter in a row are not significantly different according to DMRT (P≤0.05) with SPSS version 21.

4. บทสรุป

น้ำมันหอมระเหยโปิยาก็มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกโนสของพริกหวานได้ดีที่ความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดโดยความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งเชื้อราได้ รวมถึงน้ำมันหอมระเหยเมล็ดผักชีลาวที่ความเข้มข้นที่ 5% และ 10% มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าความเข้มข้น 10% ของน้ำมันหอมระเหยทุกชนิด จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า น้ำมันหอมระเหยเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นสูงขึ้น ทุกชนิดจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคได้ดีขึ้น ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยมีแนวโน้มในการควบคุมโรคได้ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยให้มีการออกฤทธิ์ยาวนานมากยิ่งขึ้น และสามารถปรับใช้ได้จริงในการจัดการโรคพืชจึงต้องมีการศึกษาต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กุลวดี ศิลปประดิษฐ์. (2548). ประสิทธิภาพของสารสกัดจากข่าในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของพริก. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, จังหวัดนครปฐม.
- [2] บัณฑิต คันทา. ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. ญัฐฐา เลหากุลจิตต์. และอรพิน เกิดชูชื่น. (2550). ผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์ขิง 5 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Aspergillus flavus*. วิทยาศาสตร์เกษตร. 38(6): 29-32.
- [3] บุญญวดี จิระวุฒิ. (2540) การทำให้เกิดโรคของเชื้อรา *Colletotrichum capsici* บนผลพริกและการถ่ายทอดเชื้อจากผลที่เป็นโรคสู่เมล็ดและต้นกล้า . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- [4] เนตรนภิส เขียวข้า. สมศิริ แสงโชติ. สรัญญา วุฑฒิชัย และวาริช ศรีละออง. 2552. การพัฒนาการใช้สารสกัดจากอบเชย ในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงน้ำดอกไม้. วิทยาศาสตร์เกษตร 40(3): 260-264.
- [5] ปิยฉัตร อัครนุชาติ. สุภามาศ ช่างแต่ง. ปิติพงษ์ โตบัณฑิตภพ. สุชาติา เวียรศิลป์ และสงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์. (2553). ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. เกษตร. 26(1): 85-92
- [6] เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง. (2547). ความสามารถของเชื้อราที่เป็นเอนโดไฟต์ในพืชสมุนไพรบางชนิดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum capsici* เชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่.
- [7] รติยา พงศ์พิสุทธิ. วรณันท์ วิญญรัตน์. โชติรส รอดเกตุ. และเทพพนม แสงเพลิง. (2553). ความผันแปรทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสพริก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(1): 318-321.
- [8] สายสมร ล้าลอง. และพงษ์นรินทร์ ยอดสิงห์. (2559). การใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่พบบนแผ่นยางพารา. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 18(1): 30-38.
- [9] สร้อย นานาสมบัติ. ธิติรัตน์ วัฒนสุข. เมทนี แสงพิทักษ์. และวราภรณ์ สิงห์คำบาล. (2560). ผลการต้านเชื้อราและการเสริมฤทธิ์กันของน้ำมันหอมระเหย จากพืชบางชนิดต่อเชื้อราที่ทำให้ผลิตผลทางการเกษตรเน่าเสีย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 19(1): 12-21.
- [10] อุษณีย์ นรฮิม. (2016). การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดแล้วอินทรีย์ด้วยน้ำมันหอมระเหยเพื่อป้องกัน *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* สาเหตุโรคเน่าและ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการจัดการเกษตรอินทรีย์ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, จังหวัดปทุมธานี.
- [11] Adikaram, N.K.B., A.E. Brown and T.R. Swinburne. (1982). Phytoalexin involvement in the latent infection of *Capsicum annuum* L. fruit caused by *Glomerella cingulate* (Stonem). *Physiol. Plant Pathol.* 21:161-170.
- [12] Chimnoi, N., Reukngam, N., Chuysinuan, P., Khlaychan, P., Khunnawutmanothum, N., Chokchaichamnankit, D., Thamniyom, W., Klayraung, S., Mahodol, C. and S. Techasakul. (2018). Characterization of essential oil from *Ocimum gratissimum* leaves: Antibacterial and mode of action against selected gastroenteritis pathogens. *Microbial Pathogenesis.* 118: 290-300.

กระถางเพาะกล้าจากเส้นใยปาล์ม Plant Pots from Palm Fiber

วงจันทร์ นุ่นคง^{1*} และ โสริญา เนตรประไพ¹

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

*Email: wongjun.n@dru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางเพาะกล้าจากเส้นใยทะลายปาล์มเปล่า และเส้นใยเปลือกของผลปาล์ม โดยพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ และการเจริญเติบโตของต้นคะน้าในกระถางที่ขึ้นรูปได้ วิธีวิจัยคือ ศึกษาอัตราส่วนจำนวน 6 อัตราส่วนโดยน้ำหนัก ได้แก่ เส้นใยทะลายปาล์มเปล่าต่อกาวแป้งเปียกในอัตราส่วนที่ 1) 100:100 2) 50:100 3) 100:50 และเส้นใยเปลือกของผลปาล์มต่อกาวแป้งเปียก ในอัตราส่วนที่ 4) 100:100 5) 50:100 และ 6) 100:50 แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทดลองปลูกต้นคะน้า ผลการศึกษาพบว่า สามารถขึ้นรูปได้เพียง 2 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนที่ 1 และอัตราส่วนที่ 4 โดยอัตราส่วนที่ 1 มีคุณสมบัติทางกายภาพและการเจริญเติบโตของต้นคะน้า ดีที่สุด คือ สามารถขึ้นรูปเป็นกระถางได้ดี มีลักษณะผิวเรียบ มีการยึดเกาะของวัสดุได้ดี ไม่มีรอยแตกกร้าว มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 0.06 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และต้นคะน้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุด มีความสูงเฉลี่ย 6.6 เซนติเมตร และจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 4 ใบ

คำสำคัญ: กระถางเพาะกล้า เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า เส้นใยเปลือกของผลปาล์ม

Abstract

The purposes of this study were to find out the optimize ratio of forming plant pot from empty fruit bunch fiber and mesocarp fiber, test physical properties of the plant pots, and study the growth rate of Chinese Kale in the plant pot formed. The methods used in this study ratio of raw material, test physical properties and planting Chinese kale. The proportions were divided into 6 ratios by weight (empty fruit bunch fiber: starch paste) 1) 100:100 2) 50:100 3) 100:50, (mesocarp : starch paste) 4) 100:100 5) 50:100 and 6) 100:50. The results found that 1st and 4th proportions were able to form plant pot. The 1st proportion was the most appropriate for plant pot. Its physical properties were smooth texture with a good adhesion, average bulk density at 0.06 g/cm³, the highest growth rate of Chinese kale with an average height of 6.6 centimeters and the maximum average number of 4 leafs

Keywords: plant pot, empty fruit bunch fiber, mesocarp fiber

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อประเทศไทย ทั้งในด้านเกษตรกรรม เศรษฐกิจ และอุตสาหกรรม พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคใต้มีผลผลิตในปริมาณปีละ 8,243,148 ตัน โดยต้นปาล์มมีผลผลิตเป็นทะลายปาล์มสดสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อผลปาล์มข้างในเป็นสีส้ม [1] และจะถูกนำมายังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เพื่อผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม แล้วจะได้ผลผลิตเป็นน้ำมันปาล์มดิบร้อยละ 18 - 22 และผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบจะถูกนำไปแปรรูปเป็น

น้ำมันสำหรับการบริโภคและผลิตพลังงาน ส่วนอีกร้อยละ 78 - 82 จะเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ ได้แก่ ทะลายปาล์ม และเปลือกของผลปาล์ม ซึ่งทะลายปาล์มเป็นส่วนที่สลัดผลปาล์มออก และเปลือกผลปาล์มเป็นส่วนที่บีบน้ำมันออก ทางโรงงานสกัดน้ำมันจะนำทะลายปาล์มเปล่าและเปลือกของผลปาล์มจะถูกตีเป็นใยก่อนนำไปกำจัด โดยนำไปกองรวมทิ้งให้เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เนื่องจากมีปริมาณมาก จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามได้มีการนำทะลายปาล์มไปใช้ประโยชน์ เช่น ทำวัสดุเพาะเห็ดฟาง การทำวัสดุคลุม ปุ๋ยหมัก เป็นต้น [2] จากการศึกษาคุณสมบัติของทะลายปาล์มเปล่าและเปลือกของผลปาล์มพบว่ามีประโยชน์ในการ ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุ ปรับปรุงโครงสร้าง รักษาความชื้น และเพิ่มอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ในการย่อยสลายจะให้ธาตุโพแทสเซียม แอมโมเนียมซัลเฟตที่ช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่ดินบำรุงใบเป็นหลัก เหมาะสำหรับพืชในระยะการเติบโต จึงเหมาะสมในการนำมาทำเป็นกระถางเพาะกล้า ซึ่งจะช่วยลดปริมาณของทะลายปาล์มเปล่า และเปลือกของผลปาล์มที่ถูกเทกองทิ้งไว้ ไม่ได้ใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดปัญหาขยะจากถุงหรือกระถางเพาะกล้าจากพลาสติกได้ ซึ่งเป็นวัสดุที่ย่อยสลายยากอีกด้วย [3]

จากคุณสมบัติดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำกระถางเพาะกล้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางเพาะกล้าจากเส้นใยทะลายปาล์มเปล่าและเส้นใยเปลือกของผลปาล์ม และศึกษาการเจริญเติบโตของต้นคะน้า ซึ่งเป็นผักสวนครัวที่สามารถปลูกได้ทั่วไป อีกทั้งกระถางเพาะกล้าจากเส้นใยปาล์มสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจึงช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

ในการผลิตกระถางเพาะกล้าจากเส้นใยทะลายปาล์มเปล่าและเส้นใยเปลือกของผลปาล์มโดยใช้กาวแบ่งเปือกเป็นตัวประสาน ทำการทดลองทั้งหมด 6 อัตราส่วน จำนวน 3 ซ้ำ แสดงดังตารางที่ 1 โดยมีวิธีการเตรียมวัสดุ การเตรียมตัวประสาน กาวแบ่งเปือก การขึ้นรูปกระถางเพาะกล้า และการศึกษาคุณสมบัติของกระถางเพาะกล้า ดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของกระถางเพาะกล้า

เส้นใย	อัตราส่วนที่	วัสดุ (กรัม)	กาวแบ่งเปือก (กรัม)
ทะลายปาล์มเปล่า	1	100	100
	2	50	100
	3	100	50
เปลือกของผลปาล์ม	4	100	100
	5	50	100
	6	100	50

2.1 การเตรียมวัสดุ

2.1.1 การเตรียมเส้นใยทะลายปาล์มเปล่าและเส้นใยเปลือกของผลปาล์ม

นำเส้นใยทะลายปาล์มเปล่าและเส้นใยเปลือกของผลปาล์มซึ่งได้มาจากโรงงานมาแยกเศษวัสดุเจือปนต่างๆ ที่ติดมากับเส้นใยออก จากนั้นนำมาเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้น และนำเส้นใยมาตัดให้ได้ขนาด 2-3 เซนติเมตร จะได้เส้นใยสำหรับนำไปขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะกล้า

2.1.2 การเตรียมกาวแบ่งเปือก

นำแป้งมันสำปะหลังชั่งน้ำหนัก 50 กรัม และน้ำ 500 มิลลิลิตร คนให้แป้งละลาย จากนั้นนำไปตั้งไฟให้ความร้อน และกวนจนกาวมีลักษณะเหนียวข้นเป็นสีขาวขุ่น จึงจะได้วัสดุประสานคือกาวแบ่งเปือกพร้อมใช้งาน

2.2 การขึ้นรูปกระถางเพาะกล้า

ในการขึ้นรูปกระถางเพาะกล้านี้ใช้เครื่องอัดแรงมือที่มีขนาดแม่พิมพ์เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 เซนติเมตร X สูง 12 เซนติเมตร จากนั้นนำเส้นใยที่เตรียมไว้ผสมกับกาวแบ่งเปือก คลุกเคล้าให้เข้ากันทั่วสุด และบรรจุวัสดุที่ผสมกาวแล้วใส่ลงแม่พิมพ์ เมื่อขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้วนำกระถางที่ขึ้นรูปได้ใส่ถาดอลูมิเนียม และเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง จะได้กระถางเพาะกล้าจากเส้นใยปาล์มที่ขึ้นรูปได้

2.3 การศึกษาคุณสมบัติของกระถางเพาะกล้า

2.3.1 การศึกษาลักษณะกายภาพของกระถางเพาะกล้าที่ขึ้นรูปได้

ศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่าต่อกาวแบ่งเปือก และเส้นใยเปลือกของผลปาล์มกับกาวแบ่งเปือก ในการขึ้นรูปกระถางเพาะกล้าที่สามารถขึ้นรูปได้ โดยพิจารณาลักษณะผิวภายนอก การยึดเกาะวัสดุกับตัวประสาน การหลุดร่วงของเส้นใย และน้ำหนักของกระถางเพาะกล้า

2.3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

- การทดสอบความต้านทานการตกกระแทก โดยการผูกเชือกครอบกระถางที่ระดับความสูง 1 และ 2 เมตร จากนั้นทำตัดเชือกเพื่อปล่อยกระถางเพาะกล้าลงสู่พื้น และสังเกตลักษณะการแตกร้าวของกระถางเพาะกล้า

- การทดสอบค่าความหนาแน่น ทำการชั่งน้ำหนักของกระถาง และหาปริมาตรของกระถางเพาะกล้า จากนั้นคำนวณตามสมการที่ (1)

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)}} \quad (1)$$

2.3.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นค่น้ำในกระถางเพาะกล้า

การทดสอบปลูกต้นค่น้ำ (พันธุ์ยอดปทุม) นำเมล็ดต้นค่น้ำมาเพาะก่อนนำไปปลูกเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นเตรียมดินร่วนใส่กระถางปริมาณ 100 กรัม เพื่อเป็นวัสดุปลูก นำเมล็ดค่น้ำที่เพาะไว้แล้วใส่ลงกระถางเพาะกล้าที่สามารถขึ้นรูปได้ ทำการรดน้ำในช่วงเช้าวันละ 1 ครั้ง ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระถาง และการเจริญเติบโตของต้นค่น้ำ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของกระถางเพาะกล้าที่ขึ้นรูปได้

ผลการศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่ากับกาวแบ่งเปือก และเส้นใยเปลือกของผลปาล์มกับกาวแบ่งเปือก ซึ่งขึ้นรูปกระถางเพาะกล้าด้วยเครื่องอัดแรงมือ จำนวนทั้งหมด 6 อัตราส่วน แต่สามารถขึ้นรูปกระถางได้เพียง 2 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนที่ 1 (เส้นใยทะเลลายปาล์มเปล่า 100 กรัม : กาวแบ่งเปือก 100 กรัม) กระถางมีน้ำหนัก 83.64 กรัม ในอัตราส่วนที่ 4 (เส้นใยเปลือกของผลปาล์ม 100 กรัม : กาวแบ่งเปือก 100 กรัม) กระถางมีน้ำหนัก 84.77 กรัม โดยทั้งสองอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปกระถางได้ดี มีการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับตัวประสานได้ดี ผิวภายนอกเรียบ ดังแสดงในภาพที่ 1 สำหรับอัตราส่วนที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางได้ คือ อัตราส่วนที่ 2 และ อัตราส่วนที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ 50 กรัม ต่อ กาวแบ่งเปือก 100 กรัม จะมีลักษณะเหลว ไม่เป็นทรงกระถาง และสำหรับอัตราส่วนที่ 3 และ 6 ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ 100 กรัม ต่อ กาวแบ่งเปือก 50 กรัม จะมีลักษณะแห้ง แตกกร้าว วัสดุไม่ยึดเกาะกับตัวประสาน

เนื่องจากปริมาณกาวแบ่งเปือกมีผลต่อการขึ้นรูปกระถางเพาะกล้าซึ่งจะช่วยยึดเกาะวัสดุ ในอัตราส่วนที่ 1 และ 4 มีปริมาณวัสดุและกาวแบ่งเปือกเท่ากัน เมื่อนำมาอัดขึ้นรูปจึงได้ขนาดตามแม่พิมพ์กระถาง สามารถขึ้นรูปได้ดีกว่าอัตราส่วนอื่นๆ สำหรับอัตราส่วนที่กาวแบ่งเปือกที่มีปริมาณมากกว่าวัสดุจะมีลักษณะเหลวเกินกว่าจะคงรูป ในทางกลับกันอัตราส่วนที่ปริมาณกาวน้อยกว่าเส้นใยจะทำให้ส่วนผสมที่ได้มีลักษณะแห้งร่วน วัสดุไม่ยึดเกาะกันจึงไม่สามารถขึ้นรูปเป็นทรงกระถางได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของกฤษณีย์ กัลป์ปะ และคณะ [4] ที่ทำการศึกษาเรื่องกระถางเพาะชำจากวัสดุธรรมชาติ พบว่า ใช้เส้นใยมะพร้าวและกาวแบ่งเปือกเป็นตัวประสานในการขึ้นรูปกระถาง โดยสูตรที่ขึ้นรูปได้ดีที่สุดคือ ใยมะพร้าว 150 กรัม : กาวแบ่งเปือก 150 กรัม มีลักษณะภายนอกผิวเรียบ และสามารถยึดเกาะได้ดีที่สุด



(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 กระถางเพาะกล้าจากเส้นใยทะลายปาล์มเปล่า (ก) และกระถางเพาะกล้าจากเส้นใยเปลือกของผลปาล์ม (ข)

3.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพโดยทำการศึกษาค่าความต้านทานการตกกระแทก และค่าความหนาแน่นของกระถางเพาะกล้า พบว่า กระถางเพาะกล้าในอัตราส่วนที่ 1 (เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า 100 กรัม : กาวแบ่งเปียก 100 กรัม) และอัตราส่วนที่ 4 (เส้นใยเปลือกของผลปาล์ม 100 กรัม : กาวแบ่งเปียก 100 กรัม) มีค่าความต้านทานการตกกระแทกจากระดับความสูง 1 และ 2 เมตร กระถางเพาะกล้าทั้งสองอัตราส่วนที่ขึ้นรูปได้นั้นไม่มีการแตกหรือเกิดรอยร้าว สำหรับผลค่าความหนาแน่นในอัตราส่วนที่ 1 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ย 0.06 และ 0.05 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

จากอัตราส่วนที่ 1 และ 4 ซึ่งขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะกล้าได้นั้น วัสดุที่ใช้เป็นเส้นใยธรรมชาติที่ยึดเกาะกันด้วยตัวประสานกาวแบ่งเปียก และความเข้มข้นของการมีผลต่อความต้านทานการตกกระแทก อีกทั้งกาวแบ่งเปียกเป็นกาวธรรมชาติที่ช่วยให้การยึดเกาะของวัสดุของกระถางเพาะกล้าได้ดีและความแข็งแรงเมื่อแห้ง [5] อย่างไรก็ตามการอัดด้วยเครื่องอัดแรงมือทำให้ความหนาแน่นที่ได้น้อยกว่าการอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก และเมื่อกระถางเพาะกล้าตกจากที่สูงไม่แตกร้าวเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของเตื่อนใจ ปิยง และคณะ [6] ศึกษาเรื่องการผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากตะกอนน้ำมันปาล์มและวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดกับกาวแบ่งเปียกเป็นตัวประสาน โดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิกในการขึ้นรูปกระถาง จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.11 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่มีค่าความต้านทานการตกกระแทกที่ดีกว่างานวิจัยของนุชนาฏ นิลลอ และกนกรัตน์ นาวิการ [7] ที่ทำการศึกษารองการผลิตกระถางเพาะชำต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ซึ่งกระถางที่ผลิตได้ตกกระแทกที่ความสูง 1.50 เมตร มีการแตกร้าวทั้งใบ

3.3.ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นค่น้ำในกระถางเพาะกล้า

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นค่น้ำในกระถางเพาะกล้าทั้งจากเส้นใยทะลายปาล์มเปล่า และเส้นใยเปลือกของผลปาล์มที่ขึ้นรูปได้ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ลักษณะของกระถางเพาะกล้าในอัตราส่วนที่ 1 (เส้นใยทะลายปาล์มเปล่า 100 กรัม : กาวแบ่งเปียก 100 กรัม) และอัตราส่วนที่ 4 (เส้นใยเปลือกของผลปาล์ม 100 กรัม : กาวแบ่งเปียก 100 กรัม) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกันในช่วง 3 สัปดาห์แรก โดยสัปดาห์ที่ 1 กระถางไม่มีการเปลี่ยนแปลง สัปดาห์ที่ 2 กระถางเพาะกล้าเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย คือมีการหลุดร่วงของเส้นใยเล็กน้อย สัปดาห์ที่ 3 กระถางลักษณะมีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง มีรอยแตกร้าวเล็กน้อย มีการหลุดร่วงของเส้นใยมากกว่าเดิม และสภาพขอบกระถางเริ่มแสดงการบิดเบี้ยว แต่สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด คือกระถางเพาะกล้าในอัตราส่วนที่ 4 มีการหลุดร่วงของเศษวัสดุและสภาพขอบกระถางมีการบิดเบี้ยวมากกว่ากระถางเพาะกล้าในอัตราส่วนที่ 1 ซึ่งสามารถคงสภาพกระถางได้ดีกว่า

สำหรับการเจริญเติบโตของต้นค่น้ำในอัตราส่วนที่ 1 และ 4 โดยวัดความสูงและจำนวนใบของต้นค่น้ำ พบว่า ในอัตราส่วนที่ 1 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 0.8 เซนติเมตร และอัตราส่วนที่ 4 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 0.6 เซนติเมตร ไม่มีใบ สัปดาห์ที่ 2 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 4.2 เซนติเมตร และอัตราส่วนที่ 4 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 3.8 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 2 ใบ เท่ากัน สัปดาห์ที่ 3 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 5.1 เซนติเมตร และอัตราส่วนที่ 4 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 4.8 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 3 ใบ เท่ากัน และสัปดาห์สุดท้ายคือสัปดาห์ที่ 4 อัตราส่วนที่ 1 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 6.6 เซนติเมตร และอัตราส่วนที่ 4 มีลำต้นสูงเฉลี่ย 5.4 เซนติเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 4 ใบ เท่ากัน แสดงดังตารางที่ 2

ในช่วงที่ทำการทดลองปลูกต้นคะน้าในกระถางเพาะกล้าจะมีสภาพอากาศร้อน อุณหภูมิเฉลี่ย 35-37 องศาเซลเซียส และแสงแดดส่องถึง กระถางเพาะกล้าซึ่งผลิตมาจากเส้นใยธรรมชาติมีการดูดซับน้ำไว้ได้ดี สังเกตได้จากการที่กระถางและดินมีความชื้นตั้งแต่ช่วงเช้าที่รดน้ำจนถึงช่วงเย็น จึงสามารถช่วยประหยัดน้ำในการรดน้ำได้ แต่มีข้อเสียเพราะการที่มีความชื้นตลอดเวลาจะส่งผลต่อความแข็งแรงของตัวกระถางเพาะกล้า ทำให้บริเวณส่วนขอบกระถางซึ่งได้รับการผ่านของน้ำในทุกวันมีการบิดเบี้ยวของรูปทรงมากกว่าส่วนอื่นๆ [8] อย่างไรก็ตามต้นคะน้ายังสามารถเจริญเติบโตได้ดี และกระถางสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติไปเป็นปุ๋ยแก่พืช ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติยา โต๊ะทอง และคณะ [9] โดยศึกษากระถางปลูกต้นไม้จากฟางข้าวและเศษใบไม้แห้งเป็นวัสดุธรรมชาติ และมีการทดลองปลูกต้นดาวเรือง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ต้นดาวเรืองเจริญเติบโตได้ดีเช่นกัน

ตารางที่ 2 ผลการเจริญเติบโตของต้นคะน้าในกระถางเพาะกล้า

เส้นใยปาล์ม	สัปดาห์ที่	สัปดาห์ที่	สัปดาห์ที่	สัปดาห์ที่
(อัตราส่วนที่)	1	2	3	4
ทะลายปาล์มเปล่า (อัตราส่วนที่ 1)				
ความสูง (cm)	0.8	4.2	5.1	6.6
จำนวนใบ	0	2	3	4
เปลือกของผลปาล์ม (อัตราส่วนที่ 4)				
ความสูง (cm)	0.6	3.8	4.8	5.4
จำนวนใบ	0	2	3	4

4. บทสรุป

จากผลการศึกษา พบว่า สามารถขึ้นรูปได้เพียง 2 อัตราส่วน จากทั้งหมด 6 อัตราส่วน โดยอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 1 ประกอบด้วยใยทะลายปาล์มเปล่า 100 กรัม ต่อกากแบริ่งเปียก 100 กรัม โดยสามารถขึ้นรูปได้ดี มีลักษณะผิวภายนอกเรียบ ไม่มีการหลุดร่อนของเส้นใย วัสดุมีการยึดเกาะกับตัวประสานได้ดี ทนต่อการตกกระแทกที่ความสูง 2 เมตร และมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 0.06 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่งผลให้เมื่อมีการปลูกต้นคะน้าแล้วกระถางเพาะกล้านี้จึงมีความแข็งแรง ไม่แตกร้าว อยู่ได้นาน 4 สัปดาห์ และต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตได้ดี ทั้งนี้การปลูกพืชที่ไม่ต้องการน้ำมาก หรืออยู่ใน

ที่แห้งกระถางเพาะกล้าจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น และสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์กระถางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ สถานที่ห้องปฏิบัติการ และเปิดโอกาสให้นำนำเสนอครั้งนี้ และขอขอบคุณบริษัทซีพีที่อนุเคราะห์เส้นใยปาล์มในการทำวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมวิชาการเกษตร (2550). เส้นใยปาล์มน้ำมัน. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2561, จาก <https://www.utsbrand.com/content/5595>.
- [2] ธีระพงศ์ จันทรมิณ (2551). กระบวนการไร้ของเสียในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม. วารสารหาดใหญ่วิชาการ, 6(2), 159-164
- [3] มหาวิทยาลัยทักษิณ (2557). คุณสมบัติของทะเลาะปาล์มเปล่า. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2561, จาก https://web.facebook.com/emptyfruitbunch/posts/1707005672849007/?_rdc=1&_rdr.
- [4] กฤษณีย์ กัลป์ปะ และคณะ (2541). กระถางเพาะชำจากวัสดุธรรมชาติ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 30(3), 12 – 17.
- [5] กิตติชัย โสพันนา และคณะ (2558). การประดิษฐ์และสมบัติของกระถางชีวภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2 (2), 1-7.
- [6] เตือนใจ ปิยง และคณะ (2561). การผลิตกระถางต้นไม้ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากกากตะกอนน้ำมันปาล์ม และวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 10(3), 497-511.
- [7] นุชนาฏ นิลอ และกนกรัตน์ นาวิการ (2560). การผลิตกระถางเพาะชำต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- [8] วรณวิภา ไชยชาญ และคณะ (2560). กระถางเพาะชำจากกากกาแฟ ปูนขาวจากเปลือกหอย และซีลี้อยไมยางพารา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- [9] กิตติยา โต๊ะทอง และธิดามาศ ขำสว่าง (2562). กระถางปลูกต้นไม้จากฟางข้าวและเศษใบไม้แห้ง. สืบค้นเมื่อ 1 มิถุนายน 2563, จาก https://research.dru.ac.th/e-journal/file/2019_06_28_143005.pdf

ผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทดแทนของพลาสติกเพื่อ บรรจุซิลิกาสำหรับดูดความชื้น

A Corn Husk Fiber Parcel Coated with Kaffir Lime Oil Extract Replacement of a Plastic Parcel for Parceling Moisture Absorption by Silica Powder

วิสาข์ มีเพชร¹ ปัทสรา วงศ์เลี้ยง¹ ภัทธิกา สูงสมบัติ^{1*} ดวงฤทัย นิคมรัฐ¹ และ ญัฐชัยม์ ลักษณะอำนาจพร¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*Email: patarika.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การเก็บรักษาอาหาร และสิ่งของ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ให้แห้ง คงสภาพเดิม สามารถใช้ซิลิกาในการดูดความชื้น ซิลิกาส่วนใหญ่บรรจุในซองที่ทำมาจากพลาสติก ซึ่งเป็นวัสดุที่ยากต่อการย่อยสลายตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดปัญหาของสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้จึงศึกษาและพัฒนาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรคือ เปลือกข้าวโพดมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ของกระดาษบรรจุซิลิกา เพื่อดูดความชื้นจากอาหารตัวอย่างในที่นี้คือ ข้าวสาร จากการศึกษาพบว่ากระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดมีคุณลักษณะผิวกระดาษเรียบสม่ำเสมอ เมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพด มีประสิทธิภาพในการดูดความชื้นสูงสุดที่ความชื้นอิ่มตัว คือ $9.22 \pm 0.92\%$ และสามารถดูดความชื้นจากข้าวสารที่เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้องได้เมื่อเทียบกับซองพลาสติก คือ $8.26 \pm 0.50\%$ และ $9.30 \pm 0.08\%$ ตามลำดับ เมื่อเคลือบกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด สามารถต้านเชื้อราทั่วไปที่ขึ้นบนเปลือกข้าวโพด ตั้งแต่ความเข้มข้น 15,000 ppm และสามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติภายใน 12 วัน ดังนั้นด้วยคุณสมบัติที่ดีดังกล่าวทำให้กระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเหมาะสมในการเป็นผลิตภัณฑ์ของธรรมชาติใส่ซิลิกา เพื่อดูดซับความชื้น และเพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: เส้นใยเปลือกข้าวโพด, สารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด, การดูดความชื้น, ซองพลาสติก, ซิลิกา

Abstract

To maintain food and materials, including drying products at the original dried condition, silica gel can be one choice for absorbing moisture. Most silica gel is packed in a parcel made from plastic, which is difficult to degrade, thus naturally causing environmental problems. Therefore, this research has developed packaging material from agricultural waste, corn husks, for absorbing moisture from food, rice. From the study, it was found that the corn husk paper had characteristic of smooth paper surface. When making it into a corn fiber parcel, its maximum moisture absorption from saturated humidity was $9.22 \pm 0.92\%$. it could absorb the moisture from the rice stored at room temperature compared to the plastic sachet $8.26 \pm 0.50\%$ and $9.30 \pm 0.08\%$. When coated with kaffir lime oil extract, the corn husk parcel had the capability in anti-fungus commonly habituated in corn husks up 15,000 ppm. It could naturally be degraded within 12 days. Therefore, with these advantageous qualifications, the natural parcel made of corn husk paper harboring silica is for moisture absorption as sustainable and environmental conservation material.

Keywords: Corn Husk Fiber, Kaffir Lime Oil Extract, Plastic Parcel, Moisture Absorption, Silica

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจหลากหลายด้านทำให้บุคคลส่วนใหญ่มีความคิดและดำเนินชีวิตที่ทันสมัยมากขึ้น ตลอดจนการเก็บรักษาอาหาร สิ่งของ และผลิตภัณฑ์ให้คงสภาพเดิมหรือทำให้มีปริมาณความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์น้อยลง เพื่อลดปัญหาการเกิดเชื้อราและการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าที่ควร การรักษาสภาพของสินค้าประเภทต่าง ๆ จึงนิยมใช้ซิลิกาในการควบคุมปริมาณความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากซิลิกามีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี (วรณีย์ อุไพบูรณ์, 2548) แต่ช่องที่ใช้สำหรับบรรจุซิลิกาผลิตมาจากพลาสติกซึ่งมีการย่อยสลายตามธรรมชาติช้าหรืออาจไม่ย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งประเภทพลาสติกที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งอาชีพเกษตรกรรวมภายในประเทศที่ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งจากเปลือก ใบ ตลอดจนลำต้นของพืช ส่วนใหญ่เป็นพืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด สับปะรด มันสำปะหลัง และอื่น ๆ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมักถูกเผาทำลาย เช่น เปลือกข้าวโพด เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ดังนั้นจึงถูกนำมาทำผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีจำนวนมาก และการศึกษาพบว่าเส้นใยของข้าวโพดเป็นแหล่งเส้นใยที่มีศักยภาพสำหรับทำเยื่อกระดาษ ซึ่งเส้นใยมีความแข็งแรงมากและมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ค่อนข้างดีเมื่อเปรียบเทียบกับฝ้าย (ภัทรารัตน์ ธงงาม และคณะ, 2561)

วิถีชีวิตและภูมิปัญญาท้องถิ่นถูกนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจเพื่อเป็น การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่ามากที่สุด จากการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรดังกล่าวทดแทนการใช้พลาสติก โดยพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติทั้งประเภทที่เป็นเส้นใยและประเภทที่แปรรูปเป็นแผ่นหรือรูปทรงต่าง ๆ (จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง, 2560) มีความสามารถในการย่อยสลายได้ง่ายและช่วยลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น แต่ปัญหาที่พบคือเชื้อราที่มีการเจริญเติบโตบนผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องมีการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อที่ขึ้นบนผลิตภัณฑ์ โดยการเคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยสารสกัดจากธรรมชาติ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพในการใช้งานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าว จึงเป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทดแทนของพลาสติกเพื่อบรรจุซิลิกาสำหรับดูดความชื้น โดยการนำเปลือกข้าวโพดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทำการศึกษาและพัฒนาให้เป็นเส้นใย เริ่มจากการต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผ่านกระบวนการต่าง ๆ อาทิ การล้าง การปั่น การกรอง และการตากให้แห้ง เมื่อได้เส้นใยจากเปลือกข้าวโพดที่อยู่ในลักษณะเป็นแผ่นหรือเป็นกระดาษ แล้วทำการเคลือบกระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดด้วยสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด เพื่อยับยั้งการเกิดเชื้อราที่อาจเกิดขึ้นบนกระดาษและขึ้นรูปให้กระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดนั้นเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับบรรจุซิลิกา

ด้วยคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทดแทนของพลาสติกเพื่อบรรจุซิลิกาสำหรับดูดความชื้นที่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกอีกชนิดหนึ่งที่เหมาะสมกับการใช้ในการดูดความชื้นทดแทนการใช้ของซิลิกาแบบเดิมที่มีอยู่ในท้องตลาด เพื่อเป็นการอนุรักษ์และรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนสืบต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางกายภาพ ชีวภาพ และการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อราของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

2. วิธีการทดลอง

2.1 การทำกระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพด มีขั้นตอนดังนี้

- 1) คัดเลือกเปลือกข้าวโพดออกจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น และตัดเปลือกข้าวโพดยาวขนาด 1 เซนติเมตร

- 2) ต้มเปลือกข้าวโพด 1,000 กรัม กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 200 กรัม ในน้ำ 3 ลิตร ระยะเวลา 1-2 ชั่วโมง
- 3) กรองน้ำออกและล้างด้วยน้ำสะอาด ล้างเส้นใยเปลือกข้าวโพดเพื่อลดความเข้มข้นที่ตกค้างของโซเดียมไฮดรอกไซด์อย่างน้อย 2-3 ครั้ง ตรวจสอบโดยการวัดด้วยเครื่องวัด pH จนเป็นกลาง (pH=7)
- 4) ปั่นเส้นใยเปลือกข้าวโพดจนได้เยื่อมีลักษณะละเอียดและนุ่มฟู
- 5) ซ้อนเยื่อและเกลี่ยเยื่อเปลือกข้าวโพดในตะแกรงซ้อนเยื่อให้มีความหนาเท่า ๆ กัน
- 6) ผึ่งกระดาษในตะแกรงให้แห้งและลอกกระดาษออกจากตะแกรงซ้อนเยื่อ

2.2 การทำสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ล้างผลมะกรูด ผานและหั่นผิวมะกรูดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร
- 2) แช่ผิวมะกรูดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 $\checkmark/\checkmark$ ปิดฝาแล้วเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานาน 7 วัน เขย่าทุกวัน จากนั้นกรองเอากากของผิวมะกรูดออก จะได้สารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด
- 3) กำหนดอัตราส่วนสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 $\checkmark/\checkmark$ ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ตามลำดับ

2.3 การเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพด

- 1) เคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่สกัดที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ppm 10,000 ppm และ 15,000 ppm ตามลำดับ โดยการสเปรย์ลงบนแผ่นกระดาษที่อยู่บนตะแกรงซ้อนเยื่อ ในขณะที่กระดาษไม่แห้งและไม่เปียกจนเกินไป และตากให้แห้ง
- 2) ผึ่งกระดาษในตะแกรงให้แห้ง

2.4 การทำกระดาษเป็นของผลิตภัณฑ์

- 1) วัดและตัดกระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ขนาด 17×13 ตารางเซนติเมตร
- 2) พับกระดาษตามขนาดที่ตัดไว้ และติดกระดาษด้วยเศษเยื่อเปลือกข้าวโพดที่ปั่นละเอียด
- 3) ได้ผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ขนาด 8×11 ตารางเซนติเมตร

2.5 การศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อราของกระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

- 1) หั่นเปลือกข้าวโพดที่มีเชื้อราติดอยู่ ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ใส่ในขวดที่มีน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อราด้วยสารละลายซูโครสความเข้มข้น ร้อยละ 0.1 จากนั้นปิดฝาให้สนิทหมักไว้นาน 1 คืน
- 2) ศึกษาการเติบโตของเชื้อราจากการเลี้ยงเชื้อราในข้อ 1) ด้วยกล้องจุลทรรศน์
- 3) ผสมน้ำที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อรากับเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ปั่นละเอียด แล้วทำเป็นกระดาษ
- 4) ตัดกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ได้จากข้อ 3) ขนาด 8×8 ตารางเซนติเมตร จำนวน 12 แผ่น โดยแบ่งเป็น 4 ชุด ชุดละ 3 แผ่น แล้วนำสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ระดับความเข้มข้น 5,000 ppm 10,000 ppm และ 15,000 ppm สเปรย์ลงบนกระดาษ แล้วใส่ถุง ปิดปากถุงเล็กน้อย สังเกตการต้านเชื้อราของสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด
- 5) ศึกษาการเติบโตของเชื้อราบนกระดาษ จากข้อ 4) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ แผ่นละ 9 จุด จากความเข้มข้น 0 ppm 5,000 ppm 10,000 ppm และ 15,000 ppm ตามลำดับ

2.6 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของกระดาษและผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

- 1) ตัดกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ให้มีขนาด 8×8 ตารางเซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 แผ่น
- 2) วางกระดาษและผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดลงบนดิน รดน้ำเข้า-เย็น ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ต่อครั้ง

3) บันทึกการเปลี่ยนแปลงของกระดาศ และผลิตภัณฑ์เส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด จนย่อยสลายหมด

2.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดกับของพลาสติก

2.7.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดกับของพลาสติก ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72)

1) พับกระดาศจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ให้เป็นช่องผลิตภัณฑ์ ขนาด 8×11 ตารางเซนติเมตร

2) ใส่ซิลิกาเจล ปริมาณ 50 กรัม ในผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด และทำการปิดช่องผลิตภัณฑ์

3) ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด และของพลาสติกก่อนทดสอบการดูดความชื้น

4) ทดสอบการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดของพลาสติก และซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 72) เพื่อวัดค่าความชื้นสูงสุดของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด เป็นระยะ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ

5) ชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบประสิทธิภาพการดูดความชื้น

6) ทำการคำนวณค่าร้อยละการดูดความชื้น

2.7.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดกับของพลาสติก ในถังข้าวสาร ที่บรรจุข้าวสาร 5 กิโลกรัม

1) ทำตามขั้นตอน 1) ถึง 3) ในข้อ 2.7.1 ที่กล่าวมาข้างต้น

2) วัดความชื้นในข้าวสาร 5 กิโลกรัม ด้วยเครื่อง Moisture Meter ก่อนและหลังทดสอบการดูดความชื้น

3) ทดสอบการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดของพลาสติก และซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ ในข้าวสาร 5 กิโลกรัม เป็นระยะ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แล้วชั่งน้ำหนักหลังการดูดความชื้น

4) คำนวณค่าน้ำหนักการดูดความชื้น และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ในข้าวสาร 5 กิโลกรัม

2.8 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาลักษณะของกระดาศเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

การทำกระดาศจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดให้เป็นผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเพื่อบรรจุซิลิกาสำหรับดูดความชื้น โดยมีคุณสมบัติในการย่อยสลายและความสามารถในการต้านเชื้อราด้วยการเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน คือ 0, 5,000, 10,000 และ 15,000 ppm พบว่า พื้นผิวของกระดาศมีเส้นใยเกาะตัวกันแน่น มีลักษณะ

เรียบสม่ำเสมอเหมือนกันทุกระดับความเข้มข้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มข้นตามลำดับ และศึกษาลักษณะเส้นใยของกระดาษด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ กำลังขยายที่ 45 เท่า (ภาพ 1)



(ก) 0 ppm

(ข) 5,000 ppm

(ค) 10,000 ppm

(ง) 15,000 ppm

ภาพ 1 ลักษณะเส้นใยของกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด
ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm

3.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อราของกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

การศึกษาความสามารถในการต้านการเกิดเชื้อราของสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ที่ระดับความเข้มข้น คือ 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ตามลำดับ ในระยะเวลา 7 และ 14 วัน โดยสังเกตการเติบโตของเชื้อราที่เกิดขึ้นบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ขนาด 8x8 ตารางเซนติเมตร ดังนี้

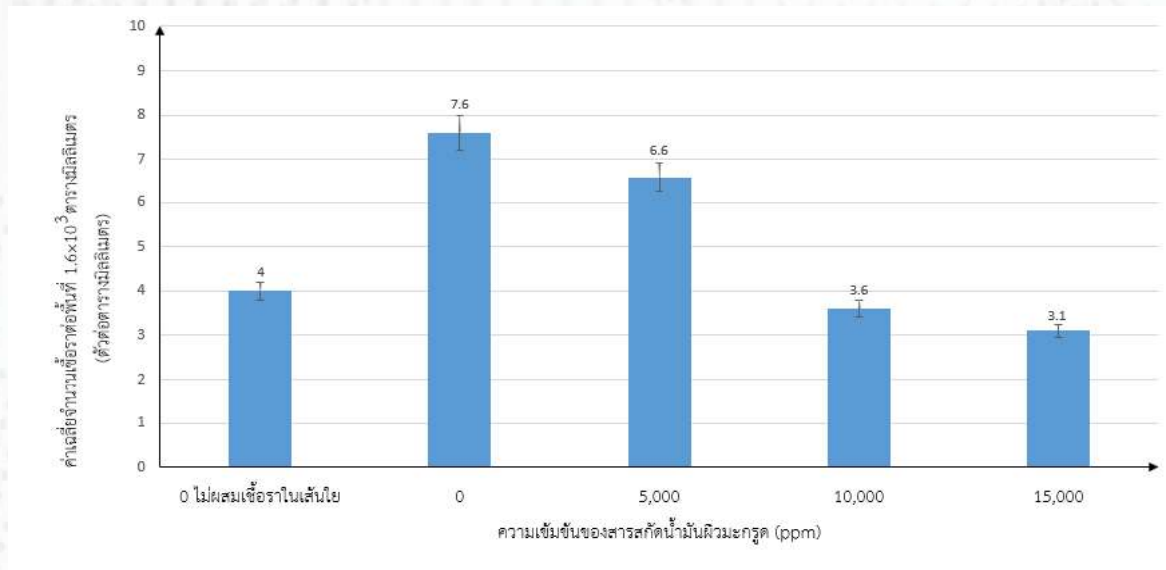
1) การสังเกตการขึ้นของกลุ่มเชื้อราที่พบทั่วไปในเปลือกข้าวโพดด้วยตาเปล่าและการศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์ ในระยะเวลา 7 วัน พบกลุ่มเชื้อราที่มีลักษณะเป็นจุดสีดำบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นของ 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ที่เกิดรวมกันเป็นกลุ่ม

2) การสังเกตการเจริญเติบโตของเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ขนาด 8x8 ตารางเซนติเมตร แผ่นละ 9 จุด ในพื้นที่ 1.6×10^3 ตารางมิลลิเมตร มีสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ตามลำดับ ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง ในระยะเวลา 14 วัน

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของกลุ่มเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ตามลำดับ จากการส่องถ่ายในกล้องจุลทรรศน์ ตามจำนวนจุดในพื้นที่ 1.6×10^3 ตารางมิลลิเมตร ดังกล่าว พบเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดแบบกระจายและแบบรวมเป็นกลุ่มแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อราต่อพื้นที่ เป็นการเติบโตของเชื้อราทั้งสองชนิด ดังตาราง (ตาราง 1) และกราฟการเติบโตของเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด (ภาพ 2)

ตาราง 1 แสดงค่าเฉลี่ยการเติบโตของเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ระดับความเข้มข้นของสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด (ppm)		ค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อราต่อพื้นที่ 1.6×10^3 ตารางมิลลิเมตร (ตัวต่อตารางมิลลิเมตร)
0	ไม่ผสมเชื้อราในเส้นใย	4.00±0.9
0	ผสมเชื้อราในเส้นใย	7.60±1.7
5,000	ผสมเชื้อราในเส้นใย	6.63±2.2
10,000	ผสมเชื้อราในเส้นใย	3.63±1.5
15,000	ผสมเชื้อราในเส้นใย	3.10±0.7



ภาพ 2 กราฟแสดงการเติบโตของเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

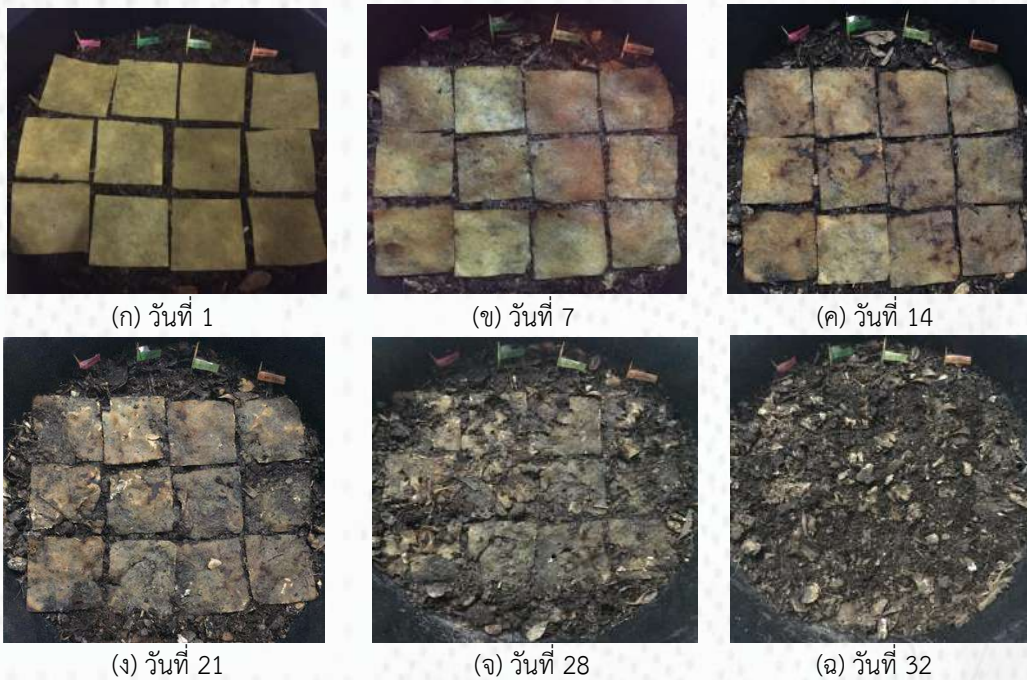
จากตาราง 1 และกราฟในภาพ 2 แสดงการเติบโตของเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 0 ppm แบบไม่ผสมเชื้อรา พบว่า จำนวนเชื้อราที่ขึ้นบนกระดาษ ต่อพื้นที่ 1.6×10^3 ตารางมิลลิเมตร คิดเป็น 4.00 ± 0.9 ตัวต่อตารางมิลลิเมตร และกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm แบบผสมเชื้อราในกระดาษ พบว่า เกิดเชื้อราที่ขึ้นบนกระดาษ 1.6×10^3 ตารางมิลลิเมตร คิดเป็น 7.60 ± 1.7 6.63 ± 2.2 3.63 ± 1.5 และ 3.10 ± 0.7 ตัวต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ กล่าวคือ ยิ่งความเข้มข้นสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดสูง การเติบโตของเชื้อรายิ่งลดลง และระดับความเข้มข้น 15,000 ppm มีความสามารถในการต้านเชื้อราได้ดีที่สุด

เมื่อศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อราบนกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดแบบไม่ผสมเชื้อราและสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ในระยะเวลา 7 และ 14 วัน พบว่าเชื้อราเจริญเติบโตน้อยมาก และคาดว่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดมีความหนาแน่นของเส้นใยสูง การขึ้นของเชื้อราจึงเป็นไปได้ยาก ไม่พบเชื้อราจากการสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดจึงไม่มีความจำเป็นในการใช้เพื่อยับยั้งเชื้อรา และคาดว่าด้วยเส้นใยที่มีความหนาจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดความชื้นลดลงได้ หากลดความหนาแน่นของกระดาษลง คาดว่าจะส่งเสริมให้เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้นแล้วเกิดเชื้อราเพิ่มมากขึ้น การทดลองที่ผสมเชื้อราลงไปในกระดาษดังกล่าวทำให้ทราบว่า การใช้สารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ความเข้มข้น 15,000 ppm จะช่วยลดจำนวนเชื้อราได้ดีที่สุด

3.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของกระดาษและผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทดแทนของพลาสติกเพื่อบรรจุซิลิกาสำหรับดูดความชื้น

3.3.1 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของกระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

การย่อยสลายของกระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน คือ 0 5,000 10,000 และ 15,000 ppm ตามลำดับ ตัดกระดาษ ขนาด 8x8 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 แผ่น รดน้ำเข้า - เย็น พบว่า กระดาษจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด แต่ละความเข้มข้น มีการย่อยสลายไม่แตกต่างกัน หรือคือสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่นำมาเคลือบผิวกระดาษในแต่ละความเข้มข้น ไม่มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของกระดาษ (ภาพ 3)



ภาพ 3 การย่อยสลายของกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด

จากภาพการย่อยสลายของกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกระดาษ (ภาพ 3 ค ง และ ฉ) พบว่า เริ่มมีการย่อยสลายในวันที่ 14 ซึ่งกระดาษมีลักษณะบางลง สามารถมองเห็นพื้นดินด้านล่างที่เป็นสีดำมากขึ้น วันที่ 21 กระดาษเริ่มขาดหรือเปื่อย และสามารถย่อยสลายได้หมด ในวันที่ 32 ของการทดลอง

3.3.2 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดกับของพลาสติก

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากกระดาษที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีการย่อยสลายไม่แตกต่างกัน จึงใช้กระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm ซึ่งมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อราสูงที่สุด มาบรรจุซิลิกาปริมาณ 50 กรัม ทำเป็นผลิตภัณฑ์ และศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายเทียบกับของพลาสติก โดยการฝังไว้ในดิน รดน้ำ และสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงทุกวัน (ภาพ 4)



ภาพ 4 การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์กับของพลาสติก

จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการย่อยสลาย ในวันที่ 2 ของการทดลอง และสามารถย่อยสลายจนหมดได้ ในวันที่ 12 ในขณะที่ของพลาสติกไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทำมาจากเส้นใยพืชที่เป็นอินทรีย์วัตถุ ซึ่งเมื่อถูกกระตุ้นด้วยปัจจัยต่าง ๆ เช่น การเพิ่มปริมาณความชื้น และแสง (ชวลิต สงประยูร, 2543) ทำให้มีการย่อยสลายของ

ผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็วขึ้น ส่วนของพลาสติกนั้นย่อยสลายยาก อาจไม่ย่อยสลายตามธรรมชาติ หรือใช้เวลาในการย่อยสลายตามธรรมชาตินานหลายสิบปี (สำนักงานวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2559) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าของพลาสติก (ภาพ 5)



(ก) วันที่ 2

(ข) วันที่ 6

(ค) วันที่ 10

(ง) วันที่ 12

ภาพ 5 การย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด และของพลาสติก (ตัวควบคุม)

ตาราง 2 การเปรียบเทียบค่า pH ของผลิตภัณฑ์และของพลาสติก

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ค่า pH
 ผลิตภัณฑ์ไม่บรรจุซิลิกา	 pH 8
 ผลิตภัณฑ์บรรจุซิลิกา	 pH 9
 ของพลาสติก	 pH 7

เมื่อเปรียบเทียบการย่อยสลายของกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพด และผลิตภัณฑ์ (ที่บรรจุซิลิกาแล้ว) พบว่ากระดาษมีการย่อยสลายได้ช้ากว่าผลิตภัณฑ์ คือ กระดาษสามารถย่อยสลายได้ทั้งหมด 32 วัน แต่ผลิตภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ทั้งหมดเพียง 12 วัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นของกระดาษจากการพับมากกว่า ทั้งยังบรรจุซิลิกา โดยจากการทดสอบแช่ผลิตภัณฑ์และของพลาสติก เพื่อเปรียบเทียบค่า pH ของผลิตภัณฑ์และของพลาสติก (ตาราง 2) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ไม่บรรจุซิลิกา มีค่า pH 8 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุซิลิกา มีค่า pH 9 และของพลาสติก มีค่า pH 7 ซึ่งซิลิกามีผลต่อผลิตภัณฑ์คือเมื่อซิลิกาสัมผัสกับน้ำทำให้ซิลิกาแตกตัว ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุซิลิกานั้นฉีกขาด บางและเปื่อยยุ่ย รวมทั้งผลิตภัณฑ์บรรจุซิลิกามีความเป็นเบสสูง จึงมีส่วนในการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ได้เร็วขึ้น

3.4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดเทียบกับของพลาสติก

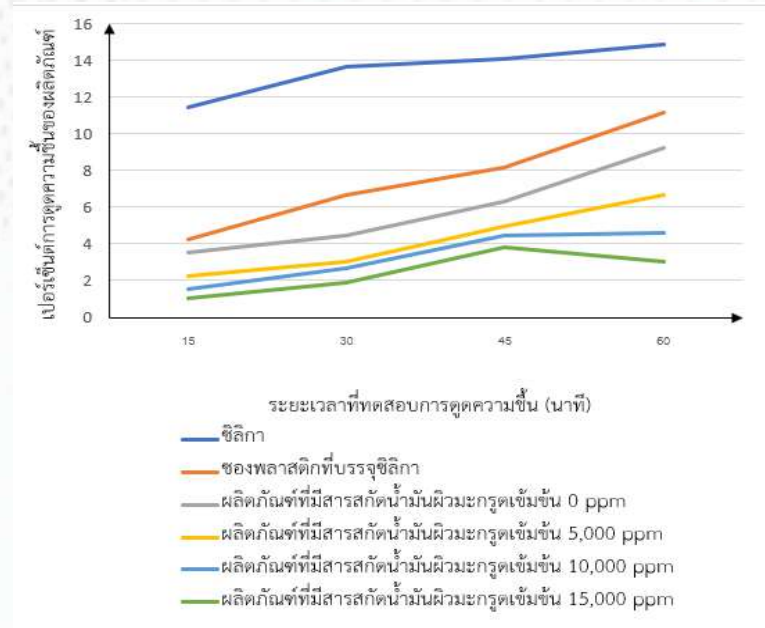
3.4.1 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดกับของพลาสติก ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72)

โดยทดสอบประสิทธิภาพการดูดความชื้นเป็นระยะเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แสดงร้อยละการดูดความชื้นของซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ ของพลาสติกที่บรรจุซิลิกาและผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72) (ตาราง 3) และกราฟการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72) (ภาพ 6)

ตาราง 3 แสดงค่าร้อยละการดูดความชื้นของซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ ของพลาสติกที่บรรจุซิลิกา และผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72)

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ค่าร้อยละการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์			
	ระยะเวลา (นาที)			
	15	30	45	60
ซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์	11.44±0.25	13.67±0.40	14.06±0.05	14.88±0.11
ของพลาสติกที่บรรจุซิลิกา	4.24±0.16	6.70±0.33	8.18±0.44	11.13±0.39
0 ppm	3.51±0.16	4.49±0.59	6.28±0.28	9.22±0.92
5,000 ppm	2.25±0.12	3.00±0.85	4.93±0.55	6.70±0.68
10,000 ppm	1.55±0.60	2.69±0.67	4.47±0.37	4.62±0.49
15,000 ppm	1.02±0.42	1.88±0.44	3.79±0.61	3.04±0.29

จากตารางการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72) ในช่วงระยะ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ พบว่า ในระยะเวลา 60 นาที ซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์มีความสามารถในการดูดความชื้นสูงสุด (ร้อยละ 14.88±0.11) และผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทุกระดับความเข้มข้น สามารถดูดความชื้นได้สูงสุดที่ร้อยละ 9.22±0.92 6.70±0.68 4.62±0.49 และ 3.04±0.29 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ระดับความเข้มข้นน้อยที่สุด (0 ppm) มีความสามารถในการดูดความชื้น (ร้อยละ 9.22±0.92) ใกล้เคียงกับของพลาสติก (ร้อยละ 11.13±0.39) มากที่สุด



ภาพ 6 กราฟการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นอิมตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72)

จากกราฟการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ที่ความชื้นอิมตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72) ในช่วงระยะ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ พบว่า ซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์มีความสามารถในการดูดความชื้นสูงสุด และผลิตภัณฑ์ (0 ppm) มีความสามารถในการดูดความชื้น ใกล้เคียงกับของพลาสติกมากที่สุด ในระยะเวลา 45 - 60 นาที

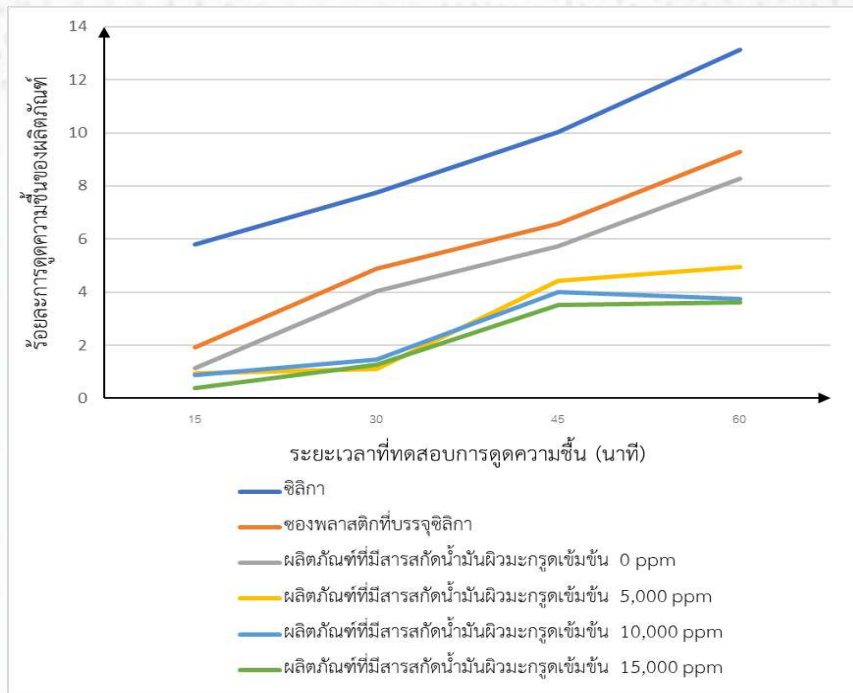
3.4.2 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดกับของพลาสติก ในถังข้าวสารที่บรรจุข้าวสาร 5 กิโลกรัม

โดยทดสอบประสิทธิภาพการดูดความชื้นเป็นระยะเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ แสดงค่าร้อยละการดูดความชื้นของซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ ของพลาสติกที่บรรจุซิลิกาและผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ในข้าวสาร 5 กิโลกรัม (ตาราง 4) และกราฟการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดในข้าวสาร 5 กิโลกรัม (ภาพ 7)

ตาราง 4 แสดงค่าร้อยละการดูดความชื้นของซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์ ของพลาสติกที่บรรจุซิลิกา และผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ในข้าวสาร 5 กิโลกรัม

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ค่าร้อยละการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์			
	ระยะเวลา (นาที)			
	15	30	45	60
ซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์	5.79±0.05	7.76±0.10	10.05±0.17	13.14±0.10
ของพลาสติกที่บรรจุซิลิกา	1.93±0.01	4.87±0.02	6.58±0.06	9.30±0.08
0 ppm	1.14±0.03	4.03±0.11	5.73±0.74	8.26±0.50
5,000 ppm	0.94±0.72	1.10±0.56	4.42±0.26	4.94±0.83
10,000 ppm	0.87±0.09	1.46±0.40	4.02±0.59	3.73±0.80
15,000 ppm	0.40±0.03	1.28±0.48	3.53±0.30	3.60±0.27

จากตารางการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ในข้าวสาร 5 กิโลกรัม ในช่วงระยะ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ พบว่า ในระยะเวลา 60 นาที ซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์มีความสามารถในการดูดความชื้นสูงสุด (ร้อยละ 13.14 ± 0.10) และผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทุกระดับความเข้มข้น สามารถดูดความชื้นได้สูงสุดที่ ร้อยละ 8.26 ± 0.50 4.94 ± 0.83 3.73 ± 0.80 และ 3.60 ± 0.27 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ระดับความเข้มข้นน้อยที่สุด (0 ppm) มีความสามารถในการดูดความชื้น (ร้อยละ 8.26 ± 0.50) ใกล้เคียงกับของพลาสติก (ร้อยละ 9.30 ± 0.08) มากที่สุด



ภาพ 7 กราฟการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดในข้าวสาร

จากกราฟการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ในข้าวสาร 5 กิโลกรัม (ภาพ 7) ในช่วงระยะ 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ พบว่า ซิลิกาที่ไม่มีบรรจุภัณฑ์มีความสามารถในการดูดความชื้นสูงสุด และผลิตภัณฑ์ (0 ppm) มีความสามารถในการดูดความชื้น ใกล้เคียงกับของพลาสติกมากที่สุด ในระยะเวลา 15 - 60 นาที

ดังนั้นจากการทดสอบความสามารถในการดูดความชื้น ที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72) และในข้าวสาร 5 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด (0 ppm) สามารถดูดความชื้นได้ใกล้เคียงกับของพลาสติกมากที่สุด และผลิตภัณฑ์ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 0 ppm มีความสามารถในการดูดความชื้นไม่ต่างกัน

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด มีพื้นผิวเรียบสม่ำเสมอ และมีความหนาแน่นสูง การเกิดเชื้อราตามธรรมชาติจึงเกิดได้ยาก แต่หากลดความหนาแน่นลง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดความชื้น สารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm จะมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อราได้ดีที่สุด ประสิทธิภาพในการดูดความชื้นที่ความชื้นอิ่มตัว (ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 72) และการดูดความชื้นจริงในถังข้าวสาร 5 กิโลกรัม พบว่าผลิตภัณฑ์มีความสามารถใกล้เคียงกับของพลาสติก และผลิตภัณฑ์สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้หมดในเวลาเพียง 12 วัน ด้วยคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ทดแทนของพลาสติกดูดความชื้นได้

4. บทสรุป

การศึกษาพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด มีลักษณะเรียบสม่ำเสมอ เส้นใยเปลือกข้าวโพดเกาะตัวกันแน่น การต้านเชื้อราของกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบเชื้อราบนกระดาษเป็นกลุ่มเชื้อราทั่วไปจากเปลือกข้าวโพด มีลักษณะเป็นก้อนสปอร์ สีดำ และเป็นท่อนสีดำ ซึ่งกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ไม่เคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดและไม่ผสมเชื้อรา มีความหนาแน่นของกระดาษสูง จึงทำให้เชื้อราที่พบตามธรรมชาติเกิดขึ้นบนกระดาษได้ยาก แต่ถ้าหากมีการขึ้นของเชื้อราสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ppm มีความสามารถในการต้านเชื้อราได้ดีและควรนำมาใช้มากที่สุด รวมทั้งการย่อยสลายของกระดาษเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูดทุกระดับความเข้มข้นสามารถย่อยสลายจนหมดเท่ากันภายใน 32 วัน ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุซิลิกา มีการย่อยสลายเพียงเวลา 12 วัน เนื่องจากซิลิกาที่บรรจุอยู่สัมผัสกับน้ำทำให้ซิลิกาแตกตัวและผลิตภัณฑ์ฉีกขาด บาง และเปื่อยยุ่ย จึงมีส่วนในการย่อยสลายได้เร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับของพลาสติก ซึ่งไม่มีการย่อยสลายได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ที่ระดับความเข้มข้น 0 ppm สามารถดูดความชื้น ที่ปริมาณความชื้นสูงสุด คือความชื้นอิมดัว ณ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72 ได้ ร้อยละ 9.22 ± 0.92 และทดสอบการดูดความชื้นจริงจากถังที่บรรจุข้าวสาร 5 กิโลกรัม ได้ ร้อยละ 8.26 ± 0.50 ซึ่งมีความสามารถดูดความชื้นใกล้เคียงกับของพลาสติก

ดังนั้น จากประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ของเส้นใยเปลือกข้าวโพดเคลือบสารสกัดน้ำมันผิวมะกรูด ที่มีความสามารถในการดูดความชื้นใกล้เคียงกับของพลาสติก และมีคุณสมบัติในการย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการใช้ดูดความชื้นทดแทนการใช้ของพลาสติกจากเดิมที่มีอยู่ในท้องตลาด เพื่อเป็นการอนุรักษ์และรักษาสິงแวดล้อมอย่างยั่งยืนสืบต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] วรณีย์ อุโพบูรณ์. 2548. การรักษาคุณภาพสินค้าด้วยสารดูดความชื้น. บทความวิทยุกระจายเสียง รายการสาระยามบาย, 53. สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- [2] ภัทรชาติ ชงงาม, ปิยะนุช เจริญยอด และ วันชัยยุทธ วงษ์เทพ. ม.ป.ป. กระดาษเปลือกข้าวโพดทำมือ การสร้างบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม. สถาบันถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- [3] จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง, วิรัชยา อินทะกัณท์ และ กุลชญา สีวหนอง. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ กลุ่มศิลปะประดิษฐ์โอท็อป (OTOP) จังหวัดพิษณุโลก. วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 8, 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม) : 164-165.
- [4] ขวลิติ ธงประยูร. (2543). วิทยาการเกษตร. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : https://www.baanjommyut.com/library_5/agricultural_knowledge/agricultural_science/12.html ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. ขยะพลาสติก กักเก็บไว้. 2559. [ออนไลน์] เข้าถึงจาก : <http://www.parliament.go.th/library> 29 ธันวาคม 2562.

ถักดูดซับน้ำมันธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์เพื่อดูดซับคราบน้ำมันปนเปื้อน Natural Absorbent Product from Spent Coffee Grounds Fermented with Water Kefir for Oil Decontamination

อจลญา ทองอำไพ¹ ณปภัสรา ขาวเจริญ¹ พรสุตา โฉมกระโทก¹ ดวงฤทัย นิคมรัฐ^{1*}
ภัทริกา สูงสมบัติ¹ และ ณัฐชฌัย ลักษณะอำนวนยพร¹

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อกรุงเทพมหานคร 10800

*E-mail: duongruitai.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

คราบน้ำมันปนเปื้อนที่เกิดจากการประกอบอาหารในทุกครัวเรือน พบว่าถูกกำจัดได้ยาก เมื่อเกิดการสะสมเป็นเวลานาน ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยต้องการกำจัดคราบน้ำมันในครัวเรือนด้วยการใช้กากกาแฟที่เหลือทิ้งจากกาแฟ 2 ชนิดที่ได้จากแหล่งการผลิตกาแฟที่ต่างกัน คือ A และ B พบว่ากากกาแฟชนิด A มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันพืชเนื่องจากสามารถดูดซับน้ำมันได้ดีกว่ากากกาแฟชนิด B เมื่อนำกากกาแฟมากำจัดไขมันด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1 3 33 50 80 และ 100 (ปริมาตร/ ปริมาตร) เป็นเวลานาน 30 นาที พบว่าตัวอย่างกากกาแฟที่แช่ใน H_2O_2 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 (ปริมาตร/ ปริมาตร) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการดูดซับน้ำมัน เมื่อนำกากกาแฟชนิด A และด้วยน้ำหมักจากคีเฟอร์น้ำสับปะรด สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายกากกาแฟให้ดีขึ้นร้อยละ 52 ถักดูดซับธรรมชาติทำจากเยื่อกระดาษที่ใส่กากกาแฟดังกล่าว มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันพืชได้ร้อยละ 51.07 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม คือถักสำลีและถักกากกาแฟ ที่ดูดซับน้ำมันได้ร้อยละ 73.85 และ 30.04 ตามลำดับ ผลผลิตถักดูดซับคราบน้ำมันดังกล่าวสามารถทิ้งลงสู่ดินและถูกย่อยสลายในธรรมชาติได้มากกว่าร้อยละ 52 ภายใน 1 เดือน จากผลการศึกษาดังกล่าวเห็นได้ว่ากากกาแฟหมักด้วยคีเฟอร์ที่มีคุณสมบัติเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์ มีราคาย่อมเยา เหมาะสมในการพัฒนาเพื่อกำจัดน้ำมัน และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดูดซับน้ำมันที่สัมผัสกับผิวหนังได้ต่อไป

คำสำคัญ: กากกาแฟ คีเฟอร์ คราบน้ำมัน ถักดูดซับ

Abstract

Oil spills in every household caused by cooking are difficult to remove when accumulating for a long time. In this study, the researchers aimed to develop the spent coffee grounds for oil absorption. the 2 spent coffee grounds samples, types A and B were obtained from different coffee shop. The sample type A demonstrated more effective in absorbing vegetable oil, thus it was treated with hydrogen peroxide (H_2O_2) solution at the concentration of 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 and 100 percentages(v/v) for 30 minutes and determined for the efficiency in oil absorption. The sample treated with at least 80 % (v/v) H_2O_2 showed the most effectiveness in absorbing oil. The spent coffee grounds that were later treated with pineapple juice fermented with Kefir could help increase coffee ground degradation at 51.07 percentages. The Kefir treated spent coffee grounds packed in an absorbent bag revealed higher effectiveness in oil absorption at least 51.07 percentages compared to the controls that were cotton bag and coffee a harboring at the percentages of 73.85 and 30.04, respectively. The spent coffee ground bag

could be decomposed in nature for 52 percentages within 1 month. Due to the oil absorption properties of the spent coffee grounds that are environmentally and human friendly as well as low cost, it is possible to develop the Kefir treated coffee grounds for being oil-absorbing products that can come in contact with human skin.

Keywords: spent coffee grounds, Kefir, Oil removal, Absorbent bags

1. บทนำ

ปัญหาการปนเปื้อนจากไขมันที่เกิดจากการทำอาหาร ก่อให้เกิดรอยเปื้อนทำให้ห้องครัวดูสกปรกเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรค และอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ โดยเฉพาะคราบน้ำมันที่อยู่บนพื้น ซึ่งบางครั้งหากปล่อยทิ้งไว้นานอาจกลายเป็นคราบน้ำมันที่ฝังแน่น จนทำความสะอาดได้ยาก การทำความสะอาดในปัจจุบันมักใช้สารเคมี ที่อาจเจือปนในแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ ซึ่งไม่เป็นมิตรต่อผู้ใช้และก่อเกิดพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ การกำจัดคราบน้ำมันสามารถใช้วิธีต่างๆ โดยการใช้สารหรือกระดาษทิชชูเพื่อทำความสะอาดแล้วทิ้งเนื่องจากสารและกระดาษทิชชูด้วยมีคุณสมบัติดูดซับน้ำมันได้ และมีราคาถูก มีข้อเสีย คือ หลังจากการทำความสะอาดคราบน้ำมันแล้ววัสดุเหล่านี้จะถูกนำไปทิ้งโดยไม่มีมีการกำจัดคราบน้ำมันที่ดูดซับทำให้น้ำมันดังกล่าวตกค้างบนพื้นผิวสิ่งแวดล้อม

กากกาแฟถือว่าเป็นสินค้าบริโภคที่มีการซื้อขายมากซึ่งหลังจากกระบวนการสกัดน้ำกาแฟ จะเหลือเพียงส่วนของกากกาแฟที่ไม่สามารถนำมาใช้ได้ อีก รากกาแฟส่วนใหญ่จะทิ้งลงขยะและถ้าหากทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ จะส่งผลให้ค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) ในน้ำมีปริมาณสูงขึ้น หากมีการจัดการกากกาแฟไม่ถูกต้องจะส่งผลให้เป็นแหล่งสะสมของเชื้อรา และแบคทีเรียต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ (รพีพรรณ, 2560) ในขณะที่กากกาแฟเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนานำกากกาแฟมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น นำไปใช้ทำปุ๋ยเพื่อปลูกต้นไม้ เนื่องจากมีธาตุไนโตรเจนสูง ซึ่งไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญ ซึ่งพืชต้องนำไปใช้ในการเจริญเติบโต กากกาแฟยังมีโพแทสเซียม ฟอสฟอรัสและสารอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ที่ช่วยเพิ่มพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งได้มีการนำไปใช้กำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นในตู้เย็น ด้วยมีคุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นได้ดี สารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในกากกาแฟ ประกอบด้วย โพลีแซคคาไรด์ กรดไขมัน โปรตีน คาเฟอีน สารประกอบฟีนอล และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยสารเหล่านี้อาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟ แหล่งปลูก ขั้นตอนการผลิต และวิธีการสกัด เป็นต้น (รพีพรรณ, 2560) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากากกาแฟเหลือทิ้งสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าได้หลากหลาย

คีเฟอร์เป็นนมหมักกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ ที่ให้รสชาติคล้ายโยเกิร์ตแต่เข้มข้นกว่า คีเฟอร์เป็นที่นิยมในกลุ่มของคนรักสุขภาพ เนื่องจากอุดมด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ 2 กลุ่ม ได้แก่ ยีสต์ *Saccharomyces exiguus* หรือ *S. kefir* และกลุ่มแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) ที่อยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) และยึดเกาะกันด้วยสารที่มีลักษณะเป็นเมือกเหนียวประเภทพอลิแซคคาไรด์ ส่วนกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก เช่น กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดกลูโคโคนิก กรดมาลิก กรดออกซาลิก กรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน กรดกลูคูโรนิก เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์, ม.ป.ป.) การหมักด้วยยีสต์ทำให้มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ด้วยอาหารที่ใช้เลี้ยงคีเฟอร์อาจเป็นนมวัว หรือนมแพะ แต่บางครั้งอาจเพาะเลี้ยงในน้ำผลไม้ น้ำผลไม้ หรือน้ำมะพร้าว เมื่อดคีเฟอร์ที่เลี้ยงในน้ำผสมน้ำตาลเรียกว่า คีเฟอร์น้ำ (Water kefir) ทั้งนี้คีเฟอร์มีคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิด ช่วยลดการอักเสบ ชุ่มชื้นเนื้อเยื่อสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน (Chenkaratline et al, 2019)

จากที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่าจะสามารถพัฒนากากกาแฟมาใช้กำจัดคราบน้ำมันที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยคณะผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ในการดูดซับน้ำมันสามารถใช้กากกาแฟที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำกาแฟที่ยังคงสารอาหารที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะไขมัน น้ำตาล แร่ธาตุ และวิตามิน ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อยู่ในคีเฟอร์ได้ ดังนั้นเมื่อหมักกากกาแฟด้วยน้ำคีเฟอร์จะสามารถนำกากกาแฟที่ผลิตในครัวเรือน โดยไม่ก่อให้เกิดความระคายเคืองหากสัมผัสกับผิวหนังจากหลักการดังกล่าวจึงเป็นแนวทางหนึ่งของการลดการใช้สารเคมี ลดปัญหาของคราบน้ำมันและลดปริมาณขยะของกากกาแฟที่ทิ้งไปเป็นการเพิ่มมูลค่ามากกว่าการเลือกนำกากกาแฟมาทำเป็นปุ๋ย ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคีเฟอร์ งานวิจัยได้ทำการทดสอบศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติการดูดซับน้ำ คุณสมบัติการดูดซับน้ำมัน ศึกษา

การย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ที่ถูกดูดซับคราบน้ำมัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ถูกดูดซับคราบน้ำมันจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคืเฟอร์ที่ได้จะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการกำจัดคราบน้ำมัน และทดแทนการใช้สารเคมีต่าง ๆ ได้ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของกากกาแฟหมักด้วยน้ำคืเฟอร์ในการกำจัดคราบน้ำมัน
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ถูกดูดซับคราบน้ำมันธรรมชาติจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคืเฟอร์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ที่ถูกดูดซับคราบน้ำมันจากกากกาแฟหมักด้วยน้ำคืเฟอร์

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 วิธีการเตรียมคืเฟอร์น้ำสับปะรด

2.1.1 ปริมาณที่ใช้

- 1) เม็ดคืเฟอร์ 50 กรัม
- 2) น้ำดื่มสะอาด 200-250 มิลลิลิตร
- 3) น้ำตาลทรายแดง 12 กรัม

2.1.2 วิธีทำ

- 1) ล้างเม็ดคืเฟอร์ด้วยน้ำดื่มสะอาด
- 2) เตรียมเม็ดคืเฟอร์ปริมาณ 50 กรัม ลงในสารละลายน้ำสับปะรด ปริมาตร 200 มิลลิลิตร และน้ำตาลทรายแดง ปริมาตร 12 กรัม
- 3) หมักน้ำคืเฟอร์สับปะรดใส่ในภาชนะ และปิดฝาหมักทิ้งไว้ 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง
- 4) กรองน้ำคืเฟอร์ แล้วนำน้ำที่กรองใส่ภาชนะเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟ

- 2.2.1 การร่อนกากเป็นผงละเอียด ไม่จับตัวกันเป็นก้อน และตากแดดเพื่อให้แห้ง
- 2.2.2 การอบกากกาแฟไล่ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
- 2.2.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาลักษณะกากกาแฟด้วยกล้องสเตอริโอ เพื่อศึกษาลักษณะความแตกต่างของกากกาแฟชนิด A และ B
- 2) ศึกษาความหนาแน่นของกากกาแฟโดยการอัดกากกาแฟลงในหลอดทดลอง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และนำกากกาแฟออกมาชั่งน้ำหนัก เพื่อกำหนดหาความหนาแน่น โดยการใช้สูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \text{มวล/ปริมาตร (กรัม/มิลลิลิตร)}$$

3) ทดสอบการดูดซับน้ำ โดยการหยดน้ำในปริมาณ 1 มิลลิลิตร และสังเกต การเปลี่ยนแปลงของกากกาแฟชนิด A และ B แล้วบันทึกผล

4) ทดสอบการดูดซับน้ำมันในกากกาแฟชนิด A และ B โดยการหยดน้ำมัน จนกระทั่งกากกาแฟไม่สามารถอุ้มน้ำมัน และไหลผ่านกากกาแฟลงบีกเกอร์ จึงหยุดการหยดน้ำมันแล้วบันทึกผล

2.3 การศึกษาคุณลักษณะของกากกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมัน

2.3.1 การกำจัดไขมันจากกากกาแฟด้วย H_2O_2

- 1) ชั่งกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้น ปริมาตร 20 กรัม
- 2) ผสมกากกาแฟและสารละลาย H_2O_2 ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 เข้าด้วยกัน มีน้ำกลั่นเป็นตัวควบคุม ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที เพื่อดูการแยกชั้นของน้ำมันและ กากกาแฟ
- 3) กรองน้ำที่แยกชั้นออกมาด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
- 4) นำกากกาแฟที่ผ่านการกรองเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
- 5) วางกากกาแฟไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้อุณหภูมิคงที่ และนำไปทดสอบขั้นตอนต่อไป

2.3.2 การทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2

1) นำกากกาแฟที่เตรียมไว้ที่อุณหภูมิห้องมาทดสอบการอุ้มน้ำมันโดยการนำกากกาแฟไปชั่งตัวอย่างละ 1 กรัม มาทดสอบโดยการหยดน้ำมันพืชจนกระทั่งกากกาแฟไม่สามารถอุ้มน้ำมันพืชได้ และไหลลงด้านล่างบีกเกอร์

2) เลือกชนิดกากกาแฟ และความเข้มข้นสารละลาย H_2O_2 ที่เหมาะสมจากการทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันใน ข้อ 1) โดยเลือกจากกากกาแฟที่สามารถอุ้มน้ำมันได้ดีที่สุด

2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพของกากกาแฟในการดูดซับน้ำมันและการย่อยสลายด้วยการผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด

2.4.1 นำกากกาแฟมาผสมด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดปริมาณ 10 มิลลิลิตร/ กากกาแฟ 20 กรัม

2.4.2 ตากกากกาแฟที่ผสมด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.4.3 นำกากกาแฟที่ผสมด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดมาบรรจุใส่ถุงชา ถุงละ 10 กรัม เป็นผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

2.5 การศึกษาคุณสมบัติการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

2.5.1 ชั่งน้ำมันพืช 39 กรัม (40 มิลลิลิตร) เติมลงในบีกเกอร์

2.5.2 เตรียมชุดควบคุม คือ สำลับรรจุใส่ถุง กากกาแฟที่ไม่ผ่านการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2 และไม่ผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด และผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

2.5.3 นำชุดควบคุม (ถุงสำลั, ถุงกากกาแฟ) และผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันแช่ลงในบีกเกอร์นาน 20 นาที แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณของน้ำมันพืชที่ถูกดูดซับ

2.6 การศึกษาการย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมัน

2.6.1 นำผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันที่ผ่านการทดสอบการดูดซับน้ำมันฝังลงในดิน ศึกษาการย่อยสลาย ทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 1 เดือน

2.6.2 นำผลิตภัณฑ์ถุงดูดซับคราบน้ำมันขึ้นมาเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงโดยการบันทึกภาพ ทุก 1 สัปดาห์

2.6.3 หลังจากครบระยะเวลา 1 เดือน นำกากกาแฟเทออกจากถุงแล้วตากให้แห้ง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.6.4 ชั่งกากกาแฟ บันทึกผล และ คำนวณหาปริมาณของกากกาแฟที่ย่อยสลายไปในดิน จาก สมการ ปริมาณของกากกาแฟที่ย่อยสลายในดิน = น้ำหนักกากกาแฟก่อนดูดซับน้ำมัน - น้ำหนักกากกาแฟหลังย่อยสลายไป 1 เดือน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 คีเฟอร์น้ำสับปะรด

3.1.1 การเลี้ยงคีเฟอร์น้ำสับปะรด

จากการนำคีเฟอร์มาเลี้ยงด้วยน้ำสับปะรดเป็นเวลา 4 วัน พบว่า จำนวนเม็ดคีเฟอร์มีการเจริญเติบโตและจำนวนเพิ่มขึ้น มีลักษณะคล้ายเม็ดสาหร่าย เป็นเมือกเหนียว (ภาพ 1) และมีฟองอยู่ 4-5 มีกลิ่นของแอลกอฮอล์



(ก) เม็ดคีเฟอร์น้ำ

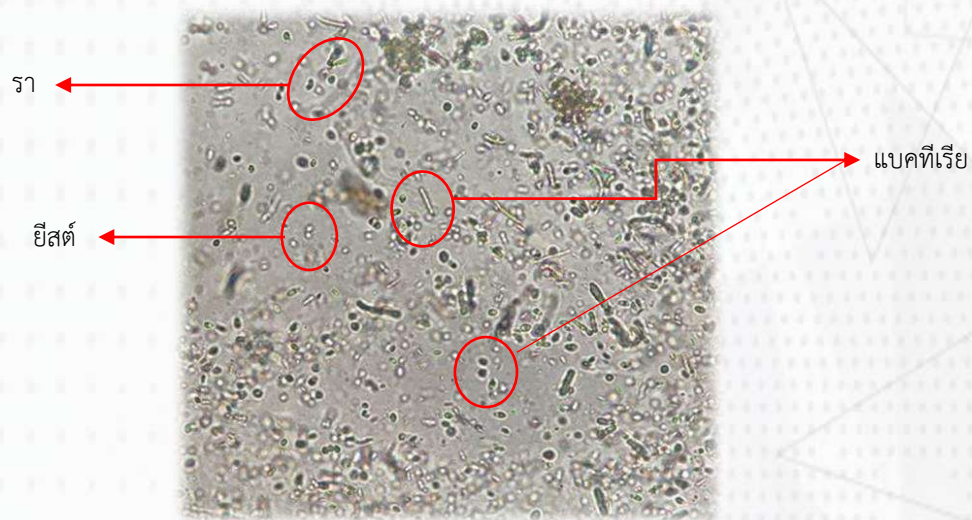


(ข) น้ำสับปะรดที่แยกจากเม็ดคีเฟอร์

ภาพ 1 ลักษณะคีเฟอร์น้ำสับปะรด

3.1.2 การศึกษาจุลินทรีย์ในคิเฟอร์น้ำสับปะรดภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลจากการศึกษาจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตในคิเฟอร์น้ำสับปะรด ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100X พบจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น ยีสต์ มีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม แบคทีเรียมีลักษณะรูปร่างกลม (coccus) และรูปแท่ง (bacillus) รา มีลักษณะเป็นสาย (hypha) (รุ่งโรจน์ ศรีรักษา, ม.ป.ป.) (ภาพ 2) โดยจุลินทรีย์นี้อาศัยอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย ได้รับประโยชน์แบบเกื้อกูลกัน โดยอยู่ในตัวกลางที่ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และน้ำตาล จุลินทรีย์เหล่านี้เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสร้างเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการหมักซึ่งรวมถึงการใช้สารอาหารที่มีอยู่ในกากกาแฟ นอกจากนี้สัดส่วนของเชื้อจุลินทรีย์พบว่ามีแตกต่างกันไปบ้างเล็กน้อย มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและอาหารที่ใช้เลี้ยง ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้ออื่น ๆ ในกระบวนการเลี้ยง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในคิเฟอร์ยังคงมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการย่อยสลาย ผู้วิจัยจึงได้นำคิเฟอร์น้ำสับปะรดมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จากการเลี้ยงน้ำคิเฟอร์ที่ได้จากน้ำสับปะรด มาแช่กากกาแฟเพื่อให้กากกาแฟมีคุณสมบัติในการย่อยสลายที่ดีขึ้น ช่วยให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันได้ดียิ่งขึ้น

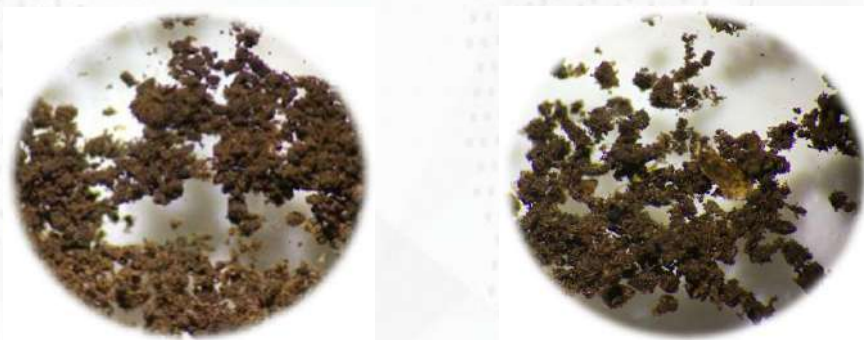


ภาพ 2 ลักษณะจุลินทรีย์ในคิเฟอร์น้ำสับปะรด

3.2 คุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟ

3.2.1 ในการศึกษาลักษณะของกากกาแฟภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของกากกาแฟ ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 100X พบว่า กากกาแฟชนิด A (ด้านซ้าย) มีลักษณะละเอียด และสีอ่อน และไม่จับกันเป็นก้อน แต่กากกาแฟชนิด B (ด้านขวา) มีลักษณะหยาบ สีเข้ม และจับกันเป็นก้อน (ภาพ 3)



ภาพ 3 ลักษณะทางกายภาพของกากกาแฟ ชนิด A (ซ้าย) และ B (ขวา)

ลักษณะของกากกาแฟ ทั้ง 2 ชนิดนี้แตกต่างกันซึ่งอาจเป็นเพราะมาจากแหล่งที่มาแตกต่างกัน และการสกัดน้ำผ่านเครื่องทำกาแฟที่มีความดันไอน้ำที่ไม่เท่ากัน จึงทำให้ลักษณะของกากกาแฟแตกต่างกันออกไป

3.2.2 ความหนาแน่นของกากกาแฟ

จากการทดสอบโดยการอัดกากกาแฟลงในหลอดทดลองปริมาตร 10 มิลลิลิตร และนำกากกาแฟออกมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาความหนาแน่น ดังตาราง 1 พบว่า กากกาแฟชนิด A มีความหนาแน่นน้อยกว่ากากกาแฟชนิด B แสดงให้เห็นว่ากากกาแฟชนิด A มีพื้นที่สามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่ากากกาแฟชนิด B

ตาราง 1 ความหนาแน่นของกากกาแฟชนิด A และ B

ชนิดกากกาแฟ	ปริมาตร (cm ³)	น้ำหนัก (g)	ความหนาแน่น (g/cm ³)
A	10	12.91	0.12
B	10	13.36	0.13

หมายเหตุ ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร

3.2.3 คุณสมบัติการดูดซับน้ำของกากกาแฟ

จากการนำกากกาแฟ 1 กรัม ทดลองหยดน้ำในปริมาณ 1 มิลลิลิตร และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกากกาแฟชนิด A และ B พบว่า กากกาแฟชนิด A มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำได้ดีเนื่องจากมีลักษณะขุ่นและจับตัวเป็นก้อนได้ดีกว่ากากกาแฟชนิด B ซึ่งมีลักษณะเหลว ละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ดังตาราง 2

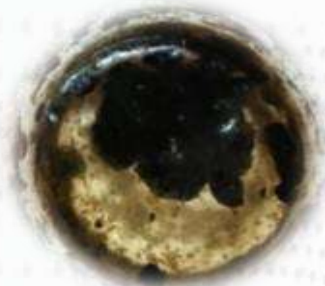
ตาราง 2 การทดสอบการดูดซับน้ำของกากกาแฟชนิด A และ B

ชนิดของกากกาแฟ	A	B
 ภาพของกากกาแฟที่หยดน้ำ 		
ปริมาณของน้ำ (ml)	1	1

3.2.4 คุณสมบัติการดูดซับน้ำมันของกากกาแฟ

จากการนำกากกาแฟ 1 กรัม ทดลองหยดน้ำมัน และสังเกตการเปลี่ยนแปลง พบว่า กากกาแฟชนิด A เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อหยดน้ำมันปริมาตร 3.6 มิลลิลิตร มีลักษณะจับตัวกับน้ำมันเป็นก้อนและลอยบนผิวน้ำ ซึ่งกากกาแฟชนิด B เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อหยดน้ำมันปริมาตรเพียง 3.1 มิลลิลิตร มีลักษณะแยกชั้น กากกาแฟตกตะกอนอยู่ด้านล่าง และไม่จับตัวเป็นก้อน ดังตาราง 3

ตาราง 3 การทดสอบการดูดซับน้ำมันของกากกาแฟชนิด A และ B

ชนิดของกากกาแฟ	A	B
ภาพของกากกาแฟที่หยดน้ำมัน		
ปริมาณของน้ำมัน (ml)	3.6	3.1

3.3 การกำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2

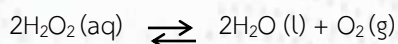
3.3.1 การกำจัดไขมันออกจากกากกาแฟ

1) การกำจัดไขมันของกากกาแฟชนิด A



ภาพ 4 การกำจัดไขมันจากกากกาแฟชนิด A ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

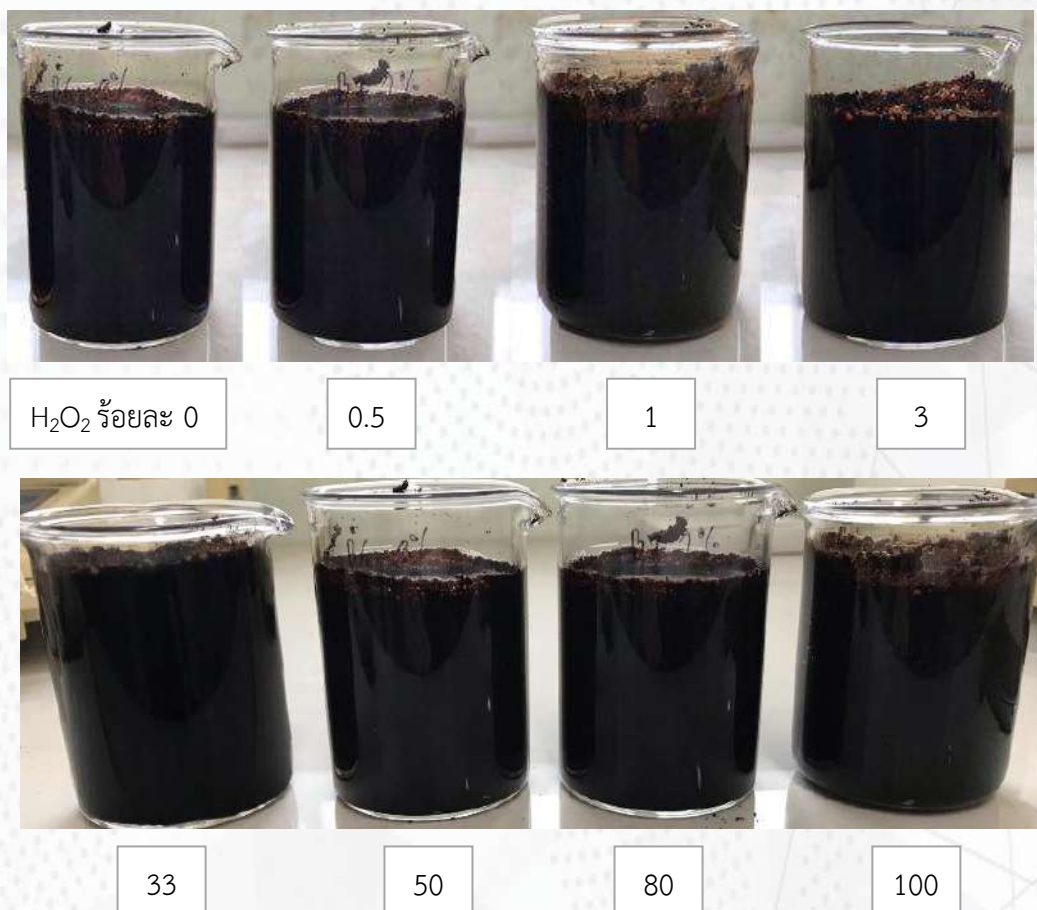
จากการทดสอบการกำจัดไขมันจากกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 โดยนำกากกาแฟมาปริมาณ 20 กรัม ผสมสารละลาย H_2O_2 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยมีความเข้มข้นต่างกันตั้งแต่ ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที พบว่า กากกาแฟ ชนิด A ที่มีตัวควบคุม คือ H_2O_2 ร้อยละ 0 (น้ำกลั่น) พบว่า ตัวควบคุมมีการแยกชั้นเล็กน้อย ไม่มีคราบไขมันแต่กากกาแฟที่ผสมสารละลาย H_2O_2 ที่มีความเข้มข้นต่างกันตั้งแต่ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ดังภาพ 4 ก โดยเรียงจากซ้ายไปขวา จะเห็นได้ว่าเกิดปฏิกิริยา



จึงทำให้กากกาแฟฟุ้งขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น และมีการแยกชั้นระหว่างกากกาแฟและน้ำอย่างชัดเจน มีคราบน้ำมันบนผิวน้ำมากขึ้นด้วย (ภาพ 4)

2) การกำจัดไขมันของกากกาแฟชนิด B

จากการทดสอบการกำจัดไขมันจากกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 โดยนำกากกาแฟมาปริมาณ 20 กรัม ผสมสารละลาย H_2O_2 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยมีความเข้มข้นต่างกันตั้งแต่ ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที พบว่า กากกาแฟที่ผสมสารละลาย H_2O_2 ทั้ง 7 ความเข้มข้นนั้นไม่มีการแยกชั้น ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (ภาพ 5)



ภาพ 5 การกำจัดไขมันจากกากกาแฟชนิด B ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ในการกำจัดไขมันของกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 แสดงให้เห็นว่า H_2O_2 ทำปฏิกิริยากับกากกาแฟชนิด A ทำให้ไขมันที่อยู่ในกากกาแฟลดน้อยลงและสามารถดูดซับน้ำมันได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยา $2H_2O_2(aq) \rightleftharpoons 2H_2O(l) + O_2(g)$ แต่ในส่วนของกากกาแฟชนิด B เกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่า จึงทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันไม่ดีเท่ากากกาแฟ ชนิด A

3.3.2 การทดสอบคุณสมบัติการอุ้มน้ำมันที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2

1) การอุ้มน้ำมันของกากกาแฟชนิด A

เมื่อทำการกำจัดไขมันออกจากกากกาแฟชนิด A แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมัน โดยการหยดน้ำมัน พบว่ากากกาแฟชนิด A สามารถอุ้มน้ำมันได้ดีขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลาย H_2O_2 ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับตั้งแต่ร้อยละ 0.5, 1, 3, 33, 50, 80 และ 100 ดังตาราง 4

ตาราง 4 การอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ ชนิด A

H_2O_2 (% V/V)	ค่าเฉลี่ย
	ปริมาณน้ำมัน (cm^3)
0	35.7 ± 1.2
0.5	38.3 ± 2.9
1	41.7 ± 2.4
3	43.3 ± 2.9
33	60.3 ± 4.2
50	66.7 ± 2.9
80	80.0 ± 5
100	81.7 ± 2.9

2) การอุ้มน้ำมันของกากกาแฟชนิด B

จากการทดสอบการกำจัดไขมันออกจากกากกาแฟชนิด B แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมัน โดยการหยดน้ำมัน พบว่า กากกาแฟชนิด B ไม่สามารถอุ้มน้ำมันได้ดี และยังมีประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันไม่คงที่ ดังตาราง 5

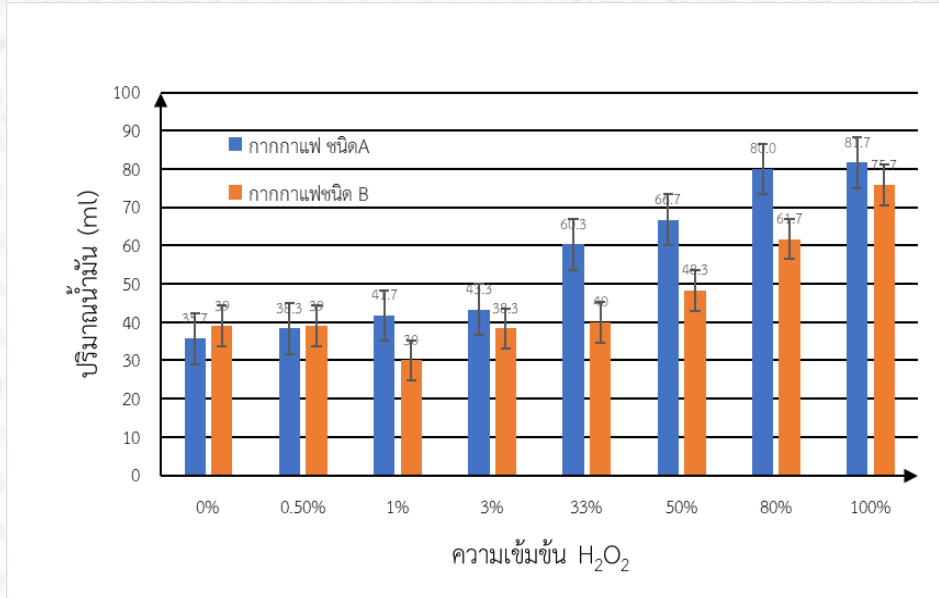
ตาราง 5 ประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันของกากกาแฟ ชนิด B

H_2O_2 (% V/V)	ค่าเฉลี่ย
	ปริมาณน้ำมัน (cm^3)
0	39.0 ± 1.7
0.5	39.0 ± 5.3
1	30.0 ± 5.0
3	38.3 ± 7.6
33	40.0 ± 8.7
50	48.3 ± 7.6
80	61.7 ± 2.9
100	75.7 ± 1.2

จากตารางจะเห็นได้ว่าการกำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่เกิดปฏิกิริยา $2H_2O_2(aq) \rightleftharpoons 2H_2O(l) + O_2(g)$ ทำให้โครงสร้างของกากกาแฟเปลี่ยนไปจากเดิมโดยอาจมีรูพรุนที่เกิดจากการปฏิกิริยาข้างต้น และทำให้ไขมันที่อยู่ในกากกาแฟมีปริมาณลดน้อยลงกากกาแฟชนิด A ที่กำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2 มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำมันได้ดีกว่ากาก

กาแฟชนิด B (ภาพ 6) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 80 จะเห็นได้ว่า กาแฟกาแฟชนิด B เมื่อนำมากำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2 แล้วเกิดปฏิกิริยาน้อย และมีประสิทธิภาพการอุ้มน้ำมันไม่คงที่

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกกาแฟกาแฟชนิด A ที่ความเข้มข้นสารละลาย H_2O_2 ร้อยละ 80 เพราะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด เพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันในขั้นตอนต่อไป



ภาพ 6 การอุ้มน้ำมันของกาแฟกาแฟชนิด A และ B

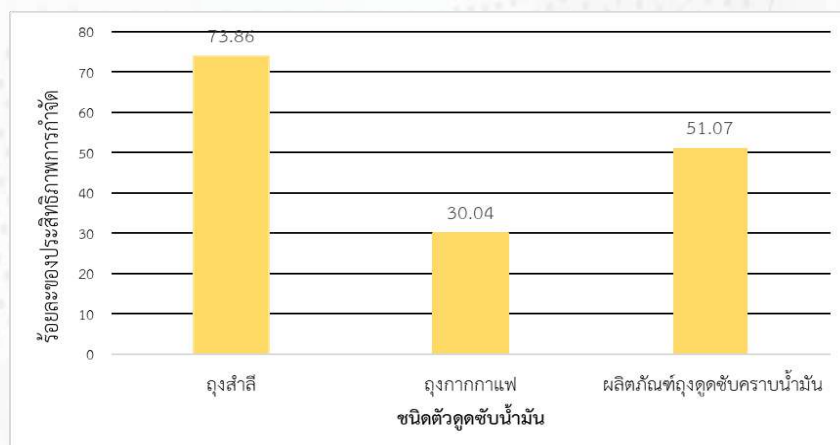
3.4 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันและย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน

3.4.1 การผสมคิเพอร์น้ำสับประดหลังการกำจัดไขมันด้วยสารละลาย H_2O_2

1) ผสมคิเพอร์

หลังจากแยกเม็ดคิเพอร์ออกจากน้ำคิเพอร์สับประด นำน้ำคิเพอร์สับประดมาใส่ในกาแฟกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมันออกแล้ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกาแฟกาแฟ พบว่ากาแฟกาแฟสามารถย่อยสลายได้ดีเมื่อนำไปฝังลงในดิน

2) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน



ภาพ 7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน

จากการทดสอบการอุ้มน้ำมัน พบว่ากากกาแฟชนิด A มีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้เพื่อดูดซับคราบน้ำมัน ผู้วิจัยจึงนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมัน โดยมีชุดควบคุม คือ ถูกลำไส้ และถูกากาแฟ (กากกาแฟที่ไม่ผ่านการกำจัดไขมันและไม่ผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด) จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อนำชุดควบคุมทั้ง 3 ชนิด แช่น้ำมันพืชเป็นเวลา 30 นาที ลำไส้มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันพืชได้ดีที่สุด ถึงร้อยละ 73.85 และผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ตรงลงมา ถึงร้อยละ 51.07 เมื่อเปรียบเทียบกับถูกากาแฟที่มีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ ร้อยละ 30.04 แสดงให้เห็นว่า สารละลาย H_2O_2 และคีเฟอร์น้ำสับปะรดสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันให้กากกาแฟชนิด A ได้ดี (ภาพ 7)

3.4.2 การย่อยสลายของผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน

จากผลการทดลอง เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันแช่น้ำมันพืชเป็นเวลานาน 30 นาที และฝังลงในดิน แล้วทำการรดน้ำลงดินทุกวันในปริมาณที่เท่ากัน พบว่า สัปดาห์ที่ 1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน แต่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ากากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณลดน้อยลงตามลำดับเนื่องจากดินที่มีผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันฝังอยู่ ส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายของกากกาแฟ ทำให้ผลิตภัณฑ์กากกาแฟเสื่อมประสิทธิภาพ และมีกากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์เล็ดลอดออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้มีปริมาณกากกาแฟลดน้อยลง กากกาแฟที่มีน้ำมันกักเก็บไว้ไม่ส่งผลกระทบต่อดิน เนื่องจากการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยคีเฟอร์น้ำสับปะรดช่วยย่อยสลายน้ำมันในกากกาแฟ ทำให้ช่วยลดการที่น้ำมันตกค้างปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม และพบว่าบรรจุภัณฑ์ภายนอกไม่มีการย่อยสลายแต่กากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดน้อยลงตามลำดับ ภายใน 1 เดือน หลังจากนำผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันฝังลงในดิน พบว่ากากกาแฟภายในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสลายไปร้อยละ 52 (ภาพ 8) คำนวนหาค่าการย่อยสลายของกากกาแฟดังสูตร

$$\text{ร้อยละการย่อยสลาย} = \frac{(\text{น้ำหนักกากกาแฟก่อนลงดิน} - \text{น้ำหนักกากกาแฟที่ฝังลงดินเป็นเวลานาน 1 เดือน}) \times 100}{\text{น้ำหนักกากกาแฟก่อนฝังลงดิน}}$$

จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า กากกาแฟชนิด A มีลักษณะละเอียด ความหนาแน่นน้อย ทำให้กากกาแฟชนิด A มีพื้นที่ดูดซับน้ำมันได้ดี และเมื่อนำมาทดสอบการดูดซับน้ำและน้ำมัน พบว่ากากกาแฟชนิด A มีการจับตัวกันเป็นก้อน และสามารถอุ้มน้ำและน้ำมันได้ดี เมื่อนำกากกาแฟชนิด A ไปกำจัดไขมันด้วย H_2O_2 เกิดปฏิกิริยา $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ ทำให้โครงสร้างทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนไป และมีการฟุ้งขึ้นของกากกาแฟที่มาจากปฏิกิริยาส่งก๊าซออกซิเจนสามารถดูดซับน้ำมันดีขึ้น เมื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันด้วยการผสมคีเฟอร์น้ำสับปะรด และนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมัน แล้วเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมัน พบว่ามีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันร้อยละ 51.07 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันไปศึกษาดูประสิทธิภาพการย่อยสลาย โดยการฝังลงดินเป็นเวลา 1 เดือน แล้วรดน้ำทุกวัน พบว่า กากกาแฟย่อยสลายไปร้อยละ 52 จากการศึกษาดังกล่าวจึงเห็นได้ว่า ในการพัฒนาการใช้คีเฟอร์หมักกากกาแฟที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วย H_2O_2 ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 30 นาที ทำให้มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปกำจัดไขมัน สามารถพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมดูดซับน้ำมัน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมก่อเกิดการใช้ประโยชน์จากกากกาแฟได้ดี สามารถใช้กับมนุษย์ได้อย่างปลอดภัย



(ก) สัปดาห์ที่ 1



(ข) สัปดาห์ที่ 2



(ค) สัปดาห์ที่ 3



(ง) สัปดาห์ที่ 4

ภาพ 8 การย่อยสลายผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันที่ฝังในดินในระยะเวลาต่าง ๆ

4. บทสรุป

ในการกำจัดน้ำมันจากกากกาแฟด้วยสารละลาย H_2O_2 กากกาแฟชนิด A มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าชนิด B และสามารถกำจัดไขมันในกากกาแฟได้ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นอย่างน้อยร้อยละ 80

ผลิตภัณฑ์ดูดซับคราบน้ำมันมีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันได้ ร้อยละ 51.07 ทั้งสารละลาย H_2O_2 และ คีเฟอร์ น้ำสับปะรดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันให้กากกาแฟชนิด A ดูดซับน้ำมันดีขึ้น

ผลิตภัณฑ์จากกากกาแฟที่ผ่านการดูดซับคราบน้ำมันเมื่อฝังลงในดิน มีกากกาแฟสลายในดินหายไปร้อยละ 52 ภายในระยะเวลา 1 เดือน ทั้งนี้ตัวกากกาแฟไม่ย่อยสลาย ดังนั้นควรเลือกกากกาแฟชนิดที่ย่อยสลายได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] รพีพรรณ กองตูม. 2560. กากกาแฟ:มูลค่าเพิ่มและการใช้ประโยชน์. สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2562, จาก <http://www.research-system.siam.edu/>.
- [2] รุ่งโรจน์ ศรีรักษา. ม.ป.ป. ถูกรังการยับยั้งแบคทีเรีย และคุณสมบัติการทนความร้อนของแบคทีเรียโอซินที่ผลิตจาก คีเฟอร์. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2562, จาก : <https://www.tci-thaijo.org/>.
- [3] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. ม.ป.ป. คีเฟอร์. สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2562, จาก <http://www.foodnetworksolution.com/>.
- [4] Chenkaratline et al. 2019. คีเฟอร์น้ำ. สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2562, จาก <https://kombuchadiy.com/kefir/what-is-tibicos-or-water-kefir>.

การบำบัดน้ำสีย้อมผ้าโดยกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับ สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

Treatment of Fabric dye by Advance Oxidation using Ozone with Hydrogen Peroxide

ขวัญตา สุขสมบูรณ์^{1*} ศิรินันท์ อภิรมย์¹ นวลจุฑา ทองอำไพ¹ กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์¹
มานิช หลักฐานดี¹ และ ณัฐชัมย์ ลักษณะอำนาจพร¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
*Email: khauntapalm12@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการบำบัดน้ำสีย้อมผ้าจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมโดยกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในการศึกษาได้ใช้เครื่องผลิตโอโซนที่มีกำลังผลิตอยู่ในช่วง 1.0 – 3.0 mg/hr ทำการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการบำบัด โดยปรับสภาพน้ำเสียให้มี พีเอช 3, 7 และ 11 ระยะสัมผัสโอโซน 120 min และความเข้มข้นของ COD เริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 250 – 1,000 mg/l และเติมสาร H_2O_2 ที่ 4, 8 และ 12 ml/l จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดสีและซีโอดี ซึ่งในการทดลองที่ พีเอช 11 ทำการบำบัดโดยใช้โอโซนและเติมสาร H_2O_2 ในปริมาณ 4 ml/l จะให้ประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีสูงสุด เมื่อเทียบกับพีเอช 3 พีเอช 7 และเมื่อเติมสาร H_2O_2 ในปริมาณที่มากขึ้นก็ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของซีโอดีเริ่มต้น ที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง ซึ่งจากการทดลองความสามารถในการบำบัดซีโอดีมีค่าสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 46 ที่ค่าความเข้มข้นของซีโอดี มีค่าเท่ากับ 250 mg/l ทั้งนี้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำสีย้อมผ้าเป็น 500 mg/l และ 1,000 mg/l พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีลดลงเหลือร้อยละ 31 และ 40 ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดสีด้วยกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ พีเอช 7 จะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดว่าสภาวะ พีเอช ที่ใช้ในการบำบัดทั้งสีและซีโอดีควรเลือกใช้ พีเอช 11 เนื่องจากสามารถบำบัดได้ทั้งซีโอดีและสี ที่ทำให้คุณภาพน้ำทั้งผ่านมาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด นอกจากนี้หากพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่นและบีโอดี พบว่าการลดลงของค่าความสกปรกมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับการบำบัดซีโอดี ทั้ง 2 พารามิเตอร์

คำสำคัญ : น้ำสีย้อมผ้า แอดวานซ์ออกซิเดชัน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

Abstract

This research is a study on treatment of Water Dyes from textile dyeing industry by Advance oxidation process with Ozone and hydrogen peroxide (H_2O_2). In this study, Ozone generators with a capacity of 1.0 - 3.0 mg/ hr. were used to study the appropriate factors for treatment with adjusting wastewater conditions (pH 3, pH 7 and pH 11), Ozone exposure distance 120 minute, the initial COD concentration is 250 - 1,000 mg/l, and then add hydrogen peroxide at 4, 8 and 12 ml/l. For the study found that above mentioned factors have an effect on the efficacy of color and COD treatment which the

experiment at pH 11 used to Ozone treatment and added 4 mL of H_2O_2 . It makes the highest COD treatment efficiency when compared to pH 3, pH 7 and added more H_2O_2 . It does not affect to the higher of treatment efficiency. In addition, it was found that higher initial COD concentration decreased treatment efficiency which the experimental ability for COD treatment has highest value was 46 percent and the COD concentration was 250 mL. When COD concentration in synthetic color water was increased to 500 mL and 1,000 mL. It was found that the COD efficiency decreased to 31% and 40% respectively. For the treatment of Water Dyes from textile dyeing industry by oxidation process with Ozone together with hydrogen peroxide (H_2O_2) at pH 7 will has the highest of treatment efficiency. However, the consideration of suitability for pH configuration used to treat both color and COD should choose pH 11 because it can treat both color and COD that makes the waste water quality meet the standards required by law. In addition, if we consider the effectiveness of turbidity and BOD found that the decrease of dirtiness tends to be in the same direction with COD both 2 parameters.

Keywords: Fabric dye, Advance Oxidation, Hydrogen Peroxide

1. บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญและทำรายได้เข้าสู่ประเทศ เป็นอันดับต้น ๆ ซึ่งอุตสาหกรรมสิ่งทอประกอบด้วยอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ มากมาย โดยมีอุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางของอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้น้ำเป็นปริมาณมากในกระบวนการผลิต และน้ำที่ใช้ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยกลับออกมาเป็นน้ำทิ้งซึ่งจะก่อปัญหาต่อสภาพแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากมีปริมาณค่อนข้างมาก มีความเข้มข้นสูง ส่งผลให้มีน้ำเสียเกิดขึ้นในปริมาณมาก หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อาจก่อให้เกิดความพิชต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ส่งผลให้พืชน้ำและสาหร่ายไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ แหล่งน้ำขาดออกซิเจน ทำให้น้ำเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็น ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ

น้ำเสียที่ปล่อยมาจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม ประกอบด้วยสารแขวนลอย (Suspended solids) และสารอินทรีย์จากกระบวนการย้อมในปริมาณสูง ซึ่งมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ มลสารส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อมนั้นมาจากกระบวนการย้อมสี (dyeing) และการตกแต่งสำเร็จ (finishing) โดยส่วนมากแล้วมลสารและสีเหล่านี้บางประเภทสามารถบำบัดได้ด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมีทั่ว ๆ ไป แต่มีสีบางประเภทที่ไม่สามารถบำบัดได้ด้วยวิธีการดังกล่าว ซึ่งสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีหลายชนิด เช่น สีย้อมฟลิว, สีย้อมรีด, สีย้อมเบส, สีย้อมเร็กต์, สีย้อมแอซิด, สีย้อมเพอร์ส เป็นต้น การใช้โอโซนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการบำบัดและมีการประยุกต์ใช้ร่วมกับ สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดเนื่องจากโอโซนเป็นสารออกซิไดซิงเอเจนต์ (oxidizing agent) ที่แรงซึ่งโอโซนสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนให้กลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนน้อยลงได้ ส่วนสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารออกซิไดซิงเอเจนต์ที่สามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อการหาปริมาณการใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด และสถานะความเป็นกรด-ด่าง ที่มีต่อผลการบำบัดน้ำเสีย เพื่อเป็นแนวทางอีกหนึ่งตัวเลือกในกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้แก่อุตสาหกรรมฟอกย้อมในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซน
- 1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผ้าระหว่างกระบวนการโอโซนเพียงอย่างเดียวกับกระบวนการโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1. กระจกทดลองทำด้วยท่ออะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร สูง 130 เซนติเมตร ด้านล่างมีท่อต่อเป็นท่อปล่อยน้ำออกบริเวณที่มีก๊อกเก็บน้ำตัวอย่าง 3 ระดับและด้านบนมีท่อต่อระบายอากาศออก



ภาพ 3.1 ท่อระบบบำบัดที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 ขวดแก้วเก็บปริมาณโอโซนส่วนเกินขนาด 2 ลิตร จำนวน 2 ขวด

3.1.3 สายยาง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



(ก) เครื่องผลิตโอโซน



(ข) เครื่องวัด pH



(ค) เครื่องวัดความขุ่น



(ง) เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ภาพ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 สารเคมีที่ใช้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนได้แก่

3.3.1.1 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

3.3.1.2 น้ำแป้ง

3.3.1.3 สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)

3.3.2 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ COD ได้แก่

3.3.2.1 โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

3.3.2.2 กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

3.3.2.3 ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4)

3.3.2.4 เมอร์คิวริกซัลเฟต (HgSO_4)

3.3.2.5 เพอร์อินอินดิเคเตอร์ ($\text{C}_{36}\text{H}_{24}\text{FeN}_6\text{O}_4\text{S}$)

3.3.3 สารเคมีที่ใช้ทำการวิเคราะห์สี ได้แก่

3.3.3.1 โพแทสเซียมคลอโรแพลทตินेट (K_2PtCl_6)

3.3.3.2 กรดไฮโดรคลอริก (conc.HCl)

3.3.4 สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ BOD ได้แก่

3.3.4.1 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต (manganese (II) sulfate solution)

3.3.4.2 อัลคาไล-ไอโอไดด์-เอไซด์ รีเอเจนต์ (Alkali-Iodide-Azide Reagent)

3.3.4.3 กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

3.3.4.4 น้ำแป้ง

3.3.4.5 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

3.3.4.6 สารละลายไบโอไอเดต (Bi-iodate Solution)

3.4 ขั้นตอนการเตรียมงานวิจัย

3.4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

3.4.2 กำหนดกรอบแนวคิด

3.4.3 กำหนดน้ำสีสังเคราะห์ที่ทำการศึกษา คือสีย้อมผ้า

3.4.4 นำน้ำสีสังเคราะห์มาทำการทดลองเบื้องต้น

3.4.5 สังเคราะห์สีย้อมผ้าในการทดลอง ดังนี้

3.4.5.1 นำสีสังเคราะห์มาผสมน้ำในสัดส่วนของผงสีย้อม 4 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร จากนั้นทิ้งไว้ให้ตกตะกอน

ทางเคมีเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพ 3.3



ภาพ 3.3 การเตรียมน้ำสีสังเคราะห์

3.4.5.2 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน

ใช้วิธีวิเคราะห์ตาม Standard Method Number ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ อย่างน้อย 1000 ml ใส่ภาชนะปิดอย่างน้อย
- 2 ขวด ต่อกัน (Trap A, Trap B) ทำการเติมโอโซนไปนสารละลายสีของสารละลายจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้ม ดังภาพ 3.4

2 นำสารละลายที่ได้จาก (Trap A, Trap B) มาเติมน้ำแบ่ง 1 ml ทำการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 1 N จนถึงจุดยุติ จะได้สารละลายใสไม่มีสี



ภาพ 3.4 การทดลองหาปริมาณโอโซน (Ozone) ที่ผลิตจากเครื่องผลิตโอโซน

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

3.5.1 ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพ 3.5 โดยต่อสายจากเครื่องผลิตโอโซนมายังท่อระบบบำบัด ที่ทำด้วยท่ออะคริลิกและต่อสายจากอีกเส้นจากท่อระบบบำบัดด้านบนกับขวดเก็บปริมาณโอโซนส่วนเกิน



ภาพ 3.5 การเตรียมระบบบำบัด

3.5.2 นำน้ำเสียตัวอย่างลงในชุดกระบอกทดลองปริมาตร 7,000 ml ทำการเปิดเครื่องโอโซนและเก็บตัวอย่างน้ำทุก 30 นาที ปริมาณ 250 ml จากนั้นนำไปวิเคราะห์ หาค่า พีเอช, สีความขุ่น, และค่าซีโอดี

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

3.6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์พีเอช

3.6.1.1 ทำการสอบเทียบอุปกรณ์กับน้ำยาสอบเทียบค่าพีเอช 4, 7 และ 10

3.6.1.2 ทำการวัดพีเอชโดยแก้วห้ววัดเบาๆ เมื่อค่าพีเอชหยุดนิ่งประมาณ 10 วินาที ดังภาพ 3.6

3.6.1.3 จดบันทึกค่าที่วัดได้



ภาพ 3.6 การวิเคราะห์ค่าพีเอช

3.6.2 วิธีการวิเคราะห์ COD



(ก) ปิเปตน้ำตัวอย่าง และเติมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ (ข) เติมกรดซัลฟูริกและเติมเมอคิวรีซัลเฟต



(ค) เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

(ง) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น



(จ) ไตเตรตด้วย FAS จนถึงจุดยุติ

ภาพ 3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ซีไอดี

3.6.2.1 ดูดน้ำตัวอย่าง 5 ml ใส่หลอดทดลอง และเติมสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต 3 ml ดังภาพ 3.7 (ก)

3.6.2.2 เติมกรดซัลฟูริก 7 ml และเติมเมอคิวรัสเฟต 0.1 g ดังภาพ 3.7 (ข)

3.6.2.3 ปิดฝาให้แน่น เขย่าให้สารละลายเข้ากัน ดังภาพ 3.7 (ค)

3.6.2.4 นำหลอดทดลองใส่ตู้อบ แล้วอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วทิ้งไว้ให้เย็น ดังภาพ 3.7 (ง)

3.6.2.5 เทสารจากหลอดทดลองใส่ขวดรูปชมพู่ เติมเฟอโรอินดิเคเตอร์ 1-2 หยดแล้วนำไปไตเตรทด้วย FAS จนถึงจุดยุติจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ดังภาพ 3.7 (จ)

3.6.2.6 สูตรคำนวณซีไอดี (มิลลิกรัม/ลิตร) = $\frac{(A-B) \times N \times 8,000}{\text{มล.ของน้ำตัวอย่าง}}$

เมื่อ A = มล.ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Blank
B = มล.ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่างน้ำ
N = ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล
ที่มา : (มันสิน , 2551)

3.6.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.6.3.1 ตวงตัวอย่างน้ำลงไปในคิวเวต แล้วเช็ดหลอดให้แห้ง

3.6.3.2 ใส่คิวเวตไปในเครื่อง Hach DR/890 Colorimeter โดยให้ลูกศรบนขวดตรงกับจุดแสดงในเครื่อง ปิดฝาแล้วกดอ่านค่า ดังภาพ 3.8

3.6.3.3 นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ



ภาพ 3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์สี ด้วยเครื่อง Hach DR/890 Colorimeter

3.6.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความขุ่น

3.6.4.1 ทำการสอบเทียบ (Calibrate) อุปกรณ์กับ Stablcal Stabilized Formazin Standard 20, 40, 100, 400 NTU

3.6.4.2 ตวงตัวอย่างน้ำลงไปในขวดวัดความขุ่น ปิดฝาเกลียวแล้วเช็ดขวดให้แห้ง

3.6.4.3 ใส่ขวดวัดความขุ่นลงในเครื่องวัดความขุ่น โดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรงกับจุดที่แสดงในเครื่องใส่ลงเครื่อง ปิดฝาแล้วกดอ่านค่า

3.6.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์บีโอดี

3.6.5.1 การหาค่าออกซิเจนละลายจากน้ำตัวอย่างและแบลงค์ ซึ่งเก็บไว้ในขวด BOD ขนาด 300 ml ทำได้ดังนี้

1) เลือกอัตราเจือจางจากตารางที่ 3.1 โดยคำนวณค่า BOD จากค่า COD ของตัวอย่างน้ำ เมื่อได้ค่า BOD แล้วทำการเลือกอัตราเจือจางจากค่า BOD ที่ได้ ขณะทำการทดลองให้เลือกอัตราเจือจางที่มากกว่าและน้อยกว่า จากค่าอัตราเจือจางที่ได้เลือกไว้

ตาราง 3.1 การเลือกขนาดตัวอย่างและอัตราเจือจางสำหรับช่วง BOD ต่าง ๆ

ปริมาณตัวอย่าง (ml)	ช่วง BOD (mg/l)	อัตราเจือจาง
0.02	30,000-105,00	15,000
0.05	12,000-42,000	6,000
0.10	6,000-21,000	3,000
0.20	3,000-10,500	1,500
0.50	1,200-4,200	600
1.0	600-2,100	300
2.0	100-1,050	150
5.0	120-420	60
10.0	60-210	30
20.0	30-105	15
50.0	12-42	6
100	6-21	3

ที่มา : ยุพดี (2541)

2) เลือกอัตราเจือจางและปริมาณตัวอย่างเท่ากับ 300 และ 6 ml ตามลำดับ เติมน้ำตัวอย่างลงในขวด BOD 6 ml แล้วทำการเจือจางด้วยน้ำให้ได้ปริมาตร 300 ml ดังภาพ 3.9



ภาพ 3.9 เจือจางด้วยน้ำให้ได้ปริมาตร 300 ml

3) ทำแบลงค์โดยการเติมน้ำเจือจางลงในขวด BOD 300 ml (แทนปริมาตรน้ำตัวอย่าง)

4) เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 2 ml และอัลคาไลไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

2 ml ลงในขวด BOD ที่เติมน้ำตัวอย่างและแบลงค์แล้ว โดยให้ปลายปิเปตตะอยู่ข้างปากขวดเหนือผิวของน้ำตัวอย่างเพียงเล็กน้อย จากนั้นปิดจุกขวดระวังอย่าให้มีฟองอากาศ ผสมให้เข้ากันโดยการคว่ำขวดขึ้นลงอย่างน้อย 15 ครั้ง ดังภาพ 3.10



ภาพ 3.10 เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 1 มิลลิลิตรและเติมสารละลายอัลคาไลไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 2 ml ลงในขวด BOD

- 5) ผสมสารละลายให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใส 1/2 ของขวด
- 6) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 1 ml โดยให้กรดค่อย ๆ ไหลลงข้าง ๆ คอขวด ปิดจุกผสมสารละลายให้เข้ากัน โดยทำการคว่ำขวดขึ้นลงจนกระทั่งตะกอนละลาย
- 7) ขวด BOD ที่มีความจุ 300 ml จะต้องตวงน้ำออกจากปริมาตร 99 ml เพื่อนำไปไตเตรท ดัง

ภาพ 3.11



ภาพ 3.11 ตวงสารละลายออกปริมาตร 99 ml

- 8) ทำการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.025 N จนกระทั่งได้สารละลายสีฟางข้าว ดังภาพ 3.12



ภาพ 3.12 ทำการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน

- 9) เติมน้ำแบ่งจำนวน 2 ml และทำการไตเตรทต่อไปจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีใส บันทึกผลการทดลอง

3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์และรายงานผล

3.7.1 การทดลองที่ 1 กระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซน

3.7.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าสู่ท่อบบบำบัด

3.7.1.2 นำน้ำเสียตัวอย่างเทลงในชุดกระบอกทดลองปริมาตร 7,000 ml ทำการเปิดเครื่องโอโซนและเก็บน้ำเสียทุกๆ 30 นาที ปริมาณ 250 ml จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่า พีเอช, สี, ความขุ่น, และซีไอดี

3.7.1.3 ทำจวนครบ 3 ระดับ ความเข้มข้นของ COD คือ 250 mg/l, 500 mg/l, 1000 mg/l

- 1) บันทึกผลและหาค่าพีเอชและความเข้มข้นของซีไอดี ที่เหมาะสมที่สุด
- 2) นำน้ำเสียที่ได้จากการพิจารณาค่าพีเอชที่เหมาะสมมาทำการเป่า ozone แบบเดิมอีกครั้ง แต่ทำการเก็บน้ำเสียที่ปริมาณ 1,250 ml

3) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ หาค่าพีเอช, สี, ความขุ่น, ซีโอดี, และบีโอดี

3.8.1.4 บันทึกผล

3.7.2 การทดลองที่ 2 กระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3.7.2.1 นำน้ำตัวอย่างผสมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 3 ความเข้มข้นดังนี้

4 ml/L, 8 ml/L, 12 ml/L ทำการเปิดเครื่องโอโซนและเก็บน้ำเสียทุกๆ 30 นาที ปริมาณ 250 ml จากนั้นนำไปวิเคราะห์ หาค่าพีเอช, สี, ความขุ่น, และค่าซีโอดี

3.7.2.2 ทำจนครบ 3 ระดับ ความเข้มข้นของ COD คือ 250 mg/L, 500 mg/L, 1000 mg/L

3.7.2.3 บันทึกผลและหาค่าพีเอชและความเข้มข้นของ COD ที่เหมาะสมที่สุด

3.7.2.4 นำน้ำเสียที่ได้จากการพิจารณาค่าพีเอชที่เหมาะสม มาทำการเป่า ozone แบบเดิมอีกครั้ง แต่ทำการเก็บน้ำเสียที่ปริมาณ 1,250 ml

3.7.2.5 จากนั้นนำไปวิเคราะห์ หาค่าพีเอช, สี, ความขุ่น, ซีโอดี, และบีโอดี

3.7.2.6 บันทึกผล

3.7.2.7 สรุปผลการศึกษา

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 กระบวนการโอโซน

จากการทดลองหาค่า pH ที่เหมาะสมในการลดค่า COD พบว่า pH 11 มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ได้มากที่สุด โดย pH 7 และ pH 3 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD รองลงมาในระยะเวลาเติมโอโซน 120 นาที คิดเป็นร้อยละในการกำจัดเท่ากับ 25.4, 16.6 และ 16.6 ตามลำดับจากการทดลองพบว่าปริมาณโอโซน 1 g สามารถกำจัด COD ได้ 12.65 mg/L ด้วยปริมาณโอโซน 5.96 g ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดมีค่าเฉลี่ยที่ 0.0496 g/min ต่อน้ำเสียย้อมผ้า 7 l ดังแสดงตาราง 1

ระยะเวลา (min)	ปริมาณโอโซน (g) ระยะเวลา X ปริมาณโอโซน	COD ที่ถูกกำจัด (mg/L)	อัตราส่วนการบำบัด
0	0.0	0.0	0.0
30	1.49	36.0	24.16
60	2.98	36.0	12.08
90	4.47	72.0	16.10
120	5.96	72.0	12.65

ตาราง 1 ปริมาณโอโซนที่ใช้ในการกำจัดซีโอดีที่เหมาะสมต่อการบำบัด

ระยะเวลา (min)	ปริมาณโอโซน (g) ระยะเวลา X ปริมาณโอโซน	COD ที่ถูกกำจัด (mg/L)	อัตราส่วนการบำบัด
0	0.0	0.0	0.0
30	1.48	3.84	2.59
60	2.96	57.6	19.45
90	4.44	57.6	12.97
120	5.92	106.0	17.90

ตาราง 2 ปริมาณโอโซนที่ใช้ในการกำจัดซีโอดีที่เหมาะสมต่อการบำบัดกระบวนการโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การทดลองที่ 1 กระบวนการโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากการทดลองพบว่าปริมาณโอโซน 1 g สามารถกำจัด COD ได้ 17.90 mg/l ด้วยปริมาณโอโซน 5.92 g ร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณ 4 ml/l ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าปริมาณโอโซนที่เหมาะสมต่อการบำบัดมีค่าเฉลี่ยที่ 0.0493g/min ต่อน้ำเสีย 7 l ดังแสดงในตาราง 2

4. บทสรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซนเปรียบเทียบกับกระบวนการโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการบำบัด ซึ่งประกอบด้วย พีเอช ระยะสัมผัสโอโซน และความเข้มข้นเริ่มต้นของ COD และปริมาณการเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าหลังจากการนำน้ำที่ใช้ในการทดลองมาตกตะกอนทางเคมีแล้วนำมาบำบัดด้วยกระบวนการโอโซนและกระบวนการโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์พบว่าที่ พีเอช 11 ของกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสาร H_2O_2 และเติมสาร H_2O_2 ปริมาณ 4 มิลลิลิตรต่อลิตร ระยะเวลาทำปฏิกิริยา 120 นาที สามารถลดค่า COD ได้ดีที่สุด โดยน้ำเสียที่เตรียมก่อนการบำบัดมีค่า COD เริ่มต้นจริงเท่ากับ 230 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อผ่านการบำบัดแล้วค่า COD จะลดลงเหลือ 124 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการกำจัด COD 96 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของซีโอดีเริ่มต้นที่ สูงขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะลดลง ซึ่งผลทดลองสามารถบำบัดซีโอดีได้สูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 46 ทั้งนี้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเสียที่เริ่มต้น เป็น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดค่าซีโอดีลดลงเหลือร้อยละ 30.7 และ 40 ตามลำดับ

สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดสีด้วยกระบวนการแอดวานซ์ออกซิเดชันด้วยโอโซนร่วมกับสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ พีเอช 7 จะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดและตามด้วย พีเอช 3 และ พีเอช 11 ตามลำดับ นอกจากนี้ในการบำบัดความขุ่นและบีโอดีจะมีแนวโน้มการลดลงของค่าความสกปรกเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของอาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์กิตติยศ ตั้งสัจจวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์มานิช หลักฐานดี ประธานสอบปริญญานิพนธ์ และ ผศ. ญัฐมัย ลักษณะอันวยพร กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตลอดจนให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยต้องกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์มานิช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัยตลอดจนให้ความรู้ทางวิชาการและวิชาชีพแก่คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณทุนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2563 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และ ครอบครัว ที่เมตตาอบรมสั่งสอนและช่วยสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน รวมถึงเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาวิจัยตลอดมา จนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2560. **มาตรฐานควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงาน**. <http://www.pcd.go.th/water04.html>. 25 กุมภาพันธ์ 2563.
- [2] กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **สีย้อมในอุตสาหกรรมฟอกย้อม**. http://infofile.pcd.go.th/water/water_fokyom.pdf, 3 ธันวาคม 2562
- [3] กุญชรยาม ยามิรุเตา. 2551. “การบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยโอโซนเนชั่น.” ปริญญานิพนธ์. (ภาควิชาวิศวกรรมโยธา). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [4] ขนิษฐา ภูมิจักร. 2550. **สีของน้ำทิ้ง**. <https://www.tpa.or.th>, 29 พฤศจิกายน 2562

- [5] ดวงตา กิจแก้ว. 2546. “การกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมโดยกระบวนการไฟฟ้าเคมี.” วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัย. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม). สิ่งแวดล้อมและทรัพยากร. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [6] นวพรรษ ลักษณะานุรักษ์. 2545. “การบำบัดน้ำชะมูลฝอยขั้นต้นด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น.” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [7] นัตตา เวชกุล. 2555. การสร้างไฮดรอกซิลเรดิคอล. https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/269_25-30.pdf
- [8] ปิยะวิทย์ ทิพรส. 2551. โอโซน. <https://www.dpu.ac.th/dpurc/assets/uploads/magazine/3pzbap2agxyc40w.pdf>, 24 กุมภาพันธ์ 2563.
- [9] เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ. 2542. “การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานกระดาษโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.” วิทยานิพนธ์. (ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [10] ภาณุมาศ พวงแก้ว 2548. “กระบวนการโอโซนเนชั่นในการย่อยสลายฟนอล.” วิทยานิพนธ์. (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [11] ยุพดี วยุคณา. 2541. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ
- [12] รัตน์ระพีพันธ์ แสงพิทักษ์. 2556. “การศึกษาการบำบัดสีและ COD จากโรงงานผลิตกล่องกระดาษลูกฟูกด้วยกระบวนการโอโซนเนชั่น.” วิทยานิพนธ์. (ภาควิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- [13] วราภรณ์ กัลยาเลิศ. 2540 “การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมด้วยโอโซน.” วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัย. (สาขาวิชาสิ่งแวดล้อม). สาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [14] ศุภวรรณ นุ่มพล. 2556. “การบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโดยกระบวนการโอโซนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม). คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [15] สุปันจิต นิมิตรรัตน์. 2548. การบำบัดสี. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ
- [16] อรุณา ชันติกุล. 2550. “การหาสภาวะที่เหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานหมักพิมพ์โดยกระบวนการโอโซนเนชั่น.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาวิศวกรรมเคมี). คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [17] อรุณี คงดี. 2562. ประเภทของสีย้อม. http://www.science.mju.ac.th/chemistry/download/a_kongdee, 13 ธันวาคม 2562
- [18] อาทิตย์พันธ์ สัยยะนิฐิ. ประโยชน์ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์. <http://www.vali-tech.net/home/article-read.php?ArticleId=7>
- [19] อาลักษณ์ ทิพยรัตน์. 2561. กระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง. http://dspace.lib.buu.ac.th/bitstream/1234567890/3616/1/2563_108.pdf
- [20] Thpanorama. (n.d.) Hydrogenperoxide. <https://th.thpanorama.com/articles/qumica/perxido-de>

การผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหารและผักตบชวาด้วยกรรมวิธีดีไฮเดรชัน The Production of Improvement Materials from Food Waste and Water Hyacinth by Dehydration Process

ธัญลักษณ์ เพ็งสุมา¹ ภควดี ละมั่งทอง^{1*} คณาวุฒิ อินทร์แก้ว¹ วรินทร์ บุญยโรจน์¹
และ ศุภชัย หิรัญสุโขทัย¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*Email: PHAKAWADI-L@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหารและผักตบชวาด้วยกรรมวิธีดีไฮเดรชัน โดยแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแปรรูปเศษอาหารและผักตบชวาไปเป็นวัสดุปรับปรุงดินโดยกำหนดอุณหภูมิ คือ 100 องศาเซลเซียส 150 องศาเซลเซียสและ 200 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมงตามลำดับ 2) ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในวัสดุทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งดินที่ใช้ในการทดลองนำมาจากตำบลไทรมา จังหวัดนนทบุรี โดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการปรับปรุงดิน คือ ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด - ด่าง ค่าการนำไฟฟ้าในดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และปริมาณอินทรีย์วัตถุ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบเศษอาหารเพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพดิน คือ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบผักตบชวา คือ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และเมื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพดิน พบว่า วัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหารและผักตบชวาทำให้การระบายน้ำในดินดีขึ้น ดินมีความร่วนซุยมากขึ้น โดยดินก่อนปรับปรุงมีค่า pH เท่ากับ 5.2 หลังปรับปรุงมีค่า pH เท่ากับ 5.4 อีกทั้งพบว่า การนำไฟฟ้าของดินมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.72 mS/cm เป็น 14.78 mS/cm ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นภายหลังการเติมวัสดุปรับปรุงดิน

คำสำคัญ : เศษอาหาร ผักตบชวา ดีไฮเดรชัน การปรับปรุงคุณภาพดิน

Abstract

The purpose of this study is to The Production of Soil Improvement Materials from Food Waste and Water Hyacinth by Dehydration Process. The experiment was divided two parts, 1) The study of the optimum temperature and time for converting food waste and water hyacinths into soil improvements by determining temperatures of 100, 150 and 200°C in the periods of 1, 2 and 3 hours, respectively. 2) Study the nutrient content in the material before and after improvement. In which the soil used in the experiment was taken from Sai Ma Subdistrict, Nonthaburi Province. The parameters used to evaluate the ability to improve the soil are soil moisture, pH, conductivity, total content nitrogen, phosphorus, potassium and organic matter. The results of the study showed that the optimum temperature for drying food waste is to improve soil quality is 150°C for 2 hours and the optimum temperature for drying water hyacinth is 200°C for 3 hours. Because of the amount of moisture and the appropriate energy loss is 92 and 38 respectively and when used to improve soil quality, it was found that soil improvement materials

from food waste and water hyacinths make soil drainage better, the soil is more crumbly and also makes the pH. There are more changes, in which the soil before improvement had a pH value of 5.2 and after adjustment, the pH value was 5.4. The electrical conductivity of the soil increased from 0.72 mS/cm to 14.78 mS/cm which is related to the quantity of plant nutrients is Nitrogen, Phosphorus and Potassium increased after adding soil improvement materials.

Keywords : Food waste, Water hyacinth, Dehydration, Soil improvement

1. บทนำ

ปัจจุบันการทำเกษตรกรรมในเมืองเป็นสิ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากและมีการปฏิบัติกันอย่างจริงจังและกว้างขวางในระดับนานาชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมืองใหญ่ที่สำคัญในระดับโลก ตัวอย่างเช่น นิวยอร์ก ลอนดอน ปารีส และ โตเกียว ที่ประชาชนได้ใช้พื้นที่ว่างเปล่าที่หาได้ในเมือง เช่น ดาดฟ้าหรือพื้นที่ข้างอาคาร เพื่อปลูกพืชผัก หรือแม้แต่การเลี้ยง สัตว์ (วุฒิพงษ์, 2563) ในประเทศไทยการทำเกษตรกรรมในเมืองสามารถพบกระจายอยู่ในพื้นที่เมืองทั่วไปเช่นกัน โดยมีรูปแบบการใช้พื้นที่ที่หลากหลาย เช่น การปลูกผักกระถางตามคอนโดมิเนียม การสร้างสวนผักหลังบ้าน การปลูกในสวนผักของหมู่บ้านหรือชุมชน การปลูกสวนผักตามโรงเรียนหรือมหาวิทยาลัย การปลูกผักตามข้างทาง เป็นต้น อาจกล่าวได้ว่า การทำเกษตรในเมืองสามารถทำได้หลายระดับ ตั้งแต่การทำเกษตรในเมืองขนาดเล็กที่มุ่งเน้นการดำรงชีวิต การทำสวนและการเลี้ยงปศุสัตว์ถึงพาณิชย์ขนาดเล็ก ไปจนถึงธุรกิจพาณิชย์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ (de Zeeuw, Van Veenhuizen, & Dubbeling, 2011)

การทำเกษตรกรรมในเมืองก่อให้เกิดประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 3 มิติ คือ 1) มิติทางสังคม การทำเกษตรกรรมในเมืองทำให้มีผลผลิตที่ปลอดภัยจากสารเคมีโดยการปลูกผักทานเองจะช่วยให้คนเมืองมีสุขภาพที่ดีจากการบริโภคอาหารที่ปลอดภัย มีอาหารที่เพียงพอ เกิดความมั่นคงทางอาหาร ลดค่าใช้จ่ายจากการซื้ออาหารหรือวัตถุดิบตามท้องตลาด อีกทั้งการมีพื้นที่เกษตรในเมืองช่วยดึงดูดให้คนเมืองเข้ามาพบปะและสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันในชุมชน ทำให้เกิดความเข้มแข็งภายในชุมชน (Cabannes, 2019) 2) มิติทางสิ่งแวดล้อม การทำเกษตรกรรมในเมืองช่วยให้เมืองเกิดความเขียวขจี เป็นการสร้างพื้นที่สีเขียวในเมืองที่สามารถพักผ่อนหย่อนใจ ปรับแต่งภูมิทัศน์ ก่อให้เกิดความร่มรื่น เกิดภูมิอากาศที่ร่มเย็นมากกว่าภายในตึกอาคารหรือพื้นที่เปิดโล่ง อีกทั้งการนำเศษอาหารและขยะมาทำเป็นปุ๋ยหมักมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาการจัดการขยะ ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และช่วยให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น

3) มิติด้านเศรษฐกิจ พื้นที่เกษตรในเมืองหลายแห่งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตและนำมาขายสร้างรายได้ สร้างอาชีพให้แก่ผู้ปลูกได้ บางแห่งสามารถพัฒนาจนเป็นกิจการก่อให้เกิดการจ้างงาน และเกิดการเชื่อมโยงต่อภาคธุรกิจอื่นเช่น บรรจภัณฑ์และการขนส่ง เป็นต้น (Cabannes, 2019)

ในการทำเกษตรกรรมในเมือง สิ่งสำคัญที่ขาดไม่ได้คือดินปลูกและวัสดุปรับปรุงดินที่ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะสมในการปลูกพืชให้เจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี โดยวัสดุปรับปรุงดินสำหรับเกษตรในเมืองสามารถนำมาได้จากหลายแหล่ง เช่น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โรงงานอุตสาหกรรม ครั้วเรือนและวัชพืช (การปรับปรุงดิน, 2563) ซึ่งวัสดุจากแหล่งเหล่านี้หากไม่นำมาใช้ประโยชน์อาจจะทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมได้ ตัวอย่างเช่น เศษอาหารและผักตบชวา เป็นต้น

จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษ ปี พ.ศ. 2560 พบว่า มีปริมาณขยะอินทรีย์จากเศษอาหารมากถึง 17.56 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 64 ของขยะมูลฝอยทั้งหมด หรือ 254 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (เดือนเด่น, 2562) โดยเศษอาหารที่กลายเป็นขยะตกค้างเหล่านี้ปะปนไปกับขยะมูลฝอยอื่นๆ เป็นต้นเหตุให้เกิดปัญหาแหล่งเพาะพันธุ์ของหนูและแมลงวันซึ่งเป็นพาหะนำโรคที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน มูลฝอยตกค้างและการเก็บขยะมูลฝอยที่มีเศษอาหารไม่หมดทำให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวน เป็นเหตุรำคาญ ทำให้เกิดความไม่น่าดู และส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) โดยเศษอาหารอาจเจือปนแหล่งน้ำและทำให้เกิดน้ำเสีย อีกทั้งก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการย่อยสลายเศษอาหารก็มีส่วนที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ส่วนผักตบชวาเป็นวัชพืชที่มีปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมมายาวนานเนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยผักตบชวา 2 ต้น สามารถแตกต้นใหม่ได้ 30 ต้น ภายในเวลา 20 วัน ก่อให้เกิดปัญหาต่อการสัญจรทางน้ำ กีดขวางการระบายน้ำจนก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็นรบกวนชุมชนบริเวณใกล้เคียง (ทินพันธุ์, 2558) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเศษ

อาหารและผักตบชวาจะมีส่วนที่ก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม แต่ก็เป็วัสดุที่มีศักยภาพที่จะสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำขยะเศษอาหารและผักตบชวามาพัฒนาให้เกิดประโยชน์โดยนำมาแปรสภาพด้วยกรรมวิธีไฮเดรชันให้เป็นวัสดุปรับปรุงดินซึ่งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยลดปริมาณขยะและของเสีย เป็นการหมุนเวียนธาตุอาหาร อีกทั้งยังเป็นนวัตกรรมทางเลือกที่สามารถนำไปต่อยอดทางการเกษตรและเพิ่มพูนองค์ความรู้สำหรับการปรับปรุงคุณภาพดินต่อไปได้

2. วิธีการทดลอง

2.1 การผลิตวัสดุปรับปรุงดินจากเศษอาหารและผักตบชวด้วยกรรมวิธีไฮเดรชันมีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 การออกแบบและจัดทำตู้ตากแห้ง

ดำเนินการออกแบบและจัดทำตู้ตากแห้ง ซึ่งเป็นตู้สำหรับกรรมวิธีไฮเดรชันเบื้องต้น เพื่อลดความชื้นออกจากตัวอย่างเศษอาหาร โดยอาศัยความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมระเหยความชื้นออกจากตัวอย่าง ซึ่งในการออกแบบและจัดทำตู้เน้นวัสดุที่จัดทำได้ง่าย เช่น ท่อพีวีซี มุ้งลวด และพลาสติกใส ออกแบบตามลักษณะโปร่งสามารถกันแมลงเข้าไปวางไข่และมีถาดรับรอน้ำจากเศษอาหาร ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 ตู้ตากแห้งที่ใช้ในการทดลอง

2.1.2 การเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

2.1.2.1 การเตรียมตัวอย่างเศษอาหาร

เก็บเศษอาหารจากโรงอาหารศูนย์พระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 4 กิโลกรัม กรองเศษอาหารด้วยตะกร้าแล้วนำมาตากแดดที่ตู้ตากแห้งเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้ตัวอย่างเกิดกระบวนการไฮเดรชันเบื้องต้น

2.1.2.2 การเตรียมตัวอย่างผักตบชวา

ผักตบชวาที่ใช้ในการศึกษาเป็นตัวอย่างที่ได้มาจาก หมู่บ้านพูกษา 3 ตำบลพิมลราช อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ดำเนินการเตรียมตัวอย่างโดยนำผักตบชวาที่ล้างทำความสะอาดแล้วนำมาสับให้มีขนาด 1 นิ้ว และทำการตากเพื่อลดความชื้นเบื้องต้นเป็นระยะเวลา 5 วัน

2.2 การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการแปรรูปเศษอาหารและผักตบชวาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

นำเศษอาหารที่ผ่านการตาก 2 วัน และผักตบชวาที่ผ่านการตาก 5 วัน ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 150 องศาเซลเซียส และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำหนักหลังการอบมาคำนวณหาความชื้นภายหลังการอบ แล้วพิจารณาเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปจากค่าความชื้นที่หายไปและลักษณะของวัสดุที่ได้ โดยนำตัวอย่างที่เหมาะสมได้จากการทดลองนี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเศษอาหารและผักตบชวา

เมื่อได้ตัวอย่างเศษอาหารและผักตบชวาจากข้อ 2.1.2 ที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมสำหรับการนำไปเป็นวัสดุปรับปรุงดินให้นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ดังตาราง 2.1

2.2.2 การทดสอบผลการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยเศษอาหารและผักตบชวา

ทำการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี และใช้ในการทดลองโดยเตรียมดินที่เก็บจากพื้นที่ ตำบลไทรมา อำเภอมะนัง จังหวัดนันทบุรี ตามขั้นตอน นำตัวอย่างดินก่อนการทดลองไปวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังตาราง 2.1 หลังจากนั้นนำตัวอย่างดิน 3 กิโลกรัม เศษอาหารและผักตบชวาที่ผ่านการแปรรูปแล้วอย่างละ 1 กิโลกรัม มาคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดฝาสนิทเป็นเวลา 7 วัน แล้วนำตัวอย่างดินหลังการปรับปรุงมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่าง

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	หน่วย
ความเป็นกรด-ด่าง	pH meter	-
ความนำไฟฟ้า	Electrical conductivity meter	mS/cm
ความชื้น	Drying meter	ร้อยละ
อินทรีย์วัตถุ	Walkley and Black	%
ไนโตรเจนทั้งหมด	Macro - Kjeldahl	mg/kg
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	Digest & Ascorbic	mg/kg
โพแทสเซียมทั้งหมด	AA - Direct	mg/kg

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการแปรรูปเศษอาหารและผักตบชวด้วยกรรมวิธีไฮโดรชัน

ตาราง 3.1 ค่าเฉลี่ยร้อยละน้ำหนักคงเหลือของเศษอาหารจากการแปรรูปที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)		
	1	2	3
100	98	94	90
150	96	92	88
200	90	74	64

การอบเศษอาหารและผักตบชวาเป็นกระบวนการสำคัญในการแปรสภาพไปเป็นวัสดุปรับปรุงดิน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ช่วยลดระยะเวลาในการกำจัดความชื้นและสามารถช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ไม่ให้เจริญเติบโตจนเป็นเหตุให้เกิดความเน่าเสีย โดยงานวิจัยได้ศึกษาอุณหภูมิการแปรสภาพที่เหมาะสม คือ 100 องศาเซลเซียส 150 องศาเซลเซียส และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการศึกษา ดังตาราง 3.1 และ ตาราง 3.2 ตามลำดับ

ตาราง 3.2 ค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณความชื้นของผักตบชวาจากการแปรสภาพอุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)		
	1	2	3
100	90	86	82
150	84	80	76
200	72	60	38

จากตาราง 3.1 และ 3.2 พบว่า เมื่อแปรสภาพเศษอาหารและผักตบชวด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละน้ำหนักคงเหลือลดลงและเมื่อใช้ระยะเวลาการอบที่นานขึ้นก็ยิ่งทำให้ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณน้ำหนักคงเหลือยิ่งลดลง กล่าวคือ มีความแห้งเพิ่มมากขึ้นมวลสูญหายไปมากขึ้น โดยลักษณะของวัสดุที่ได้จากกระบวนการดีไฮเดรชันของเศษอาหารที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ยังคงมีร้อยละน้ำหนักคงเหลือสูงเกินกว่าร้อยละ 80 อีกทั้งทำให้เศษอาหารยังเปียก โดยเฉพาะส่วนที่ยังอยู่ภายใน ขณะที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสทำให้เศษอาหารมีปริมาณน้ำหนักคงเหลือต่ำกว่าร้อยละ 75 ขณะที่การอบเป็นระยะเวลานานกว่า 1 ชั่วโมงทำให้เศษอาหารบางส่วนไหม้เกรียมมีกลิ่นฉุน เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของเศษอาหารในภาพรวม พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแปรสภาพเศษอาหารด้วยกรรมวิธีดีไฮเดรชัน คือ อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้วัสดุมีลักษณะมีสีน้ำตาลแห้งกรอบ ปริมาณน้ำหนักคงเหลืออยู่ที่ร้อยละ 80

สำหรับลักษณะของวัสดุที่ได้จากผักตบชวา พบว่า จากกระบวนการดีไฮเดรชันของผักตบชวาโดยลักษณะของวัสดุที่ได้จากกระบวนการดีไฮเดรชันของผักตบชวาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ยังคงมีร้อยละน้ำหนักคงเหลือสูงเกินกว่าร้อยละ 80 อีกทั้งทำให้ผักตบชวายังมีความชื้นไม่แห้งสนิท ขณะที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ทำให้เศษอาหารมีปริมาณน้ำหนักคงเหลือต่ำกว่าร้อยละ 40 ขณะที่การอบเป็นระยะเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง ทำให้ผักตบชวามีความแห้ง และกรอบ เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของผักตบชวาในภาพรวม พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการแปรสภาพเศษอาหารด้วยกรรมวิธีดีไฮเดรชัน คือ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้วัสดุมีลักษณะมีสีน้ำตาลเข้มแห้งกรอบ ปริมาณน้ำหนักคงเหลืออยู่ที่ร้อยละ 40

4. ผลการทดสอบความสามารถของเศษอาหารและผักตบชวาในการปรับปรุงคุณภาพดิน

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นดินหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้น ดินมีสภาพเป็นกรดและค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในส่วนของธาตุอาหารมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลังการปรับปรุงคุณภาพดิน

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของดินก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ

พารามิเตอร์	ดิน	
	ก่อน	หลัง
ความชื้น (ร้อยละ)	4.01	4.05
ความเป็นกรด-ด่าง (mS/cm)	5.2	5.4
การนำไฟฟ้า (mS/cm)	0.72	14.78
อินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)	5.4	5.88
ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/kg)	1,243	8,365
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/kg)	18.4	392
โพแทสเซียมทั้งหมด (mg/kg)	18,692	20,458

5. บทสรุป

5.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการแปรสภาพเศษอาหารและผักตบชวาด้วยกรรมวิธีไฮโดรชั่น

ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการแปรสภาพ พบว่าการอบเศษอาหารและผักตบชวากับอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละน้ำหนักคงเหลือลดลง และเมื่อใช้ระยะเวลาการอบที่นานขึ้นก็ยิ่งทำให้ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณน้ำหนักคงเหลือลดลงด้วย อุณหภูมิที่มีปริมาณความชื้นและเวลาเหมาะสมมากที่สุดในการนำมาปรับปรุงคุณภาพดินของเศษอาหารคือ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาปรับปรุงคุณภาพดินของผักตบชวา คือ 200 องศาเซลเซียสเวลา 3 ชั่วโมง

5.2 ผลการทดสอบความสามารถของเศษอาหารและผักตบชวาในการปรับปรุงคุณภาพดิน

จากการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยเศษอาหารและผักตบชวา เพื่อเปรียบเทียบดินก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงค่าความชื้นก่อนและหลังการปรับปรุงมีค่าร้อยละ 4.01 และร้อยละ 4.05 ตามลำดับ ดังนั้นค่าความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในปริมาณน้อย และค่าความเป็นกรด - ด่าง ของการปรับปรุงดินก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ดินมีสถานะเป็นกรด มีค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 5.2 และ 5.4 ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ดินก่อนและหลังการปรับปรุง มีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นปริมาณมาก โดยมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ที่ 0.72 mS/cm และ 14.78 mS/cm ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยเศษอาหารและผักตบชวา มีค่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยมีค่า ไนโตรเจน เท่ากับ 1,248 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 8,365 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ มีค่า ฟอสฟอรัส เท่ากับ 18.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีค่าโพแทสเซียม เท่ากับ 18,692 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 20,458 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในปริมาณค่าอินทรีย์วัตถุดินก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า มีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 5.04 และร้อยละ 5.88 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ดังนั้นวัสดุปรับปรุงดินด้วยเศษอาหารและผักตบชวามีกรรมวิธีไฮโดรชั่นจึงเหมาะสมในการปรับปรุงดินในลักษณะการเพิ่มธาตุอาหารในดิน

6. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ ความกรุณาอย่างดียิ่งของคณาจารย์หลายท่าน และผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ทนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2563 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาที่ดิน. 2563 ก. ข้อมูลการจัดการดิน. <http://www.ddd.go.th>, 23 กุมภาพันธ์ 2563
- [2] กรมพัฒนาที่ดิน. 2563 ข. คำแนะนำการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืน. <http://www.ddd.go.th>, 23 กุมภาพันธ์ 2563.
- [3] กรมควบคุมมลพิษ. 2563. ขยะมูลฝอย. www.pcd.go.th, 17 มกราคม 2563.
- [4] ข้อมูลการจัดการดิน. 2563. การปรับปรุงดิน. www.ddd.go.th, 24 มกราคม 2563.
- [5] จอมภัก คลังระหัด และคณะ. 2560. ปัจจัยความสำเร็จสวนเกษตรของคนเมือง. การบริหารกิจการสาธารณะภายใต้ประเทศไทย 4.0 : 813.
- [6] เฉลิมชัย แพะคำและคณะ. 2563. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยหมักผักตบชวาที่ย่อยสลาย. แก่นเกษตร : 42
- [7] เดือนเด่น นิคมบริรักษ์. 2562. การศึกษาแนวทางบริหารจัดการอาหารส่วนเกิน. ผลงานวิจัยและรายงานบริหารจัดการอาหารส่วนเกิน. : 42 - 43
- [8] ทินพันธ์ เนตรแพ. 2558. ชลธีวิทยา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] นพพล เกตุประสาท. 2563. ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง. <http://clgc.agri.kps.ku.ac.th>, 23 กุมภาพันธ์ 2563.
- [10] นิวัตร ธาตุอินจันทร์. 2557. การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [11] ธเนศน์ นุ่มมัน. 2559. มลพิษจากอาหารเหลือ. <https://www.posttoday.com>, 9 กุมภาพันธ์ 2563.
- [12] อันวดี ศรีวาริรัตน์. 2547. การศึกษากระบวนการปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- [13] ภูษิต โพธิ์แสง. 2563. ผักตบชวา พืชพิษสาร กระทั่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. <https://www.mhesi.go.th>, 23 กุมภาพันธ์ 2563.
- [14] ระวิน สืบคำ. 2556. เทคโนโลยีการลดความชื้น. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 23. ฉบับที่ 2. : 501 - 502
- [15] จุฬิพงษ์ ทวีวงศ์. 2563. เกษตรกรรมใน: รูปแบบและประสบการณ์จากโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ออนไลน์. (ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [16] ศิริพร กาทอง. 2557. การหาปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [17] สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาดิน. 2562. การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สำหรับการเพาะปลูก. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [18] สุภา อุ่นสกุล. 2549. การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.
- [19] อชฌา อู่ประกุล, จริญญา คนแรง, ไพโรจน์ ด่วนนคร. 2558. การอบแห้งผักตบชวาโดยใช้ระบบปั๊มความร้อน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 2. ฉบับที่ 1. : 35 - 36
- [20] อริสา รอดอ่วม. 2560. เกษตรกรรมในเมือง. วิทยานิพนธ์ทางสถาปัตยกรรม. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- [21] อนูรัตน์ ศฤคารภาษิต. 2563. ค่าความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช. <http://www.arcims.tmd.go.th>, 19 มกราคม 2563.
- [22] อาทิตยา พัฒนิบูลย์ และคณะ. 2557. เทคโนโลยีการอบแห้ง. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [23] Cabannes. 2019. Thaicityfarm. <http://www.thaicityfarm.com>, 21 กุมภาพันธ์ 2563.
- [24] Sotiropoulos A., Malamis D., Loizidou M. 2015. Dehydrtion of Domestic food waste at source as an Alternative approach for food waste management. <http://link.springer.com>, 21 กุมภาพันธ์ 2563.

ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษาบ่อกุ้งlungงาน pH Water Indicator System for Shrimping Farms Case Study: Lung Ngang's Shrimp Farm

สุภาพร สระทองออย^{1*} สุพรรณษา ทองดี¹ และ สมจินต์ จันทระเจษฎา¹

¹สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*Email: somjin@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งlungงาน และประเมินความพึงพอใจในการใช้งานที่มีต่อระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง และชุมชนใกล้เคียง เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดกับการเลี้ยงกุ้ง เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ Arduino IDE สำหรับการเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษา C และ Application Blynk ใช้ในการสร้างแอปพลิเคชันบนเครื่องสมาร์ทโฟน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ระบบสามารถนำเทคโนโลยี Internet of Thing มาใช้ในการตรวจสอบค่า pH ของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในการตรวจสอบแก้ไขปัญหาสภาพของน้ำที่มีค่า pH ในระดับที่ไม่เหมาะสมได้ทันเวลาที่ และผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานที่มีต่อระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งlungงาน ในส่วนของผู้ใช้งานโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.23 อยู่ในระดับมากที่สุด และค่าความพึงพอใจโดยรวมของผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ค่า pH ของน้ำ การเลี้ยงกุ้ง การตรวจสอบสภาพน้ำ

Abstract

The purposes of this research are: to develop a system for monitoring the pH water indicator system for shrimping farms, a case study of Lung Ngang's shrimp farm, and to assess the usage satisfaction of the water pH monitoring system in shrimp farming. Target groups are shrimp farmers And nearby communities To get the most benefit in shrimp farming. Development tools include the Arduino IDE for writing instructions in C and the application Blynk for creating applications on smartphones. The results showed that the system could use the Internet of Thing technology to effectively monitor the pH water and facilitate shrimp farmers in checking pH water and solving problems of inappropriate pH level instantly. The results were evaluated on the usage satisfaction of the pH water indicator system for shrimping farms, a case study of Lung Ngang's shrimp farm, an overall satisfaction in the part of users was at the highest level, with 4.46 of mean value, and 0.23 of standard deviation value, and overall satisfaction of the experts was at a high level, with 4.55 of mean value and 0.41 of standard deviation value.

Keywords: pH Water Indicator, Shrimp Farming, Water Monitoring

1. บทนำ

กุ้ง นับเป็นสัตว์เศรษฐกิจอย่างสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยและสร้างอาชีพที่ดี ประมาณการผลผลิตกุ้งไทย ปี 2563 อยู่ที่ 290,000 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2562 ซึ่งผลิตได้ 300,000 ตัน ถือว่าผลิตได้ลดลงเล็กน้อย โดยเป็นผลมาจากสภาพอากาศแปรปรวน ปัญหาโรค และความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ดิน และสิ่งต่าง ๆ ที่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนระหว่างปริมาณของไฮโดรเจนไอออน (ตัวทำให้เกิดกรด) และไฮดรอกซิลไอออน (ตัวทำให้เกิดด่าง) ในน้ำ ซึ่งการศึกษาปัญหาค่าความเป็นกรดต่างหรือค่า pH ของน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากในการเลี้ยงกุ้ง โดยค่า pH ที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งอยู่ระหว่าง 7.5 – 8.5 หรือมีสภาพเป็นกลาง จากการศึกษาบทความออนไลน์ของศูนย์ข้อมูลกุ้ง สไตล์ไทยแท้ และพบว่าเจ้าของบ่อเลี้ยงกุ้งลงทุน ที่เลี้ยงกุ้งก้ามกรามกับกุ้งขาว จะตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยกระดาษลิตมัส หรือหยดน้ำ ที่ใช้เวลาในการตรวจสอบค่อนข้างช้าพอสมควร และในบางครั้งใช้การสังเกตสภาพน้ำด้วยตาเปล่า ซึ่งอาจทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการดูแลสภาพความเป็นกลางของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง และอาจทำให้กุ้งเกิดอาการนอนนิ่ง หรืออาจตายได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอการพัฒนาระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง ภูมิศึกษา บ่อกุ้งลงทุน ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสภาพความเป็นกรดต่างของน้ำให้มีความเหมาะสมต่อบ่อเลี้ยงกุ้ง ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งจะช่วยให้เจ้าของบ่อกุ้งตรวจสอบคุณภาพน้ำได้รวดเร็ว และหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาน้ำของสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งได้ทันทีหากมีค่าความเป็นกรดต่างของน้ำที่ไม่เหมาะสมกับสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง งานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบค่า pH ของน้ำด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน โดยใช้เครื่องควบคุม NodeMCU V2 ESP8266-12E และ PH Sensor Arduino Analog pH Meter E-201-C pH module เพื่อความสะดวกและรวดเร็วต่อการตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อบ่อตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง ภูมิศึกษา บ่อกุ้งลงทุน การพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี [1] เป็นการพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบไร้สายโดยใช้ชิคบี (ZigBee) ซึ่งนำมาใช้งานเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ (pH) โดยการแสดงผลเป็นกราฟของระดับของน้ำ ตัวรับรู้อุณหภูมิของน้ำ และตัวรับรู้ความเป็นกรดต่างของน้ำ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการส่งข้อมูลไร้สายของชิคบี เพื่อให้สามารถรับส่งข้อมูลแบบไร้สายได้ในระยะไกล โดยให้ชิคบีที่ติดตั้งกับตัวรับรู้ และส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายไปยังชิคบีที่ติดตั้งกับชุดประมวลผลที่อยู่อีกตำแหน่ง ผลที่ได้จากการพัฒนา ได้เป็นระบบตรวจสอบระดับของน้ำ อุณหภูมิของน้ำและความเป็นกรดต่างของน้ำ โปรโตไทป์ระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียน ภูมิศึกษา ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี [2] เป็นการพัฒนาโปรโตไทป์ระบบตรวจวัดและแจ้งเตือนสภาพดินในสวนทุเรียน ภูมิศึกษา ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี โดยใช้ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูลที่ตรวจสอบค่าดิน และใช้ภาษา PHP แอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และอุปกรณ์ต้นแบบซึ่งไม่มีโมดูล 3G ในตัวจึงจำเป็นต้องการตัวเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เช่น Wi-Fi router ในการปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ต ในการพัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีการระบุตัวตนเข้าสู่ระบบ การดูภาพรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัด การเลือกแปลงเพื่อดูพื้นที่เฉพาะ การแจ้งเตือนข้อมูล การดูข้อมูลแบบแผนที่ การตั้งค่าโปรไฟล์ การตั้งค่าการแจ้งเตือน และการออกจากระบบ การประยุกต์ใช้ Internet of things ในทางการเกษตร [3] ทำการพัฒนาการประยุกต์ใช้ Internet of things (IoT) ในทางการเกษตร โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนา คือ อาร์เอฟไอดี (RFID - Radio Frequency Identification) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ระบุลักษณะวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุในการพัฒนาระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และระบบสารสนเทศ โดยใช้งานผ่านเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อใช้ตรวจสอบการวัดอุณหภูมิ ความชื้น มีความเหมาะสมในการทางการเกษตร และพฤติกรรมของสัตว์โดยมีผลการใช้ได้จริง โดยทำงานร่วมกับระบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางเซ็นเซอร์หรือ RFID การทำงานในครั้งต่าง ๆ เพื่อให้การประยุกต์ใช้ในทางต่าง ๆ มีประสิทธิภาพสูงสุด การพัฒนาระบบควบคุมค่าความเป็นกรด - ด่างแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมเลี้ยงกุ้ง [4] ทำการพัฒนาควบคุมค่าความเป็นกรด - ด่างแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมเลี้ยงกุ้ง โดยใช้ภาษา C/C++ และภาษาของ Arduino สามารถพัฒนาระบบควบคุมน้ำในอุตสาหกรรมเลี้ยงกุ้ง ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด - ด่าง มีส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ 1) ชุด Sensor วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) 3) ชุดจอภาพ 4) ชุดควบคุมสารเพิ่ม ลดค่าความเป็นกรด - ด่าง ผลที่ได้จากการพัฒนา ได้เป็นตัวควบคุมค่าความเป็นกรด - ด่าง แบบอัตโนมัติผ่าน Sensor แสดงผลเป็นหน้าจอกราฟิก การพัฒนาแผนที่ภูมิอากาศท้องถิ่นด้วย IOT และคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ [5] ทำการพัฒนาแผนที่ภูมิอากาศท้องถิ่นด้วย IOT และ คลาวด์ เซิร์ฟเวอร์ โดยใช้ภาษา Python และภาษา Java สามารถพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น นอกจากนี้ มีการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลที่ได้จากการพัฒนา

ได้เป็นระบบแสดงผลบนสมาร์ตโฟนแอนดรอยด์ ส่วนตรวจจับสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลบนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ได้

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การศึกษาเบื้องต้น

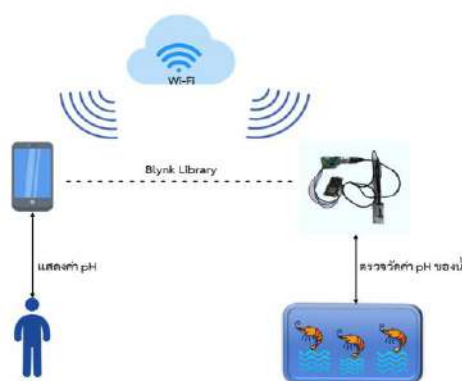
ในการศึกษาเบื้องต้นจะกล่าวถึงปัญหาและความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาระบบ โดยศึกษาจากระบบงานในปัจจุบันของระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบเดิมไม่มีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำให้ใช้เวลาในการตรวจสอบค่อนข้างช้า และในบางครั้งใช้การสังเกตสภาพน้ำด้วยตาเปล่า ซึ่งอาจทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการดูแลสภาพความเป็นกลางของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ที่อาจทำให้เกิดอาการเนือกน้ำ หรืออาจตายได้ จึงนำเทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) เข้ามาช่วยในการพัฒนาระบบ เพื่อให้ได้ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตรวจสอบคุณภาพน้ำได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น และแก้ไขปัญหาของสภาพน้ำได้ทันที

2.2 วิเคราะห์ระบบ

ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน ประกอบไปด้วย แผนภาพรวมการทำงานของระบบ และแผนภาพข้อมูลการเรียงลำดับ (Sequence Diagram)

2.2.1 แผนภาพรวมการทำงานของระบบ

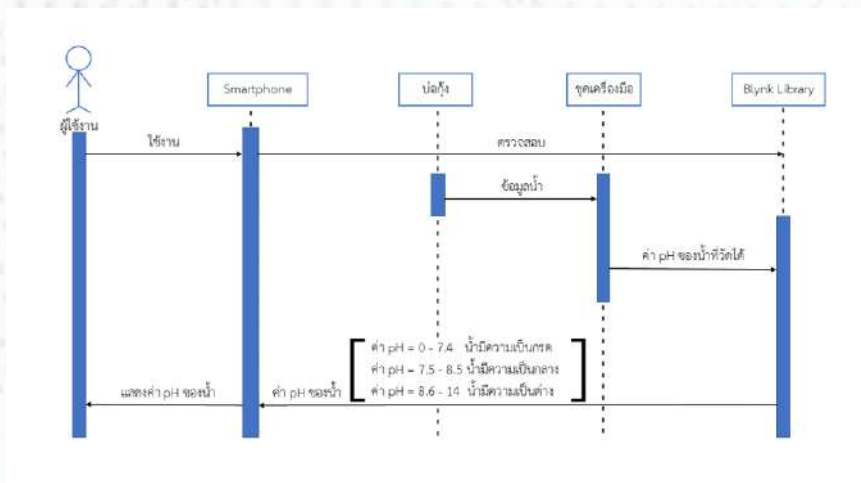
ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ชุดเครื่องมือ PH Sensor Arduino Analog pH Meter E-201-C pH module กับ NodeMCU ในการตรวจวัดค่า pH ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง และส่งค่า pH ของน้ำที่ตรวจสอบได้ผ่าน Blynk Library เพื่อให้แสดงผลค่า pH ของน้ำที่ Application Blynk บน Smart Phone โดยใช้ Wi-Fi เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตกับ Blynk Server ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพรวมการทำงานของระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน

2.2.2 แผนภาพข้อมูลการเรียงลำดับ (Sequence Diagram)

แผนภาพ sequence diagram ของระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน โดยการทำงานเริ่มจากผู้ใช้งานและชุดเครื่องมือ ที่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Sensor Arduino Analog pH Meter E-201-C pH module กับ NodeMCU ตามผังวงจรที่ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3 จากนั้น เขียนโปรแกรมเพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามคำสั่งด้วยภาษา C ให้เซนเซอร์เริ่มทำการตรวจวัดค่า จากนั้นส่งค่าผ่าน Blynk Library โดยมีเงื่อนไข ดังนี้ ระดับที่ 1 ช่วงค่า pH 0 -7.4 สภาพน้ำไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง เพราะน้ำมีความเป็นกรด กุ้งอาจจะโตช้าหรือไม่ขยายพันธุ์ ระดับที่ 2 ช่วงค่า pH 7.5 - 8.5 สภาพน้ำเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง เพราะน้ำมีความเป็นกลาง กุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด และระดับที่ 3 ช่วงค่า pH 8.6 - 14 สภาพน้ำไม่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง เพราะน้ำมีความเป็นด่าง กุ้งอาจจะเนือกน้ำและตายได้ จึงให้ส่งค่า pH ของน้ำที่ได้ไปแสดงที่ Smartphone บน Application Blynk ทำให้ผู้ใช้งานได้ทราบค่า pH ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ดังภาพที่ 2



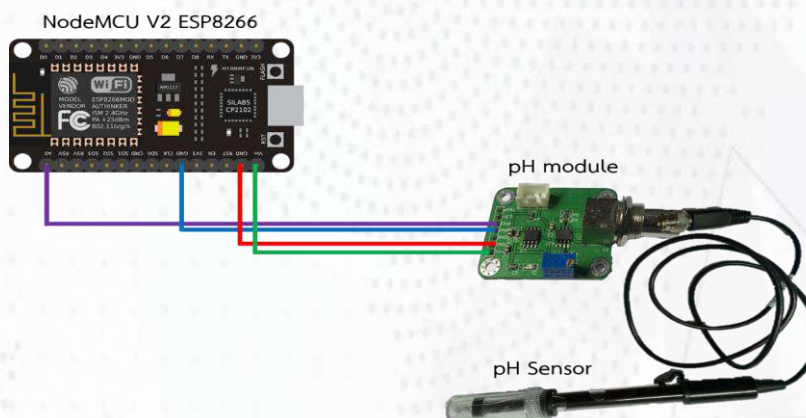
ภาพที่ 2 แผนภาพ sequence diagram ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งलगงาน

2.3. การออกแบบระบบ

ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งलगงาน ประกอบไปด้วยการออกแบบแผนภาพผังวงจรระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง และการออกแบบระบบหน้าจอส่วนของผู้ใช้ Application Blynk บน Smart Phone

2.3.1 แผนภาพผังวงจร

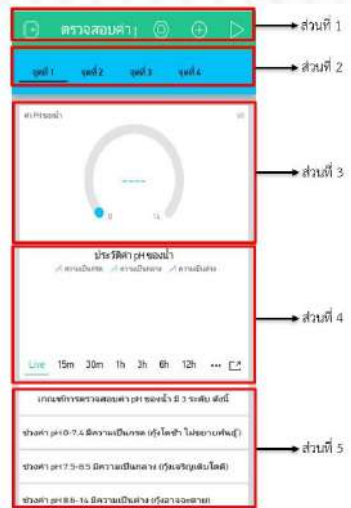
ชุดเครื่องมือเซ็นเซอร์ตรวจสอบค่า pH เป็นแบบ Analog ทำให้เซ็นเซอร์ต่อเข้ากับบอร์ด NodeMCU V2 ESP8266 เพื่อเขียนโค้ดลงบนบอร์ดโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ให้กับชุดเครื่องมือส่งค่าไปที่ Application Blynk โดยมีตัวเซ็นเซอร์ pH Sensor ต่อเข้ากับ pH module และต่อเข้ากับบอร์ด NodeMCU V2 ESP8266 โดยให้สายสีเขียวเป็น VCC - ไฟเลี้ยง ต่อเข้ากับขา Vin สายสีม่วงเป็น PHO หรือ PO - เอาต์พุตแบบ Analog ต่อเข้ากับขา A0 สายสีแดงและสายสีน้ำเงินเป็น GND - ไฟ ต่อเข้ากับขา GND ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพผังวงจรการตรวจสอบคุณภาพน้ำระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งलगงาน

2.3.2 การออกแบบระบบบน Application Blynk บน Smart Phone

การออกแบบระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งलगงาน ประกอบไปด้วย ส่วนที่ 1 สามารถปิด - เปิด การทำงานของ Application ส่วนที่ 2 แสดงแถบจุดที่ต้องการตรวจสอบ โดยแบ่งเป็น 4 แถบ ส่วนที่ 3 แสดงค่า pH ของน้ำที่ได้จากชุดเครื่องมือในการตรวจสอบ ส่วนที่ 4 แสดงกราฟเส้นเป็นช่วงของการตรวจสอบแบบ Real time และส่วนที่ 5 แสดงเกณฑ์หรือเงื่อนไขการตรวจสอบค่า pH ของน้ำ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การแสดงหน้าจอหลักของ Application Blynk

2.4. การพัฒนาระบบ

ในการศึกษาและพัฒนาระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งलगงาน ผู้พัฒนาระบบได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.4.1 การเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งในอุปกรณ์โดยภาษา C

ในส่วนการทำงานของชุดเครื่องมือ และบอร์ด NodeMCU V2 ESP8266 ใช้สำหรับตรวจสอบค่า pH ของน้ำ โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE สำหรับเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษา C ในการทำงานร่วมกับชุดเครื่องมือ pH Sensor ที่ใช้สำหรับตรวจสอบค่า pH ของน้ำ เขียนชุดคำสั่งให้อุปกรณ์ ส่งค่าที่ได้ผ่าน Blynk Server ไปแสดงที่ Application Blynk โดยแสดงค่า pH จากค่าแรงดันที่อุปกรณ์ตรวจสอบได้ แปลงตามสูตรมาเป็นค่า pH และกำหนด Pin ให้เป็น V0 โดยกำหนดเงื่อนไขการทำงานของกราฟเส้น คือ ถ้า $pH \geq 8.6$ ให้แสดงความเป็นต่าง $pH \geq 7.5$ ให้แสดงความเป็นกลาง และนอกเหนือคำสั่งให้แสดงความเป็นต่าง

2.4.2 การพัฒนาโปรแกรมในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ด้วย Application Blynk

ในส่วนการใช้งานของผู้ใช้ระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งलगงาน บน Application Blynk การใช้งาน Blynk Platform ที่เป็น Digital Dashboard Platform สำหรับ NodeMCU เพื่อทำการควบคุมจัดการชุดเครื่องมือ และใช้ Blynk Libraries ที่ติดตั้ง Blynk_Release_vXX เองเพื่อเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่าง Application กับชุดเครื่องมือ และส่งค่าไปแสดงผลที่ Application Blynk และ Features Widget Box ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ ดังนี้ การแสดงแถบหน้าต่างผ่าน Widget Tabs การแสดงผลค่า pH ของน้ำที่ได้จากชุดเครื่องมือหรือข้อความต่าง ๆ ผ่าน Widget Labeled Value และการแสดงช่วงของตรวจสอบค่า pH ผ่าน Widget SuperChart

2.5. การทดสอบระบบ

ในการศึกษาและพัฒนาระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งलगงานนั้น ผู้พัฒนาระบบได้ทำการทดสอบระบบโดยการใช้งานของระบบในส่วนต่าง ๆ ขั้นตอนการทดสอบระบบ ดังต่อไปนี้

2.5.1 Unit Test

- 1) ทดสอบคำสั่งการใช้งาน WiFi ผ่าน Application Blynk
- 2) ทดสอบการเห็นสถานะการออนไลน์ของอุปกรณ์
- 3) ทดสอบคำสั่งหน้าจุดที่ตรวจสอบทั้ง 4 จุด โดยแสดงผลผ่าน Tabs บน Application Blynk
- 4) ทดสอบคำสั่งแสดงค่า pH ของน้ำ และช่วงของการตรวจสอบค่า pH แบบ Real time โดยแสดงค่าผ่าน Graph บน Application Blynk
- 5) ทดสอบคำสั่งแสดงค่า pH ของน้ำ โดยแสดงค่าผ่าน Graph บน Application Blynk

6) ทดสอบคำสั่งแสดง Graph ช่วงของการตรวจสอบค่า pH แบบต่อเนื่อง โดย แสดงผลผ่าน SuperChart บน Application Blynk

7) ทดสอบเงื่อนไขของช่วงระดับการตรวจสอบค่า pH 0 - 7.4 มีความเป็นกรดให้เป็นสีแดง ค่า pH 7.5 - 8.5 มีความเป็นกลางให้เป็นสีเขียว และค่า pH 8.6 - 14 มีความเป็นด่างให้เป็นสีม่วง โดยแสดงผลผ่าน SuperChart บน Application Blynk

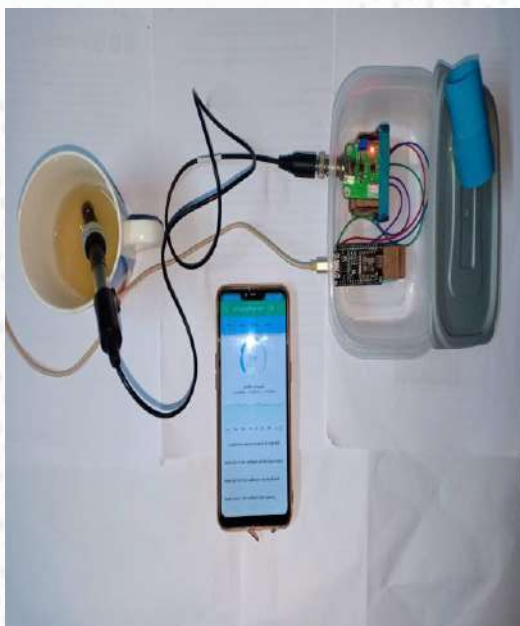
8) ทดสอบการแสดงผลการตรวจสอบ โดยแสดงผลผ่าน Labeled Value บน Application Blynk

2.5.2 Integrator Test ทดสอบระบบการแสดงผลข้อมูลในแต่ละส่วน โดยการส่งข้อมูลผ่าน Application Blynk ในส่วนต่าง ๆ ภายในระบบ

2.5.3 System Test ทดสอบการเชื่อมต่อการทำงานระหว่าง Blynk Server กับ Application และชุดเครื่องมือการตรวจสอบค่า pH ของน้ำ เช่น การตรวจสอบค่า pH ของน้ำ โดยชุดเครื่องมือทำงานผ่านชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE แล้วให้แสดงผลไปที่ Application Blynk

3. ผลการทดสอบและอภิปรายผลการศึกษา

ผลการทดสอบระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง ภูมิศึกษา บ่อกุ้งลุ่มงาน มีเชื่อมต่อการทำงานระหว่าง Blynk Server กับ Application และชุดเครื่องมือการตรวจสอบค่า pH ของน้ำ โดยใช้ชุดกระจายสัญญาณของคลื่นโทรศัพท์มือถือ ผ่านชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE แล้วส่งค่าไปแสดงผลที่ Application Blynk เช่น สามารถเปิด-ปิด การทำงานของ Application ได้ สามารถตรวจสอบสถานการณ์ออนไลน์ของอุปกรณ์ได้ สามารถเปิดหน้าต่างที่ตรวจสอบทั้ง 4 จุดได้ ตรวจสอบการส่งค่าจากชุดเครื่องมือมาแสดงค่า pH ที่ระบบกราฟแท่งแสดงช่วงระดับของการตรวจสอบค่า pH ของน้ำได้ และข้อมูลแสดงเกณฑ์การตรวจสอบค่า pH ของน้ำ เมื่อพัฒนาระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง ภูมิศึกษา บ่อกุ้งลุ่มงาน สามารถเปิด - ปิด การทำงานของ Application Blynk ได้ สามารถตรวจสอบสถานการณ์ออนไลน์ของอุปกรณ์ได้ สามารถเปิดหน้าต่างที่ตรวจสอบทั้ง 4 จุดได้ ตรวจสอบการส่งค่าจากชุดเครื่องมือมาแสดงค่า pH ที่ระบบได้ กราฟแท่งแสดงช่วงระดับของการตรวจสอบค่า pH ของน้ำได้ เกณฑ์การตรวจสอบช่วงระดับค่า pH ของน้ำ มี 3 ระดับ ดังนี้ ค่า pH 0 - 7.4 แทนเส้นกราฟสีแดงที่มีความเป็นกรด ค่า pH 7.5 - 8.5 แทนเส้นกราฟสีเขียวที่มีความเป็นกลาง และค่า pH 8.6 - 14 แทนเส้นกราฟ



ภาพที่ 5 ชุดเครื่องมือ



ภาพที่ 6 หน้าหลักของการตรวจสอบระบบ

สีม่วงที่มีความเป็นด่าง ข้อความแสดงเกณฑ์การตรวจสอบค่า pH ของน้ำได้ ชุดเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบค่า pH ของน้ำได้ สามารถตรวจสอบสถานะของชุดเครื่องมือได้ และสามารถทดสอบการเชื่อมต่อการทำงานระหว่าง Blynk Server กับ Application และชุดเครื่องมือการตรวจสอบค่า pH ของน้ำ ผลการทดสอบระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำนั้น สามารถทำงานได้

ชุดเครื่องมือ มีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ pH Sensor pH module บอร์ด NodeMCU V2 ESP8266 ดังภาพที่ 5 และเมื่อนำชุดเครื่องมือจุ่มลงน้ำบ่อเลี้ยงกุ้งจะแสดงผลการตรวจสอบที่ Application Blynk ดังภาพที่ 6

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสภาพความเป็นกรดต่างของน้ำให้มีความเหมาะสมต่อบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะช่วยให้การตรวจสอบคุณภาพน้ำมีความรวดเร็วขึ้น และหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งได้ทันทีหากมีค่าความเป็นกรดต่างของน้ำที่ไม่เหมาะสมกับสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง วิจัยนี้เป็นการตรวจสอบค่า pH ของน้ำด้วยแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ตโฟน โดยใช้เครื่องควบคุม NodeMCU V2 ESP8266-12E และ PH Sensor Arduino Analog pH Meter E-201-C pH module เพื่อความสะดวกและรวดเร็วต่อการตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง โดยผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน พบว่าความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมมีค่าเท่ากับ 4.55 อยู่ในระดับมาก และความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวมมีค่าเท่ากับ 4.46 อยู่ในระดับมากที่สุด

4. ผลการประเมิน

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน กับผู้เชี่ยวชาญ 10 คน โดยใช้เกณฑ์สถิติในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ (พิสุทธา อารีราษฎร์, 2550)

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

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.55 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบงานที่พัฒนาขึ้น ผลการประเมินความพึงพอใจระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน จำนวน 10 คน โดยใช้เกณฑ์สถิติในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ (พิสุทธา อารีราษฎร์, 2550)

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

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.46 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23 ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

5. บทสรุป

จากการศึกษาและออกแบบระบบตรวจสอบค่า pH ของน้ำในการเลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา บ่อกุ้งลงงาน เป็น Application ที่มีไว้สำหรับตรวจสอบคุณภาพน้ำ พัฒนาขึ้นด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยให้ชุดเครื่องมือการตรวจสอบค่า pH ของน้ำ (pH Sensor) จุ่มลงในบ่อเลี้ยงกุ้ง อุปกรณ์ส่งค่า pH ที่ตรวจสอบได้ผ่าน Blynk Server โดยแสดงผลค่า pH ที่ Application Blynk บน Smart Phone ของผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานเข้าระบบเพื่อ ทำการตรวจสอบค่า pH ของน้ำ ที่มีจุดที่ตรวจสอบทั้ง 4 จุดได้ ด้วยค่า pH จากชุดเครื่องมือ และแสดงกราฟเส้นที่แสดงค่าของการตรวจสอบน้ำ โดยมีเกณฑ์การวัด ดังนี้ ค่า pH ของน้ำ 3 ระดับ ดังนี้ 1) ค่า pH 0 - 7.4 แทนด้วยเส้นกราฟสีแดงแสดงความเป็นกรด 2) ค่า pH 7.5 - 8.5 แทนด้วยเส้นกราฟสีเขียวแสดงความเป็นกลาง และ 3) ค่า pH 8.6 - 14 แทนด้วยเส้นกราฟสีม่วงแสดงความเป็นด่าง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงงานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ ดร.สมจินต์ จันทระเชษฐากร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องทุกขั้นตอนของการจัดทำโครงงาน ผู้พัฒนาโครงงานจึงตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

7. ข้อเสนอแนะ

1. ระบบที่พัฒนาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านการศึกษาของผู้เพาะเลี้ยงกุ้งในพื้นที่ เรื่องคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้ง แสดงวิธีการใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบค่า pH ของน้ำได้
2. ควรเพิ่มระบบการสรุปผลการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อสะดวกในการควบคุมคุณภาพน้ำและสามารถนำไปวิเคราะห์ได้
3. สามารถพัฒนาต่อในส่วนของการเพิ่มจำนวนเซนเซอร์ในการตรวจสอบค่าอื่น ๆ เช่น ค่าความขุ่นใสของน้ำ ค่าอัลคาไลน์ของน้ำ ค่าอุณหภูมิของน้ำ และค่าออกซิเจนของน้ำ เป็นต้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ไกรสร สืบบุญ. (2563). PH Sensor arduino Analog pH Meter เซ็นเซอร์วัดค่า PH ของน้ำ. ค้นเมื่อ มกราคม 6, 2563, จาก <https://www.arduinoall.com/product/1845/ph-Sensor-arduino-analog-ph-meter-e-201-c-ph-module>
- [2] กรมประมง. (ม.ป.ป). การเลี้ยงกุ้งก้ามกราม. ค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2, 2562, จาก <https://www.fisheries.go.th/if-suratthani/1goonggamgram.htm>
- [3] ธัญพร กำจร. (2562). การประยุกต์ใช้ Internet of things ในทางการเกษตร. ค้นเมื่อ มกราคม 29, 2562, จาก <http://www.agri.ubu.ac.th/mis/seminar/upload/53.pdf>
- [4] ปองพล นิลฤกษ์ กิตติบุตร กาญจนเสถียร และบุรุษกร อยู่สุข. (2561). โปรโตไทป์ระบบตรวจวัดและ แจ้งเตือนสภาพดิน ในสวนทุเรียน กรณีศึกษา ต.บึงกาสาม อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี. ค้นเมื่อ มกราคม 29, 2562, จาก <file:///C:/Users/tat/Downloads/126923-Article%20Text-358065-1-10-20180718.pdf>
- [5] วิสิทธิ์ เวียงนาค. (2561). การใช้ Blynk App. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 7, 2563, จาก <https://medium.com/@visitwnk/>
- [6] วุฒิชัย เจนการ และกรรณิการ์ กาญจนชาติ. (2561). การวิเคราะห์น้ำจากฟาร์มกุ้งกุลาดำ ก่อนปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมใน จังหวัดภูเก็ต. ค้นเมื่อ มกราคม 2, 2563, จาก <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2553/3921>
- [7] วรุตม์ บุญเยี่ยม พรประสิทธิ์ บุญทอง และอาทิตย์ อยู่เย็น. (2561). การพัฒนาระบบควบคุมค่าความเป็นกรด – ด่างแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้ง. ค้นเมื่อ มกราคม 29, 2562, จาก <https://repository.rmutr.ac.th/bitstream/handle/123456789/1216/fulltext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [8] ศักราษ รอดภัย กฤษรรม รถมณี และกฤษฎา รถมณี. (2561). การพัฒนาแผนที่ภูมิอากาศท้องถิ่นด้วย IOT และคลาวด์เซิร์ฟเวอร์. ค้นเมื่อ มกราคม 29, 2562, จาก <http://pws.npru.ac.th/signal/data/files/The Local map development of climate by using IOT and Cloud Server.pdf>
- [9] สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์. (2561). การพัฒนาระบบการตรวจสอบคุณภาพน้ำแบบไร้สายโดยใช้ซิกบี. ค้นเมื่อ มกราคม 29, 2562, จาก <file:///C:/Users/tat/Downloads/76832-Article-236955-1-10-20170803.pdf>
- [10] อภิสิทธิ์ ศิริบุญ. (2563). NodeMCU v2. ค้นเมื่อ มกราคม 6, 2563, จาก <http://www.warincircuit.com/product/198/nodemcu-v2-lua-based-esp8266-12e-nodemcu-v2>
- [11] เอกอนันต์ ยูวเบญจพล. (ม.ป.ป). การดูแลคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาว. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 2, 2563, จาก <https://www.shrimpcenter.com/shrimp00153.html>
- [12] Arduino Sensor Module Shield. (2562). App สำเร็จรูป Blynk Nodemcu esp8266. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 1, 2563, จาก <https://www.ab.in.th/article/68/app>
- [13] Arduino-Indy. (2563). การเริ่มต้นใช้งาน ESP8266 ผ่านทาง Arduino IDE. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 1, 2563, จาก <http://www.arduino-indy.com/article/>
- [14] loxhop. (2563). โครงสร้างภาษา C Arduino. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 7, 2563, จาก <https://www.ioxhop.com/article/5/Arduino>
- [15] ThaiEasyElec. (2563). เริ่มต้น IoT App ด้วย Blynk. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 1, 2563, จาก <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/latest-blogs/get-start-iot-with-blynk.html>
- [16] _____. (ม.ป.ป). Blynk. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 2, 2562, <https://docs.blynk.cc/>

การพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร Development of Essential Oil Micro-capsule for Preserving Shelf-life of Agricultural Products

จิราภรณ์ ปักธงไชย¹ และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

*Email: wchuaboon@gmail.com

บทคัดย่อ

กระบวนการเอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการห่อหุ้มสาร เช่น วิตามิน ยา โดยสารที่ถูกห่อหุ้มจะเป็นของแข็งหรือของเหลว เรียกว่า สารแกนกลาง (core) และถูกห่อหุ้มด้วยพอลิเมอร์ เรียกว่า สารห่อหุ้ม (shell) ให้อยู่ในรูปของแคปซูลขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครแคปซูล เพื่อการคงตัวของสารตลอดการใช้งานและเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยสามารถระเหยได้ง่ายซึ่งทำให้ประสิทธิภาพลดลง งานวิจัยนี้จึงได้มีการนำน้ำมันหอมระเหยเข้าสู่กระบวนการเอนแคปซูเลชัน เพื่อพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดยี่หระเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการยืดอายุของผลผลิตทางการเกษตร พบว่า ไมโครแคปซูลที่มี whey protein isolate เป็นสารห่อหุ้มมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับสารห่อหุ้มชนิดอื่น โดยไมโครแคปซูลที่มีสารห่อหุ้มเป็น whey protein isolate มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเหลือง เมื่อตรวจสอบภายใต้กล้อง Benchtop SEM ที่กำลังขยาย 500X พบว่า ผิวเรียบ รูปร่างค่อนข้างกลม การทดสอบหมู่ฟังก์ชันของไมโครแคปซูลพบว่า ปรากฏฟิสิกของน้ำมันระเหยและสารห่อหุ้มในเส้นกราฟของไมโครแคปซูลซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยภายในสารห่อหุ้ม

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย เมล็ดยี่หระ ไมโครแคปซูล

Abstract

The encapsulation is the process of coating some substances such as vitamins and drugs which called core. Each core can either be in a solid or liquid state, covered by polymer called shell to make a small capsule which is microcapsule. This microcapsule will maintain the substances to prolong usage and shelf life. According to an essential oil can easily evaporate and decrease their efficiency. This research aims to develop a microcapsule for the content of essential oils from the seed of *Ocimum gratissimum* L. to apply in agricultural products shelf-life. The result showed that microcapsule which shelled by whey protein isolate (WAI) is the most effective. This microcapsule characterizes as a fine powder with yellow color, when examined under Benchtop SEM at 500X found out that it has a smooth surface and round-shape. Confirmed its efficiency by a function group test performed by FTIR-

spectroscopy found that the peak of essential oil and shell inline structure, which shows that essential oils are retained within WPI-shell.

Keywords: Essential oil, *Ocimum gratissimum* L., Microcapsul

1. บทนำ

น้ำมันหอมระเหย เป็นน้ำมันที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ น้ำมันหอมระเหยสามารถพบได้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ดอก ผล เมล็ด เมื่อได้รับความร้อนอนุภาคเล็ก ๆ จะระเหยออกมาเป็นกลุ่มไอรอบ ๆ น้ำมันหอมระเหยมักมีองค์ประกอบทางเคมีประเภท monoterpenes, sesquiterpenes และ oxygenated terpenes ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันจะทำให้ น้ำมันหอมระเหยมีกลิ่นและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ใช้ในการไล่แมลง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ใช้ประโยชน์ทางยา [1] นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย จากการรายงานของ Hu et al. [2] พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยและกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus niger*, *A. oryzae*, *A. ochraceus* นอกจากนี้ จิราภรณ์ และคณะ [3] ได้รายงานน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดยี่ห่วยสามารถยับยั้งเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้เพียง 24 ชั่วโมง เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยสามารถระเหยได้ง่ายทำให้ ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราลดลง จึงมีการนำน้ำมันหอมระเหยเข้าสู่กระบวนการเอนแคปซูเลชัน (encapsulation) เพื่อช่วยให้น้ำมันหอมระเหยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้นานขึ้น กระบวนการเอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการ ห่อหุ้มสาร เช่น วิตามิน ยา โดยสารที่ถูกห่อหุ้มจะเป็นของแข็งหรือของเหลว เรียกว่า สารแกนกลาง (core) และถูกห่อหุ้มด้วย พอลิเมอร์ เรียกว่า สารห่อหุ้ม (shell) ให้อยู่ในรูปของแคปซูลขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครแคปซูล เพื่อการคงตัวของสารตลอดการ ใช้งานและเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น นอกจากนี้การนำของเหลวมาอยู่ในกระบวนการเอนแคปซูเลชันยังช่วยลดการทำปฏิกิริยาของ สารผสม สะดวกต่อการนำไปใช้งาน สามารถควบคุมการปลดปล่อยไปสู่บริเวณที่ต้องการในเวลาที่เหมาะสมได้ จึงมีประโยชน์ ช่วยลดความเสี่ยงในการใช้สาร [4]

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดยี่ห่วยเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการยืดอายุ หลังการเก็บเกี่ยวของผลผลิตทางการเกษตร

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1. การพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย

2.1.1 การเตรียมอิมัลชันของสารห่อหุ้ม

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารห่อหุ้ม (shell) โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้สารห่อหุ้มที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ดัดแปลงจากวิธีของ Sittipummongkol and Pechyen [5] ประกอบด้วย polyvinyl alcohol (PVA) ปริมาณ 3 กรัม, gum arabic (GA) ปริมาณ 20 กรัม หรือ whey protein isolate (WPI) ปริมาณ 20 กรัม ละลาย shell แต่ละชนิดในน้ำ DI ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน เติมน้ำ Tween 80 2 กรัม ลงในสารละลายสารห่อหุ้ม

2.1.2 การเตรียมสารละลายน้ำมันหอมระเหย

นำเมล็ดยี่ห่วย (*Ocimum gratissimum* L.) มาล้างทำความสะอาด อบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-15 ชั่วโมง เพื่อให้มีความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่าง 5-7% หลังจากนั้น นำพืชมาบดหยาบด้วยเครื่องบด นำตัวอย่างที่บดเรียบร้อยแล้วสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการสกัดแบบกลั่นไอน้ำ ดัดแปลงวิธีการของ ฤชอร และมงคล [6] โดยนำตัวอย่างพืชแช่ด้วยน้ำเปล่า 30 นาที แล้วนำพืชเข้ากระบวนการกลั่นด้วยไอน้ำ น้ำมันหอมระเหยจะอยู่ในรูปของไอน้ำเมื่อ

ควบแน่นจะทำให้เกิดการแยกชั้นเก็บส่วนที่เป็นน้ำมันหอมระเหยเมล็ดยี่หระ 100 % เติมน้ำ DI ปริมาตร 20 มิลลิลิตรทิ้งไว้ 30 นาที

2.1.3 การเตรียมไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย

นำสารห่อหุ้มที่เตรียมจากข้อ 1.1 ผสมกับน้ำมันหอมระเหยจากข้อ 1.2 ในอัตราส่วนระหว่างน้ำมันหอมระเหยและสารห่อหุ้ม เท่ากับ 1:2 (ตารางที่ 1) ผสมด้วยเครื่องผสมสารที่ความเร็ว 1,200 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายเข้าเครื่อง Freeze dryer ยี่ห้อ OPERON รุ่น FE-5503 ประเทศเกาหลี

ตารางที่ 1 Ratio of essential oils to encapsulation substances (shell)

No.	Ratio of core : shell	Ratio (1:2)
1	Essential oil of <i>Ocimum gratissimum</i> L.: WPI	33.33 : 66.66 ^{1/} (v/w)
2	Essential oil of <i>O. gratissimum</i> L.: GA	33.33 : 66.66 ^{2/} (v/w)
3	Essential oil of <i>O. gratissimum</i> L.: PVA	33.33 : 66.66 ^{3/} (v/w)

^{1/} = Ratio of essential oil of *O. gratissimum* 100% concentration 10 ml: WPI 20 g.

^{2/} = Ratio of essential oil of *O. gratissimum* 100% concentration 10 ml: GA 20 g.

^{3/} = Ratio of essential oil of *O. gratissimum* 100% concentration 10 ml: PVA 3 g.

2.2. การทดสอบคุณสมบัติของไมโครแคปซูล

2.2.1 ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของไมโครแคปซูล

ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของไมโครแคปซูล เช่น สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40X

2.2.2 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูล

ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูลด้วยเครื่อง Benchtop scanning electron microscope (Benchtop SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JCM-6000 ประเทศญี่ปุ่น โดยวางไมโครแคปซูลลงบน carbon tape และเคลือบด้วยทองและศึกษาที่กำลังขยาย 500X

2.2.3 การทดสอบหมู่ฟังก์ชันของไมโครแคปซูล

การทดสอบหมู่ฟังก์ชันของไมโครแคปซูล ด้วย FTIR spectroscopy (Perkin Elmer USA spectrophotometer) นำไมโครแคปซูลไปทดสอบด้วยการตรวจผลจากอินฟราเรด Spectroscopy พบว่าค่าดูดกลืนแสงถูกบันทึกที่เลขคลื่น 500-4000 cm⁻¹ (rang at a resolution ± 4 cm⁻¹) สแกน 32 ครั้ง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1. การพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหย

จากการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารห่อหุ้ม (shell) โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้สารห่อหุ้มที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ PVA, GA และ WPI สามารถพัฒนาไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดยี่หระ ได้ 3 แบบที่มีสารห่อหุ้มที่

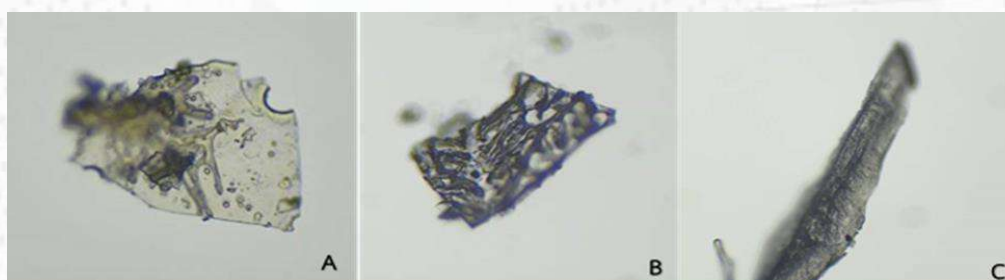
แตกต่างกัน และพบว่าไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดยี่ห่วย ทั้ง 3 แบบ พบว่ามีความแตกต่างกันของคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 ลักษณะทางกายภาพของไมโครแคปซูล

ลักษณะทางกายภาพภายนอกของไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดยี่ห่วย พบว่า ไมโครแคปซูลที่ห่อหุ้มด้วย WPI มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเหลือง ส่วนไมโครแคปซูลที่ใช้สารห่อหุ้มจาก GA มีลักษณะเป็นก้อน แข็ง สีขาว ในขณะที่ไมโครแคปซูลที่ห่อหุ้มด้วย PVA มีลักษณะคล้ายโฟม สีขาว (ภาพที่ 1) เมื่อตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40X พบว่า ไมโครแคปซูลที่ห่อหุ้มด้วย WPI มีลักษณะเป็นแผ่น รูปร่างเป็นเหลี่ยม มีรูพรุน สีเหลือง ส่วนไมโครแคปซูลที่ห่อหุ้มด้วย GA มีลักษณะเป็นแผ่นเหลี่ยม สีผิวขรุขระ และไมโครแคปซูลที่ห่อหุ้มด้วย PVA มีลักษณะเป็นแท่งคล้ายคริสตลล์ สี มีรูพรุน (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับการรายงานของชโลธรและคณะ [7] พบว่า ไมโครแคปซูลที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง เพื่อดึงน้ำมันขึ้นตอนสุดท้ายจะส่งผลให้อนุภาคมีขนาดเล็ก พื้นผิวของอนุภาคเกิดรูพรุน และไม่เรียบ ซึ่งการเกิดรูพรุนเป็นผลมาจากการหดตัวของไมโครแคปซูลจากกระบวนการอบแห้งที่มีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ รวมถึงชนิดและปริมาณของสารห่อหุ้มที่แตกต่างกันให้ประสิทธิภาพของไมโครแคปซูลที่ต่างกัน โดยนอกจากชนิดของสารห่อหุ้มแล้ว ปริมาณสารห่อหุ้ม สัดส่วนสารห่อหุ้มน้ำมันหอมระเหยหรือสารแกนกลางล้วนมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไมโครแคปซูลที่ได้ ทั้งนี้ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า สัดส่วนสารห่อหุ้มต่อสาร แกนกลางที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 2:1 ถึง 4:1 เนื่องจากการใช้ปริมาณสารห่อหุ้มน้อย คือ มีสัดส่วนน้อยกว่า 2:1 จะทำให้มีประสิทธิภาพในการกักเก็บและประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยต่ำ น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่จึงกระจายอยู่ที่ผิวของผงไมโครแคปซูล จึงไม่มีประโยชน์ในการปกป้องน้ำมันหอมระเหย หรือสารแกนกลางจากสภาวะแวดล้อมภายนอกแต่หากมีการใช้ปริมาณสารห่อหุ้มในปริมาณสูง คือ มีสัดส่วนสารห่อหุ้มต่อสารแกนกลาง มากกว่า 4:1 แม้จะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยสูงแต่การใช้สารห่อหุ้มในปริมาณสูงทำให้ไม่คุ้มค่าทุนในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม [8] โดยสารห่อหุ้มมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไมโครแคปซูล เช่น ผลต่อความคงตัว ความสะดวกในการขนส่ง ตลอดไปถึงความคุ้มค่าทุนในการผลิต ปัจจัยเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยที่ใช้ในการประเมินเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป



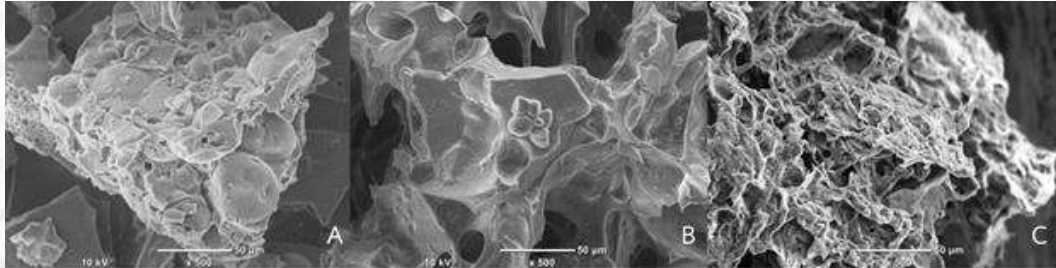
ภาพที่ 1. The microcapsule of essential oil from the seed of *O. gratissimum* with different encapsulation substances (shell) A) WPI, B) GA, and C) PVA.



ภาพที่ 2. The microcapsule of essential oil from the seed of *O. gratissimum* with different encapsulation substances (shell) A) WPI, B) GA, and C) PVA, under compound microscope at 40X.

3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไมโครแคปซูล

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเมื่อศึกษาด้วยเครื่อง Benchtop scanning electron microscope พบว่า ไมโครแคปซูลที่หุ้มด้วย WPI มีลักษณะเรียบ รูปร่างค่อนข้างกลม (ภาพที่ 3A) และไมโครแคปซูลที่หุ้มด้วย GA มีลักษณะผิวเรียบและมีส่วนที่มีลักษณะกลมกระจายอยู่ ส่วนไมโครแคปซูลที่หุ้มด้วย PVA ที่ผิวมีลักษณะโปร่ง มีรูพรุน (ภาพที่ 3)

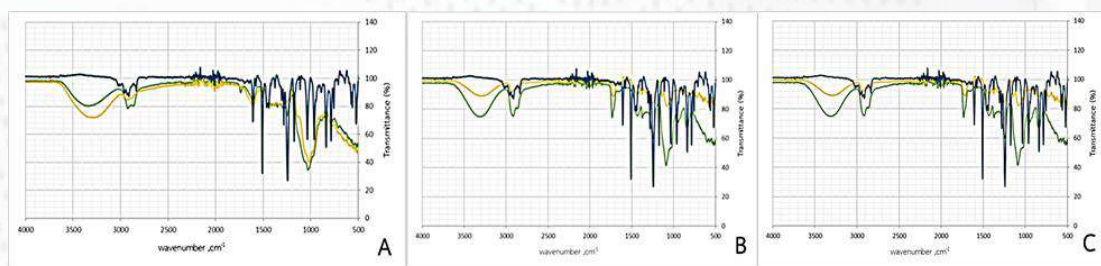


ภาพที่ 3. The microcapsule of essential oil from the seed of *O. gratissimum* with different encapsulation substances (shell) A) WPI, B) GA, and C) PVA, under Benchtop SEM at 500X.

3.3 การทดสอบหุ้ฟุ้งกั้นของไมโครแคปซูล

โครงสร้างของไมโครแคปซูล ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ สารที่ถูกห่อหุ้มซึ่งเป็นของเหลวหรือของแข็ง เรียกว่า สารแกนกลาง (core หรือ internal phase) และสารที่ใช้ห่อหุ้มซึ่งมีผนังบาง ๆ เรียกว่า สารห่อหุ้ม (wall หรือ coating material) ทำให้เกิดการฟอร์มตัวเป็นไมโครแคปซูล ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของไมโครแคปซูลตามโครงสร้างได้ 3 ประเภท

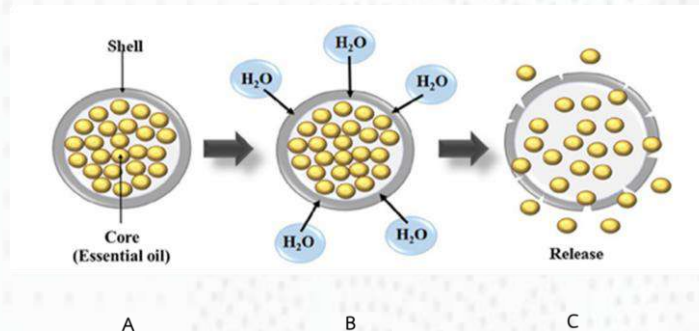
ภาพที่ 4. Schematic representation of the controlled release system (A) neem seed oil loaded microcapsule (B) diffusion of water into microcapsules (C) release of neemseed oil from the partly dissolved microcapsule shell [5].



คือ โครงสร้างอนุภาคเดี่ยว (Mononuclear), โครงสร้างอนุภาครวม (polynuclear) และโครงสร้างอนุภาคหลายชั้น (matrix) [9] ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยประเภทโครงสร้างอนุภาคหลายชั้น (matrix) (ภาพที่ 4) ซึ่งอินฟราเรดสเปกโทรสโกปียืนยันทันการมีอยู่ของแกนกลางและส่วนประกอบสารห่อหุ้มของไมโครแคปซูลที่เตรียมไว้แต่ละอัน (ภาพที่ 5-7) ซึ่ง ATR-FTIR spectra ของน้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดยี่ห่วยปรากฏพิกัดที่ 1610 cm^{-1} , 1510 cm^{-1} , 1250 cm^{-1} , 1180 cm^{-1} , 1035 cm^{-1} , 635 cm^{-1} , 840 cm^{-1} , 790 cm^{-1} และ 525 cm^{-1} ขณะที่พิกัดของสารห่อหุ้ม PVA ปรากฏพิกัดที่ 3308 cm^{-1} (O-H stretching), 2911 cm^{-1} (C-H stretching) และ 1733 cm^{-1} (C=O stretching) และพิกัดอื่นที่

3287 cm^{-1} (O=H stretching), 2911 cm^{-1} (C=H stretching) และ 1599 cm^{-1} (C=O stretching) [10] ส่วนสารห่อหุ้ม GA ปรากฏพีคที่ 3275 cm^{-1} (N=H stretching), 2927 cm^{-1} (C=H stretching) และ 1630 cm^{-1} (C=O stretching) [11] และ หมู่ฟังก์ชันของสารห่อหุ้ม WPI ปรากฏพีคที่ 3308 cm^{-1} (O=H stretching), 2926 cm^{-1} (C=H stretching) และ 1642 cm^{-1} (C=O stretching) [12]

ภาพที่ 5. ATR- FTIR spectra of A. WPI, B) GA, and PVA shell, blue line is essential oil, yellow line is encapsulation substances (shell) and green line is microcapsule.



4. บทสรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการห่อหุ้มของสารห่อหุ้ม 3 ชนิด ต่อน้ำมันหอมระเหยเมล็ดยี่หระ สารห่อหุ้มที่เหมาะสมสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อยืดอายุและประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย พบว่า สารห่อหุ้มจาก whey protein isolate มีลักษณะผงละเอียด สีเหลือง เมื่อตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40X พบว่า มีลักษณะเป็นแผ่น รูปร่างเป็นเหลี่ยม มีรูพรุน สีเหลือง และจากการทดสอบหมู่ฟังก์ชันแสดงฟังก์ชันของน้ำมันระเหยและสารห่อหุ้มในเส้นกราฟของไมโครแคปซูลซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการกักเก็บน้ำมันหอมระเหยภายในสารห่อหุ้ม จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่า ไมโครแคปซูลในสารห่อหุ้มจาก WPI มีความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อยืดอายุผลผลิตทางการเกษตรได้ดีกว่าสารห่อหุ้มจาก GA และ PVA

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยสมุนไพร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข และกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงทางการแพทย์ 2 น้ำมันหอมระเหย. บริษัท ดีไซน์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 2548.
- [2] Hu, F., Tu, X.F., Thakur, K., Hu, F., Li, X.L., Zhang, Y.S., Zhang, J.G. and Wei, Z.J., Comparison of antifungal activity of essential oils from different plants against three fungi. Food and Chemical Toxicology. 134(2019)1-9.
- [3] จิราภรณ์ ปักธงไชย, ดุสิต อธิวัฒน์ และวิลาวรรณ เชื้อบุญ. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของลองกองหลังการเก็บเกี่ยว. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ, 2563. 25-30
- [4] บัณฑิต พรหมรักษา, จุริรัตน์ ดาตวง, เตือนจิต คำพิทักษ์, ประณิธิ หงสประภาส และพัชรี บุญศิริ. 2557. เทคนิคไมโครแคปซูลและบทบาททางการแพทย์. วารสารศรีนครินทร์เวชสาร. 29(2014)90-97.

- [5] Sittipummongkol, K. and C. Pechyen, Production. characterization and controlled release studies of biodegradable polymer microcapsules incorporating neem seed oil by spray drying. Food Packaging and Shelf Life. 18(2018)131-139.
- [6] ฤชอร วรณะ และมงคล วงศ์สวัสดิ์. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพืชสมุนไพร 3 ชนิด ต่อการป้องกันกำจัดด้วงวงข้าว. วารสารแก่นเกษตร 46(2018)719-724.
- [7] ชโลธร แก้วสันเทียะ, นิภารัตน์ ศรีธเรศ และชิวาภูมิ เพชรเย็น. ประสิทธิภาพของไมโครแคปซูลน้ำมันตะไคร้เสริมในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและองค์ประกอบซากของไก่เนื้อ. Thai Journal of Science and technology 9(2020)346-354.
- [8] Frascareli, E. C., Silva, V. M., Tonon, R. V., & Hubinger, M. D. (2012). Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. Food and Bioproducts Processing, 90(3), 413-424.
- [9] Barbosa-Cánovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). Food powders physical properties, processing and functionality. New York: Kluwer Academic.
- [10] McNamee, B. F., O’Riorda, E. D., & O’Sullivan, M. (2001). Effect of partial replacement of gum arabic with carbohydrates on its microencapsulation properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(7), 3385-3388.
- [11] Nayak, A. K., Das, B., and Maji, R. (2012). Calcium alginate/gum arabic beads containing glibenclamide: Development and in vitro characterization. International Journal of Biological Macromolecules, 51, 1070–1078.
- [12] Hundre, S. Y., Karthik, P., & Anandharamakrishnan, C. (2015). Effect of whey protein isolate and β -cyclodextrin wall systems on stability of microencapsulated vanillin by spray-freeze drying method. Food Chemistry, 174, 16-24.

ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากชาเขียวต่อเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร Effects of Green Tea Crude Extract against Enteropathogenic Bacteria

อัจฉรา เพิ่ม

สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
E-mail: atchara.ph@skru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียว (*Camellia sinensis*) ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารคือ *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 และ methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) จากการทดสอบโดยวิธี disc diffusion พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 2.50 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA มีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 9.51, 10.30 และ 8.24 mm ตามลำดับ การทดสอบการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA ได้ที่ความเข้มข้น 1.00, 0.50 และ 1.00 mg/ml ตามลำดับ และสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 (Minimum Bactericidal Concentration, MBC) ที่ความเข้มข้น 1.00 mg/ml การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA โดยวิธี time kill พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 2MIC, 4MIC, และ 8MIC ทำให้จำนวนเชื้อแต่ละชนิดลดลงเมื่อเทียบกับเชื้อเริ่มต้น และสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 8MIC สามารถยับยั้งเชื้อแต่ละชนิดได้ดีที่สุด สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวทำให้จำนวนเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA ลดลงจาก 5.70 เป็น 4.60, 3.72 และ 4.55 log cfu/ml ตามลำดับ

คำสำคัญ: ชาเขียว, ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย, methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *Staphylococcus aureus*

Abstract

This study aimed to determine antibacterial activity of green tea leaf extract (*Camellia sinensis*) against *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). The antibacterial activity was determined by disc diffusion method. It was found that crude extract from green tea at concentration of 2.50 mg/ml inhibited *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA with inhibition zone of 9.51, 10.30, and 8.24 mm, respectively. The Minimum Inhibitory Concentration (MIC) values of crude extract from green tea inhibited the growth of *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA at concentration of 1.00, 0.50, and 1.00 mg/ml, respectively. Accordingly, Minimum Bactericidal Concentration (MBC) of crude extract from green tea against *S. aureus* ATCC 25923 was 1.00 mg/ml. The antibacterial activity of crude extract from green tea against *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA was determined by time kill method. Crude extract from green tea at

concentration of 2MIC, 4MIC, and 8MIC decreased the numbers of *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA, compared with their initial numbers. Crude extract from green tea at concentration of 8MIC showed the best antibacterial activity against all tested bacteria. Crude extract from green tea inhibited the growth of *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 and *S. aureus* ATCC 25923 with reduction in their numbers from 5.70 to 4.60, 3.72, and 4.55 log cfu/ml, respectively.

Keywords: green tea, antibacterial activity, methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *Staphylococcus aureus*

1. บทนำ

โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารสาเหตุเกิดจากการรับประทานอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคชนิดต่างๆ เชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษที่มีความสำคัญคือ *Salmonella enterica* serovar Typhimurium และ *Staphylococcus aureus* มักพบการปนเปื้อนในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ โดยที่เชื้อ *S. aureus* สามารถสร้างสารพิษชนิดเอนเทอโรท็อกซิน (enterotoxin) 6 ชนิดที่มีความเป็นพิษที่ต่างกัน ส่วนใหญ่ในอาหารประเภทเนื้อสัตว์มักจะพบสารพิษชนิดเอ (type A) ทำให้กระเพาะอาหารและลำไส้เล็กอักเสบ และเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ใช้ตัวเซลล์ของเชื้อในการทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษคือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ เป็นตะคริวในช่องท้อง และอ่อนเพลีย การทำลายเชื้ออาศัยยาปฏิชีวนะในการรักษาหากมีการใช้ยาปฏิชีวนะบ่อยๆ และการใช้ไม่ถูกวิธีจะทำให้เชื้อก่อโรคดื้อต่อยาปฏิชีวนะ โดยเฉพาะเชื้อ *S. aureus* ที่มีวิวัฒนาการของสายพันธุ์ทำให้ดื้อต่อยาปฏิชีวนะได้หลายชนิดที่สำคัญคือ methicillin resistant *S. aureus* (MRSA) จะทำให้เกิดการติดเชื้อรุนแรงและรักษาได้ยาก การรักษาอาจใช้ยา vancomycin ซึ่งอาจมีผลข้างเคียงต่อผู้ป่วยด้วย แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการแก้ไขปัญหา คือการนำพืชสมุนไพรที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมาใช้ในการรักษาโรค เนื่องจากสมุนไพรมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่ายาแผนปัจจุบัน [1] อีกทั้งในประเทศไทยมีสมุนไพรที่หาได้ง่าย ราคาถูก และปลูกใช้ได้เองในครัวเรือน

ชาเขียว (*Camellia sinensis*) เป็นพืชสมุนไพรวงศ์ Theaceae เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศจีนและไต้หวัน นิยมปลูกทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีารปลูกเป็นแถวขั้นบันไดและตัดแต่งกิ่งอย่างสม่ำเสมอ ชาเขียวเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสูงประมาณ 1-6 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับมีสีเขียว ลักษณะเป็นรูปหอกปลายแหลม ใบชาเขียวมีสารสำคัญคือสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เรียกว่า คาเทชิน (catechin) และสามารถแบ่งสารสำคัญออกเป็น 5 ชนิด คือ กัลโลคาเทชิน (gallocatechin, GC), อีพิกคาเทชิน (epicatechin, EC), อีพิกัลโลคาเทชิน (epigallocatechin, EGC), อีพิกคาเทชิน กัลเลท (epicatechin gallate, ECG), อีพิกัลโลคาเทชิน กัลเลท (epigallocatechin gallate, EGCG) โดยเฉพาะ EGCG จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุด ชาเขียวมีสรรพคุณในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดคลอเรสเตอรอลในเลือด ลดความดันโลหิตสูง กระตุ้นระบบประสาทช่วยป้องกันโรคซึมเศร้า ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในระบบทางเดินอาหาร และช่องปาก [2] จากงานวิจัยของ Granato et al. [3] พบว่า สารสกัดหยาบจากชาเขียว ชาขาว และชาดำสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ได้ดีที่สุดโดยใช้วิธี disc diffusion จากงานวิจัยของ Parvez et al. [4] พบว่า สาร EGCG จากชาเขียวใช้ร่วมกับยาปฏิชีวนะเจนตามัยซิน (gentamicin) จะส่งเสริมฤทธิ์กันทำให้สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *Escherichia coli* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะชนิดอื่นได้ดียิ่งขึ้น และสอดคล้องกับการใช้สารคาเทชินจากชาเขียวร่วมกับยาปฏิชีวนะจะทำให้สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ดียิ่งขึ้น [5] ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จะการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารคือ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA โดยวิธี disc diffusion, broth microdilution และ time kill เพื่อประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้สมุนไพรในการถนอมอาหารต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 สมุนไพร อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมี

1) ชาเขียว (*Camellia sinensis*)

- 2) อาหารเลี้ยงเชื้อ Brain Heart Infusion broth (BHI broth, Difco, Dickinson, USA)
- 3) อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton agar (MHA, Difco, Dickinson, USA)
- 4) อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton broth (MHB, Difco, Dickinson, USA)
- 5) ยาปฏิชีวนะคลอแรมเฟนิคอล (chloramphenicol 10 µg/disc, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)
- 6) ยาปฏิชีวนะแวนโคไมซิน (vancomycin 0.03 µg/disc, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)
- 7) เอทานอล 95%
- 8) DMSO (Dimethyl Sulfoxide, Merck, Darmstadt, Germany)

2.2 อุปกรณ์

- 1) เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator, BUCHI, R-200)
- 2) microtiter plates (96-well)
- 3) multichannel micropipette 20-200 µl (Finnpipette)
- 4) vernier caliper (Whale)

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การสกัดสมุนไพร

ใบชาเขียว (*Camellia sinensis*) ได้รับการพิสูจน์เอกลักษณ์จากสถานวิจัยความเป็นเลิศด้านผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ นำใบชาเขียวมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 °C บดให้ละเอียดพอประมาณแล้วนำมาสกัดด้วยเอทานอล 95% โดยมีอัตราส่วนของสมุนไพรต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 กวนผสมใบชาเขียวทุก ๆ วันจนครบ 7 วัน กรองสารสกัดและนำมาระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้ เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) นำสารสกัดมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดหยาบที่ได้ (% yield) ตามสูตรและเก็บสารสกัดที่อุณหภูมิ 4 °C (ดัดแปลงจากวิธีการของ Phoem and Voravuthikunchai [6])

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ได้จากการสกัด}}{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ใช้ในการสกัด}} \times 100$$

2.3.2 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคโดยวิธี disc diffusion (ดัดแปลงจากวิธีของ Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI [7])

นำเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มาเลี้ยงในอาหาร brain heart infusion (BHI Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr จากนั้นนำเชื้อที่ได้นำมาแยกบริสุทธิ์บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นำโคโลนีเดี่ยว ๆ ของเชื้อมาใส่ใน 0.85% น้ำเกลือ (0.85% normal saline solution) และปรับความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 Mc Farland standard (1.5×10^8 cfu/ml)

นำสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมาละลายด้วยไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO) โดยให้ความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 25 mg/ml ตูบสารสกัดหยาบที่เตรียมไว้หยดกลางแผ่นดิสก์ (disc) ที่ปลอดเชื้อแล้วปริมาตร 10 µl ให้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 2.5 mg/ml วางไว้ข้ามคืนก่อนทดสอบ

นำเชื้อก่อโรคข้างต้นมาเกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหาร Muller Hinton agar (MHA) โดยวางแผ่นดิสก์ของสารสกัดหยาบห่างกันพอประมาณ บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18 hr ทำ 3 ซ้ำ โดยเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium มีชุดควบคุมบวก (positive control) คือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมเฟนิคอล (chloramphenicol) และเชื้อ *S. aureus* มีชุดควบคุมบวกคือ ยาปฏิชีวนะแวนโคไมซิน (vancomycin) สังเกตและวัดโซนการยับยั้งเชื้อ (inhibition zone)

2.3.3 การทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโดยวิธี Minimal Inhibitory Concentration (MIC) และการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถทำลายเชื้อโดยวิธี Minimal Bactericidal Concentration (MBC) (ดัดแปลงจากวิธีของ CLSI [7])

นำเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มาเลี้ยงในอาหาร BHI broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr จากนั้นนำเชื้อที่ได้นำมาแยกบริสุทธิ์บนอาหาร BHI agar บ่มที่

อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นำโคลนเดี่ยว ๆ ของเชื้อมาใส่ใน 0.85% น้ำเกลือ ปรับความขุ่นของเชื้อเป็น 0.5 McFarland standard (1.5×10^8 cfu/ml) แล้วเจือจางให้มีความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นเป็น 5×10^6 cfu/ml

นำสารสกัดหยาบมาเจือจางแบบลดลงตามลำดับ 2 เท่า (two-fold dilution) ด้วย DMSO ทั้งหมด 12 ความเข้มข้น โดยสารสกัดหยาบมีความเข้มข้นเริ่มต้นในหลุมแรกเป็น 10 mg/ml

นำอาหาร MHB ปริมาตร 160 μ l ถ้วยลงในไมโครไทเทอร์เพลท (microtiter plate) แบบ 96 หลุม (well) เติมสารสกัดหยาบปริมาตร 20 μ l ดูดเชื้อแต่ละชนิดจากข้างต้นปริมาตร 20 μ l ผสมให้เข้ากันลง โดยที่ช่องชุดควบคุมบวกใส่เชื้ออย่างเดียวก และช่องชุดควบคุมลบใส่สารสกัดหยาบอย่างเดียว บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18 hr ทำ 3 ซ้ำ การอ่านผลการเจริญของเชื้อหลุมที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่เชื้อไม่สามารถเจริญ คือหลุมที่มีค่าเป็น MIC โดยเชื้อ *S. Typhimurium* มีชุดควบคุมบวกคือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมฟินิคอล และเชื้อ *S. aureus* มีชุดควบคุมบวกคือ ยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซิน ทำการทดสอบ MBC โดยนำแต่ละหลุมที่ไม่มีการเจริญของเชื้อก่อโรคจากการทดสอบค่า MIC นำเชื้อมาเชย (streak) บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr ทำ 3 ซ้ำ การอ่านผลการเจริญของเชื้อคือค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เชื้อไม่สามารถเจริญมีค่าเป็น MBC

2.3.4 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในแต่ละช่วงเวลาโดยวิธี time-kill (ดัดแปลงจากวิธีของ CLSI [7])

นำเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มาเลี้ยงในอาหาร BHI broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr จากนั้นนำเชื้อที่ได้นำมาแยกบริสุทธิ์บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นำโคลนเดี่ยว ๆ ของเชื้อมาใส่ใน 0.85% น้ำเกลือปรับความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 Mc Farland standard แล้วเจือจางให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 5×10^6 cfu/ml

เตรียมสารสกัดหยาบเพื่อให้ความเข้มข้นเป็น 10 เท่าของความเข้มข้นเริ่มต้น โดยใช้สารสกัดมีค่าเป็น MIC, 2MIC, 4MIC และ 8MIC

ดูดสารสกัดหยาบแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 200 μ l ลงในอาหาร BHI broth ปริมาตร 1600 μ l และเติมเชื้อปริมาตร 200 μ l ชุดควบคุมไม่มีการเติมสารสกัดหยาบบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นับจำนวนเชื้อทุก ๆ 6 hr เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้ทำเจือจางแบบลดลงตามลำดับ 10 เท่า (ten-fold serial dilution) แล้วนำมานับเชื้อ (plate count) บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr ทำ 3 ซ้ำ เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง log cfu/ml กับเวลา (hr) การลดลงของเชื้อเปรียบเทียบกับเชื้อเริ่มต้น

2.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองที่ได้รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลผลิตของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียว (% yield)

ใบชาเขียวมีน้ำหนักเริ่มต้น 3,000 g หลังจากทำการสกัดน้ำหนักของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีน้ำหนัก 162 g คำนวณค่าผลผลิตตามสูตร

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ได้จากการสกัด}}{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ใช้ในการสกัด}} \times 100$$

สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีลักษณะเป็นของหนืด สีเขียว เมื่อคำนวณแล้วได้ค่าผลผลิต (% yield) เป็น 5.40% จากรายงานของ Barbalho et al. [8] พบว่าสารสกัดหยาบมีสารคาเทชิน โดยเฉพาะกลุ่มสารเอพิกัลโลคาเทชิน กัลเลท (EGCG) เป็นองค์ประกอบหลัก

3.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคโดยวิธี disc diffusion

ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 2.5 mg/ml ในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA ที่มีความเข้มข้นเป็น 1.5×10^8 cfu/ml (ตารางที่ 1) พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีฤทธิ์เบื้องต้นในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium

ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มีขนาดโซนการยับยั้ง เป็น 9.51, 10.30 และ 8.24 mm ตามลำดับ ชุดควบคุมบวก คือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมฟินิคอล (ความเข้มข้น 10 µg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. Typhimurium* ATCC 13311 มีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 25.32 mm และยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซิน (ความเข้มข้น 10 µg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 15.17 และ 14.32 mm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่า MRSA และ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311

การทดสอบโดยวิธี disc diffusion เป็นการทดสอบขั้นต้นเพื่อทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบในการแพร่ผ่านบนผิววนของอาหาร MHA สารสกัดหยาบที่มีความแตกต่างประจุสูงจะสามารถแพร่ผ่านผิววนได้ดี จึงเห็นโซนการยับยั้งเชื้อในวงกว้าง [9] นอกจากนี้สายพันธุ์เชื้อก็มีผลต่อโซนการยับยั้ง โดยเฉพาะเชื้อสายพันธุ์ MRSA จะปรับตัวให้มีความดื้อต่อยาปฏิชีวนะเมทิซิลลิน (methicillin) ซึ่งจะมีผลให้มีความทนทานต่อสารสกัดหยาบได้สูงเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta and Kumar [10] ใช้สารสกัดหยาบจากชา (*Camellia sinensis*) ในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* โดยวิธี disc diffusion พบว่ามีโซนการยับยั้งเป็น 9-18 mm

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งโดยวิธี disc diffusion

เชื้อก่อโรค	ค่าเฉลี่ยของโซนการยับยั้ง±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mm)		
	คลอแรมฟินิคอล	แวนโคมัยซิน	สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว
<i>Salmonella enterica</i> serovar Typhimurium ATCC 13311	25.32±0.04	ND	9.51±0.02
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	ND	15.17±0.05	10.30±0.03
Methicillin resistant <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	ND	14.32±0.05	8.24±0.06

Not determine (ND) : ไม่ทำการวิเคราะห์

3.3 ผลการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อก่อโรค Minimum Inhibitory Concentration (MIC) และ Minimum Bactericidal Concentration (MBC) ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวโดยวิธี broth microdilution

การทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA และค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการทำลายเชื้อ (MBC) โดยใช้สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว (ตารางที่ 2) โดยที่เชื้อมีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 5×10^5 cfu/ml พบว่าสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 และ MRSA มีค่า MIC เป็น 1.00 mg/ml และยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 โดยมีค่า MIC และ MBC เป็น 0.50 และ 1.00 mg/ml ตามลำดับ ชุดควบคุมบวก คือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมฟินิคอลสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 โดยมีค่า MIC เป็น 1.00 µg/ml และยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซินสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA โดยมีค่า MIC เป็น 0.50 และ 2.00 µg/ml ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบออกฤทธิ์ได้ดีกับแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ยกเว้นแบคทีเรียแกรมบวกสายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะเมทิซิลลิน (MRSA)

สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่าเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เนื่องจาก *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 มีเยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำลายผนังเซลล์และทำให้เชื้อตายในที่สุด และการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกันจะทำให้ได้องค์ประกอบทางเคมีของพืชที่ถูกสกัดออกมาต่างกัน องค์ประกอบหลักของสารสำคัญในใบชาเขียวคือ คาเทชินที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ แต่เชื้อ MRSA มีการสร้าง penicillin binding proteins (PBPs) ชนิด PBP2a ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับยากลุ่มบีตา-แลคแตม (β-lactam) ได้ต่ำมาก

ดังนั้นยากลุ่มปีตา-แลคแทมจึงใช้ไม่ได้ผลกับเชื้อนี้ [9] และสอดคล้องงานวิจัยของ Nibir, et al., [11] พบว่าค่า MIC ของชาบังคลาเทศ (Bangladesh tea) ต่อเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารมีค่าเป็น 0.1-0.5 mg/ml ตามลำดับ และงานวิจัยของ Gupta and Kumar [10] ใช้สารสกัดหยาบจากชา *Camellia sinensis* ในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* มีค่า MIC และ MBC มีค่าเป็น 6.25-12.50 และ 12.50-50.00 mg/ml ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) และทำลายเชื้อ (MBC) ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียว

เชื้อก่อโรค	ค่า MIC (μ g/ml)		ค่า MIC (mg/ml)	ค่า MBC (mg/ml)
	คลอแรมฟินิคอล	แวนโคมัยซิน	สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว	สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว
<i>Salmonella enterica</i> serovar Typhimurium ATCC 13311	1.00	ND	1.00	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	ND	0.50	0.50	1.00
Methicillin resistant <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	ND	2.00	1.00	-

Not determine (ND) : ไม่ทำการวิเคราะห์

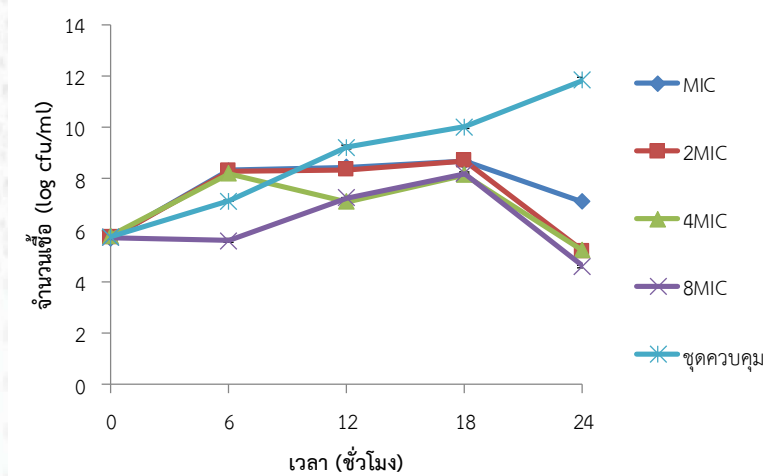
3.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคโดยวิธี time-kill

การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA ในแต่ละช่วงเวลาจนครบ 24 h (ภาพที่ 1) พบว่า จำนวนเชื้อเริ่มต้นของเชื้อแต่ละชนิดเป็น 5.70 log cfu/ml สารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 2MIC, 4MIC และ 8MIC ทำให้จำนวนเชื้อก่อโรคลดลงเมื่อเทียบกับเชื้อเริ่มต้น โดยที่สารสกัดหยาบความเข้มข้นสูงจะมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อได้ดีกว่าสารสกัดหยาบที่ความเข้มข้นต่ำ ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่ 8MIC สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ดีที่สุด โดยมีจำนวนเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA ลดลงจาก 5.70 เป็น 4.60, 3.72 และ 4.55 log cfu/ml ตามลำดับ สารสกัดหยาบสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่า *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 และ MRSA จำนวนเชื้อเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 18 hr เป็นต้นไป เนื่องจากสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีสารคาเทชินกลุ่ม EGCG เป็นองค์ประกอบหลัก และสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่า *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เนื่องจาก *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 มีเยื่อหุ้มชั้นนอกช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำลายผนังเซลล์และทำให้เชื้อตายในที่สุด [9]

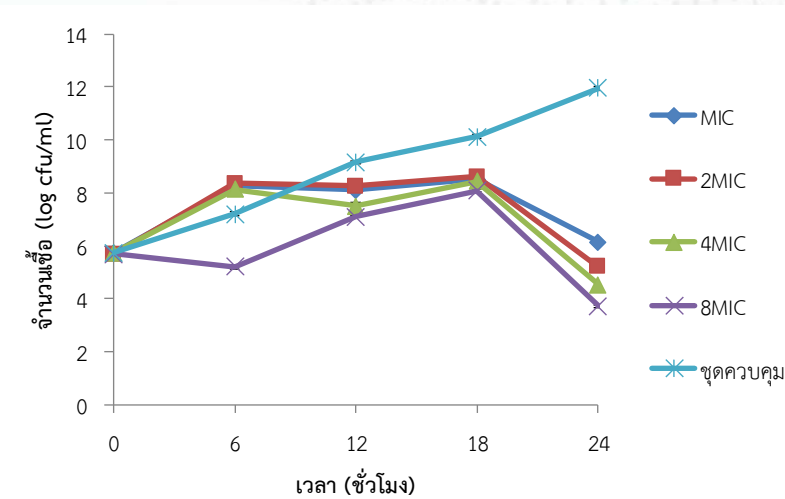
4. บทสรุป

สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA โดยมีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 9.51, 10.30 และ 8.24 mm ตามลำดับ ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อมีค่าเป็น 1.00, 0.50 และ 1.00 mg/ml ตามลำดับ และสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ที่ความเข้มข้น 1.00 mg/ml สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 2MIC, 4MIC, และ 8MIC ทำให้จำนวนเชื้อแต่ละชนิดลดลงเมื่อเทียบกับเชื้อเริ่มต้น โดยความเข้มข้น 8MIC (4 mg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีที่สุด

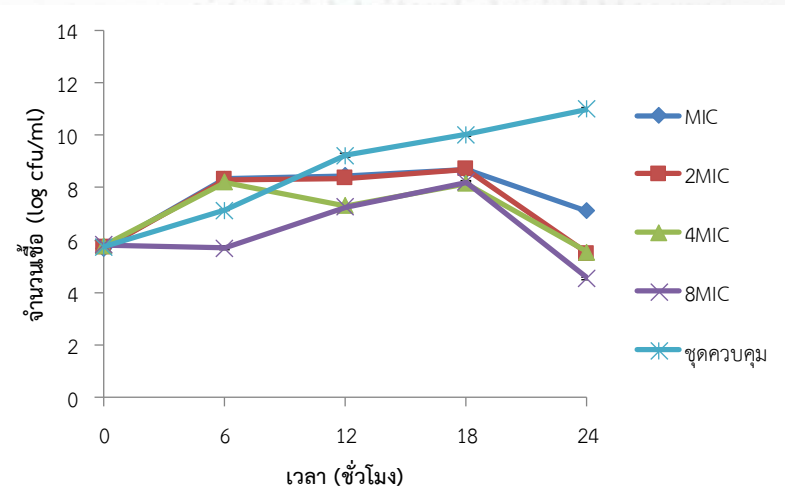
(ก)



(ข)



(ค)



ภาพที่ 1 สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการทำลายเชื้อ *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 (ก), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, (ข) และ methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA (ค)

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กองบรรณาธิการเรียนเชิญให้ตรวจแก้ไขงานชิ้นนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Food and Drug Administration-FDA, “ Bad bug book : handbook of foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins” , Available : <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/UCM297627.pdf>, 6 February 2014.
- [2] N. Sanlier, B.B. Gokcen, M. Altug, Tea consumption and disease correlations. *Trends in Food Science & Technology*. 78 (2018) 95-106.
- [3] D. Granato, L. D. Prado-Silva, V. O. Alvarenga, D. R. Morais, M. N. Eberlin, A. S. Sant Ana, Characterization of binary and ternary mixtures of green, white and black tea extracts by electrospray ionization mass spectrophotometry and modeling of their in vitro antibacterial activity. *LWT-Food Science and Technology*. 65 (2016) 414-420.
- [4] M. A. K. Parvez, K. Saha, J. Rahman, R. A. Munmun, M. A. Rahman, S. K. Dey, M. S. Rahman, S. Islam, M. H. Shariare, Antibacterial activities of green tea crude extracts and synergistic effects of epigallocatechingallate (EGCG) with gentamicin against MDR pathogens. *Heliyon*. 5 (2019) e02126.
- [5] F. M. S. Gomes, J. C. Xavier, J. F. S. Santos, Y. M. L. Matos, S. R. Tintino, T. S. Freitas, H. D. M. Coutinho, Evaluation of antibacterial and modifying action of catechin antibiotics in resistant strains. *Microbial Pathogenesis*. 115 (2018) 175-178.
- [6] A. N. Phoem, S. P. Voravuthikunchai, Growth stimulation/inhibition effect of medicinal plants on human intestinal microbiota. *Food Science and Biotechnology*. 21 (2012) 739-745.
- [7] Clinical and Laboratory Standards Institute : CLSI. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; Approved standard. 8th ed., Clinical and Laboratory Standards Institute document M07-A8. Wayne, PA, Laboratory Standards Institute, 2009.
- [8] S. M. Barbalho, H. Bosso, L. M. Salzedas-Pescini, R. A. Goulart, Green tea : a possibility in the therapeutic approach of inflammatory bowel disease? : green tea and inflammatory bowel diseases. *Complementary Therapies in Medicine*. 43 (2019) 148-153.
- [9] V. Lorian. Antibiotics in laboratory medicine. 4th ed., Md : Williams and Wilkins, Baltimore, 1996.
- [10] D. Gupta, M. Kumar, Evaluation of in vitro antimicrobial potential and GC-MS analysis of *Camellia sinensis* and *Terminalia arjuna*. *Biotechnology Reports*. 13 (2017) 19-25.
- [11] Y. M. Nibir, A. F. Sumit, A. A. Akhand, N. Ahsan, M. S. Hossain, Comparative assessment of total polyphenols, antioxidant and antimicrobial activity of different tea varieties of Bangladesh. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 7 (2017) 352-357.

ความชุกของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนในจังหวัดพิษณุโลก Prevalence of pinworm in schoolchildren in Phitsanulok province

พิชามณูญ์ จันธุ¹ ชนกานต์ สืบกระแสน¹ อับดุลฮากัม คูมีแด¹ จิรนนท์ อาจไพรินทร์¹ แสงชัย นทีวรรณารณ²
รักษิณา พลสีลา¹ อัญชลี ฐานวิสัย¹ และ อภิชาติ วิทย์ตะ^{1*}

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

²ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรตำบลท่าโพธิ์
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

*Email: apichatv@nu.ac.th

บทคัดย่อ

พยาธิเข็มหมุด (*Enterobius vermicularis*) เป็นพยาธิตัวกลมที่ทำให้เกิดโรคพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียน และมีการระบาดทั่วโลก การทราบสถานะการกระจายความชุกของโรคพยาธิเข็มหมุดสามารถนำไปสู่การควบคุมโรคที่เหมาะสมได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือศึกษาหาความชุกของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนในจังหวัดพิษณุโลกที่ตั้งอยู่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย เมื่อตรวจด้วยวิธี Scotch-tape technique พบอัตราความชุกของโรคพยาธิเข็มหมุดเป็น 5.38% (18/334) ซึ่งนับว่าเป็นความชุกในระดับต่ำในเด็กนักเรียน 3 โรงเรียนของจังหวัดพิษณุโลก ถึงแม้ว่าโรคพยาธิเข็มหมุดจะไม่ส่งผลกระทบต่อพื้นฐานในทางสาธารณสุขก็ควรมีวิธีการควบคุมที่เหมาะสมเพื่อจะจำกัดการติดต่อของพยาธิเข็มหมุดได้

คำสำคัญ: พยาธิเข็มหมุด ความชุก เด็กนักเรียน

Abstract

Enterobius vermicularis or pinworm, a nematode parasite mostly caused enterobiasis in schoolchildren, and global distribution. Current status of the prevalence of enterobiasis is crucial leading to the need for the appropriate control measures. Therefore, the objective of this study was to study the prevalence of pinworm infection in schoolchildren in Phitsanulok, lower northern Thailand. Based on Scotch-tape technique, 18 out of 334 schoolchildren (5.38%) from 3 schools were positive with pinworm eggs. Therefore, we concluded that low prevalence of *E. vermicularis* in schoolchildren in Phitsanulok province, Thailand. Although this disease is not considered as a serious public health, an appropriate control measure for enterobiasis is needed to limit the transmission of *E. vermicularis*.

Keywords: Pinworm, Prevalence, Schoolchildren

1. บทนำ

พยาธิเข็มหมุด (*Enterobius vermicularis*) หรือ Pinworm เป็นพยาธิตัวกลมที่ก่อให้เกิดโรค enterobiasis พบได้ทั่วโลก มักพบในประเทศที่พัฒนาแล้วและพบในเด็กมากกว่าผู้ใหญ่ [1,2] โดยคาดการณ์สถานะการติดโรคพยาธิเข็มหมุดประมาณ 400 ล้านคนทั่วโลก [3] พยาธิเข็มหมุดสามารถติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่งได้หลายช่องทาง โดยส่วนมากติดต่อจากการกินไข่ระยะติดต่อที่ติดตามนิ้วมือ ชอกเล็บ หรือกินไข่ของพยาธิเข็มหมุดที่ปนเปื้อนมาในอาหาร รวมทั้งการติดต่อผ่านทางอากาศโดยการหายใจเอาระยะไข่เข้าสู่ร่างกาย [4] หรือการเกิด retro-infection เมื่อคนได้รับไข่พยาธิเข็มหมุด

ระยะติดต่อเข้าสู่ร่างกาย ตัวอ่อนจะฟักออกจากไข่และเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยที่ลำไส้ใหญ่ [5] ในเวลากลางคืนพยาธิตัวเมียจะออกมาวางไข่บริเวณรอบทวารหนัก ผู้ที่ติดพยาธิเข็มหมุดส่วนใหญ่จะไม่แสดงอาการที่รุนแรง มีเพียงอาการคันรอบทวารหนัก อาการดังกล่าวถ้าเกิดขึ้นกับเด็กวัยเรียนจะทำให้เด็กนอนไม่หลับ กระสับกระส่าย และปัสสาวะรดที่นอนได้ [6] หรือในบางครั้งอาจพบพยาธิเข็มหมุดอยู่ในอวัยวะต่าง ๆ เช่น ลำไส้ (appendix) [7], ช่องคลอด (vaginal) [8], ท่อนำไข่ (fallopian tube) [9], ตับ (liver) และท่อทางเดินปัสสาวะ (urinary Tract) ซึ่งอวัยวะดังกล่าวไม่ใช่อวัยวะปกติที่พยาธิเข็มหมุดจะเข้าไปอยู่อาศัย จึงทำให้มีพยาธิสภาพที่รุนแรงกว่าปกติ

การตรวจวินิจฉัยโรคพยาธิเข็มหมุดนิยมทำด้วยวิธี Scotch tape technique มีรายงานความชุกของโรคพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนสูงถึงร้อยละ 39 ในประเทศไทย [10] 37% ในประเทศสวีเดน [11] ร้อยละ 29 ในประเทศเดนมาร์ก [12] ร้อยละ 61 ในประเทศอินเดีย และ ร้อยละ 50 ในประเทศอังกฤษ [13] สำหรับในประเทศไทยพบการแพร่ระบาดของพยาธิเข็มหมุดทั่วทุกภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน พื้นที่แออัด ในสถานรับเลี้ยงเด็ก และในสถานสงเคราะห์เด็กกำพร้า เช่น ในชุมชนแออัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดบุรีรัมย์ พบความชุกของพยาธิเข็มหมุดร้อยละ 8.83 - 65, 15.50 - 41.60 และ 52.08 ตามลำดับ [14-20] สำหรับในจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดอุทัยธานี พบความชุกของการติดโรคพยาธิเข็มหมุดร้อยละ 13.8 และ 17.9 ตามลำดับ [21] และมีรายงานที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบความชุกของการติดเชื้อพยาธิเข็มหมุดร้อยละ 7.00 [22] สำหรับการสำรวจความชุกการติดเชื้อ พยาธิเข็มหมุดในนักเรียนเขตชนบทของจังหวัดตาก ในนักเรียนที่มีอายุระหว่าง 5-12 ปี ในเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2549 พบความชุกของการติดโรคพยาธิเข็มหมุดร้อยละ 19.23 [23] และในจังหวัดพิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดเพชรบูรณ์ พบความชุกของการติดโรคพยาธิเข็มหมุดร้อยละ 18.70, 20.3 - 26.58 และ 15.00 ตามลำดับ [21, 24-26] สำหรับในจังหวัดพิษณุโลก พบความชุกของการติดโรคพยาธิเข็มหมุดร้อยละ 10.5 - 25.0 [24, 27-29] จากรายงานข้างต้นแสดงให้เห็นว่าโรคพยาธิเข็มหมุดยังคงมีระบาดในเด็กนักเรียนทุกพื้นที่ของประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความชุกของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนในโรงเรียนภายในจังหวัดพิษณุโลก ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการวางแผนหรือควบคุมโรคพยาธิเข็มหมุดต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยหาความชุกของพยาธิเข็มหมุดในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีการเก็บตัวอย่างพยาธิเข็มหมุดจากเด็กนักเรียนด้วยวิธี Scotch tape technique และได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (IRB No. 0258/62) โดยแบ่งการทดลองออกเป็นดังนี้

2.1 กลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้จะทำการสุ่มเลือกตัวแทนโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยถือว่าทุก ๆ โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลกมีโอกาสถูกเลือกเท่า ๆ กัน ประกอบกับความสนใจของโรงเรียนระดับประถมศึกษาโดยต้องได้รับความยินยอมในการเข้าศึกษาวิจัยโดยผู้อำนวยการของสถานศึกษา จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจะคำนวณตามสูตรคำนวณตัวอย่างคือ $n = z^2pq/d^2$

โดย n = จำนวนตัวอย่างประชากร

Z = ค่ามาตรฐานในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.00 ($Z=1.96$)

P = อัตราความชุกในที่นี้ = 0.199 คำนวณมาจากการศึกษาของ [21]

Q = $1-P$

D = ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5.00 (0.05)

เมื่อแทนค่าในสูตรจะได้ขนาดตัวอย่างจะต้องสำรวจอย่างน้อย 245 คน อย่างไรก็ตามถ้ามีอาสาสมัครนักเรียนที่อยากจะทำวิจัยพยาธิเข็มหมุดทางผู้วิจัยก็จะดำเนินการตรวจให้ โดยในการศึกษานี้สุ่มเลือกได้จำนวน 3 โรงเรียน และมีนักเรียนเข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งหมดจำนวน 334 คน

2.2 การเก็บและการตรวจไข่พยาธิ

เมื่อได้รายชื่อโรงเรียนที่จะศึกษาแล้วต้องดำเนินการติดต่อประสานงานกับโรงเรียนเพื่อขอเข้าชี้แจงและนัดวันที่จะเข้าไปเก็บตัวอย่างพยาธิเข็มหมุด ซึ่งจะมีวิธีการเก็บตัวอย่างดังนี้

ขั้นตอนแรก คือ ชี้แจงโครงการวิจัย โดยการชี้แจงโครงการและเอกสารงานวิจัย จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ (1) อาสาสมัครที่อายุต่ำกว่า 7 ปี โดยผู้วิจัยจะแจกเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยแจกให้ผู้ปกครองของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยที่อายุต่ำกว่า 7 ปี ได้อ่านทำความเข้าใจอย่างถี่ถ้วนก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในโครงการวิจัย จากนั้นทางผู้วิจัยจะนำหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ปกครอง/ผู้แทนโดยชอบธรรม ลงนามยินยอมให้ผู้วิจัยตรวจพยาธิเพิ่มเติมและเก็บตัวอย่างดีเอ็นเอจากพยาธิเพิ่มเติมของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย (2) อาสาสมัครที่มีอายุ 7-12 ปี ผู้วิจัยจะแจกเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีอายุ 7 – 12 ปี ได้อ่านและทำความเข้าใจก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นผู้วิจัยจะมีหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยแจกให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อลงนามยินยอมให้ผู้วิจัยตรวจพยาธิเพิ่มเติม และเก็บตัวอย่างดีเอ็นเอจากพยาธิเพิ่มเติมของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

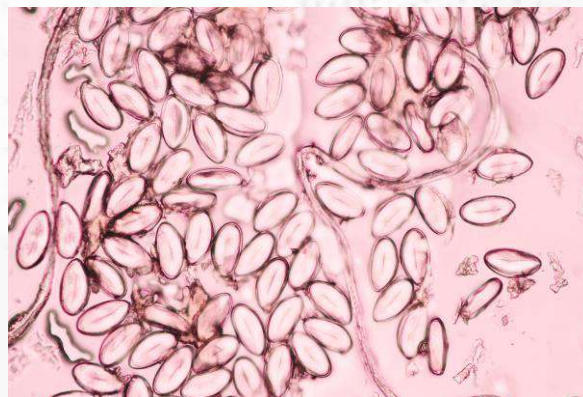
ขั้นตอนถัดมา คือ ลงทะเบียน ชื่อสกุล อายุ ของผู้ที่เข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ยินยอมเข้ารับการตรวจไขพยาธิเพิ่มเติม ลงบนสมุดบันทึก พร้อมทั้งเขียนชื่อและเลขที่ของผู้ที่เข้าร่วมในโครงการวิจัยที่จะเข้ารับการตรวจลงบนแผ่นกระจกสไลด์ หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยถอดกางเกงหรือกระโปรงออก แล้วก้มตัวลงพาดกับตักของผู้วิจัย และนำด้านเหนียวของเทปกาวใสไปแปะรอบๆบริเวณทวารหนักของผู้ที่เข้าร่วมในโครงการวิจัย โดยกดเบา ๆ หลาย ๆ ครั้ง หลังจากนั้นดึงเทปกาวใสออกจากบริเวณรอบ ๆ ทวารหนัก แล้วนำมาติดลงบนกระจกสไลด์ และนำตัวอย่างกลับมายังคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ ภาควิชาปรสิตวิทยาและจุลชีววิทยา เพื่อทำการตรวจวินิจฉัยภายใต้กล้อง light compound microscope กำลังขยาย 10X เพื่อตรวจหาระยะไข่ของพยาธิเพิ่มเติมที่มีรูปร่างลักษณะคล้ายอักษรตัว D (D shape) ซึ่งสามารถสังเกตได้ง่ายและเป็นการดูตัวอย่างแบบ blind sample โดยในการอ่านสไลด์ตัวอย่าง 1 สไลด์จะทำการอ่านโดยนิสิตบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ สาขาวิชาปรสิตวิทยาและจุลชีววิทยา ที่ผ่านการฝึกฝนการวินิจฉัยลักษณะของไขพยาธิเพิ่มเติมมาเป็นอย่างดี จำนวน 2 คน และยืนยันผลโดยผู้เชี่ยวชาญอีก 1 ครั้ง สำหรับผู้ที่เข้าร่วมในโครงการวิจัยที่มีอายุระหว่าง 9-12 ปี ที่อาจจะมีความรู้สึกที่อาย แต่มีความสมัครใจที่จะเข้ารับการตรวจ ผู้วิจัยจะแนะนำวิธีการเก็บตัวอย่างด้วยตัวเอง หากผู้ที่เข้าร่วมในโครงการวิจัย ได้รับการวินิจฉัยว่ามีไขพยาธิเพิ่มเติม ผู้วิจัยจะส่งแบบฟอร์มผลการตรวจไปยังคุณครูหรือผู้ปกครองที่โรงเรียนดังกล่าว พร้อมทั้งยารักษาพยาธิเพื่อให้ผู้ปกครองและคุณครูดูแลรักษาสุขอนามัยของนักเรียนต่อไป

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความชุกของแต่ละโรงเรียน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

การตรวจหาไขพยาธิเพิ่มเติมด้วยวิธี Scotch tape technique สามารถตรวจหาระยะไข่ของพยาธิเพิ่มเติม (ภาพที่ 1) จาก 3 โรงเรียนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พบอัตราความชุกของพยาธิเพิ่มเติมเป็น 5.38% (18/334) โดยพบความชุกของพยาธิเพิ่มเติมเป็น 8.84% 3.68% และ 3.53% ในโรงเรียนชุมชน 1 วัดสะกิดน้ำมัน โรงเรียนวัดคู้งวารี และโรงเรียนวัดสว่างอารมณ์ เรียงจากอัตราความชุกมากไปน้อยตามลำดับ เมื่อศึกษาความชุกของพยาธิเพิ่มเติมตามเพศของพบว่าในเพศชายพบความชุกของพยาธิเพิ่มเติมเป็น 7.42% และเพศหญิง 3.14% (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 ระยะไข่ของพยาธิเพิ่มเติมรูปร่างคล้ายอักษรตัว D ตรวจด้วยวิธี Scotch tape technique (กำลังขยาย 400 เท่า)

อัตราความชุกของพยาธิเข็มหมุดที่พบในการศึกษาคือ 5.38% เป็นความชุกที่จัดอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นไปตามการจัดระดับของอัตราความชุกของพยาธิเข็มหมุด จากการศึกษาที่ผ่านมาแยกอัตราความชุกของพยาธิเข็มหมุดเป็น 3 ระดับ คือ สูง (>27%) ปานกลาง (20-27%) และต่ำ (< 20%) [10] และสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีรายงานพบอัตราความชุกของพยาธิเข็มหมุดในจังหวัดพิษณุโลก อยู่ระหว่าง 10.5 - 25.0% [24, 27-29] และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าในเพศชายพบอัตราความชุกของพยาธิเข็มหมุดมากกว่าในเพศหญิงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่รายงานอัตราความชุกของพยาธิเข็มหมุดที่พบในเพศชายสูงกว่าในเพศหญิง [30-31] การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ายังคงมีการระบาดของโรคพยาธิเข็มหมุดในพื้นที่ศึกษา ผู้ปกครองและนักเรียนต้องมีการดูแลสุขภาพอนามัยส่วนบุคคล

ตารางที่ 1 ความชุกของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนในจังหวัดพิษณุโลก

โรงเรียน	ความชุก						รวม (%)
	ผู้ชาย			ผู้หญิง			
	จำนวนที่พบ ไข่พยาธิ	จำนวนที่ รับการ ตรวจ	เปอร์เซ็นต์	จำนวนที่พบ ไข่พยาธิ	จำนวนที่ รับการ ตรวจ	เปอร์เซ็นต์	
ชุมชน 1 วัดสะกีด น้ำมัน	8	56	14.28	2	57	3.50	10/113 (8.84)
วัดคู้งวารี	4	70	5.71	1	66	1.52	5/136 (3.68)
วัดสว่างอารมณ์	1	49	2.04	2	36	5.56	3/85 (3.53)
รวม	13	175	7.42	5	159	3.14	18/334 (5.38)

4. บทสรุป

จากการตรวจหาระยะไข่ของพยาธิเข็มหมุดด้วยวิธี Scotch tape technique พบความชุกของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก อยู่ระหว่าง 3.53-8.84% แสดงให้เห็นว่ายังคงมีการระบาดของพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียน และยังคงต้องมีการวางแผนควบคุมโรคพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียนต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายคิณัฐ สอนป้อม และนางสาวปรมาภรณ์ ม่วงปัทม์ ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัย (R2561B023)

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] K.J. Lee, I.Y. Lee, K. Im, *Enterobius vermicularis* egg positive rate in a primary school in Chungchongnam-do (province) in Korea. *The Korean Journal of Parasitology*. 38(2000)177-178.
- [2] A.V. Ariyathenam, S. Nachimuthu, T.Y. Tang, E.D. Courtney, S.A. Harris, A.M Harris, *Enterobius vermicularis* infestation of the appendix and management at the time of laparoscopic appendectomy: case series and literature review. *International Journal of Surgery*. 8(2010)466-469.
- [3] D.H. Kim, H.M. Son, J.Y. Kim, M.K. Cho, M.K. Park, S.Y. Kang, et al. Parents' knowledge about enterobiasis might be one of the most important risk factors for enterobiasis in children. *The Korean Journal of Parasitology*. 48(2010)121-126.

- [4] T. Dahal, M. Maharjan, Pinworm (*Enterobius vermicularis*) Infection in Children of Barbhanjyang VDC, Tanahun District, Nepal. *Journal of Institute of Science and Technology*. 20(2015)18-21.
- [5] M. Jardine, G.K Kokai, A.M. Dalzell, *Enterobius vermicularis* and colitis in Children. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 43(2006)610-612.
- [6] G.C. Cook, *Enterobius vermicularis* infection. *Gut*. 35(1994)1159-1162.
- [7] M. Zouari, H. Louati, I. Abid, F. Trabelsi, M. Ben Dhaou, M. Jallouli, R. Mhiri, *Enterobius vermicularis*: A Cause of Abdominal Pain Mimicking Acute Appendicitis in Children. A Retrospective Cohort Study. *Archives of Iranian Medicine*. 21(2018)67-72.
- [8] C. Y. Tsai, R. Junod, M. Jacot-Guillarmod, C. Beniere, S. Ziadi, M. Bongiovanni, Vaginal *Enterobius vermicularis* diagnosed on liquid-based cytology during Papanicolaou test cervical cancer screening: A report of two cases and a review of the literature. *Diagnostic Cytopathology*. 46(2018)179-186.
- [9] C. Young, I. Tataryn, K. T. Kowalewska-Grochowska, B. Balachandra, *Enterobius vermicularis* infection of the fallopian tube in an infertile female. *Pathology Research And Practice*. 206(2010)405-407.
- [10] C. Nithikathkul, B. Changsap, S. Wannapinyosheep, C. Poister, P. Boontan, The prevalence of *Enterobius vermicularis* among primary school students in Samut Prakan Province, Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 32(2001)133-137.
- [11] P. Herrstrom, K. A. Henricson, A. Raberg, A. Karlssonand, B. Hogstedt, Allergic disease and the infestation of *Enterobius vermicularis* in Swedish children 4-10 years of age. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*. 11(2001)157-160.
- [12] M. Lacroix, B. Sorensen, Occurrence of *Enterobius vermicularis* in children hospitalized at a central hospital. *Ugeskrift for Laeger*. 162(2000)1236-1238.
- [13] C. Yang, "*Enterobius vermicularis*", Available: <https://web.stanford.edu/class/humbio103/ParaSites2006/Enterobius/Enterobius%20vermicularis.htm?fbclid=IwAR12sXZrxEcbRxtliU17c5qsGJ-tQm60QyuOl98q2R7YxyqZgX1gtsKYnpk>, 20 August 2019.
- [14] B. Changsap, C. Nithikathkul, P. Boontan, S. Wannapinyosheep, N. Vongvanich, C. Poister, Enterobiasis in primary schools in Bang Khun Thian District, Bangkok, Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 33(2002)72-75.
- [15] บังอร ฉางทรัพย์, พัชรินทร์ บุญแท่น, นัยนา อาณัติ, เมตตา โพธิ์กลิ่น, อัญชลี เรืองพัฒนาทวี, รังสิมา ใช้เทียมวงศ์ และคณะ. ความชุกของโรคพยาธิเส้นด้ายในเด็ก ในชุมชนคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร. *สงขลานครินทร์เวชสาร*, 21(2546)203-208.
- [16] มยุรัตน์ เทพมงคล, ชูชื่น สันตจิตติ, ชุมณี ละม่อม และจำรัส จุลละบุษปะ. อุบัติการณ์เอนเทอโรไบโอสิสในเด็กนักเรียน. *สารศิริราช*. 27(2521)786-789.
- [17] P. Teopipiporn, S. Sornsamai, T. Bunnag, R. Mas-nagmmueng, Studies on the prevalence of enterobiasis in Slum areas of Bangkok. *Parasitology and Tropical Medicine Association of Thailand*. 4(1981)11-23.
- [18] T. Chaisalee, A. Tukaew, V. Wiwanitkit, A. Suyaphun, S. Thiamtip, J. Suwansaksri, Very high prevalence of enterobiasis among the hilltribal children in rural district "Mae Suk" Thailand. *Medscape General Medicine*. 6(2004)5.
- [19] W. Saksirisampant, J. Prownebon, P. Kanmarnee, S. Thaisom, S. Yenthakam, S. Nuchprayoon, Prevalence of parasitism among students of the Karen hill-tribe in Mae Chame district, Chiang Mai province, Thailand. *Journal of the Medical Association of Thailand*. 87(2004)278-283.

- [20] นันทวี เนียมนัย, จิตติพร โพธิ์ขำ, ต่วนคอปือเสาะ นิโวะ และสาอัลดา โตะแว. อัตราความชุกของโรคพยาธิเข็มหมุดในเด็กนักเรียน เขตอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ และในจังหวัดบุรีรัมย์. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*. 9(2552)163-168.
- [21] N. Bunchu, A. Vitta, D. Thongwat, S. Lamlerthton, U. Pimolsri, P. Waree, R. Polseela, *Enterobius vermicularis* infection among children in lower northern Thailand. *Journal of Tropical Medicine and Parasitology*. 34(2011)36-40.
- [22] C. Nithikathkul, P. Polseela, W. Poodendan, M. Brodsky, D. Rakprapapant, S. Chadchatreechan, et al. Malaria and enterobiasis among Karen Long-neck tribe in Mae Hong Son Province. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 34(2003)25-28.
- [23] S. Nateeworanart, A. Vitta, U. Pimolsri, Egg positive rate of *Enterobius vermicularis* in children in a rural area of Phichit province, Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 38(2007)40-42.
- [24] S. Nateeworanart, Egg positive rate of *Enterobius vermicularis* by cellophane tape method in children in rural area of Kamphaeng Phet Province. *Forensic Medicine Journal*. 6(2014)106-110.
- [25] แสงชัย นทิวรรณ, ยอดหทัย ทองศรี และอุรรัตน์ พิมลศรี, ความชุกของนักเรียนที่ติดเชื้อ *Enterobius vermicularis* ในโรงเรียนบ้านระวี อำเภอมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการออกหน่วยเคลื่อนที่ของมหาวิทยาลัยนเรศวร, *วารสารนิติเวชศาสตร์*. 6(2557)100-105.
- [26] J. Waikagul, S. Krudsood, P. Radomyos, B. Radomyos, K. Chalemrut, P. Jonsuksuntigul, W. Thaineau, A cross-sectional study of intestinal parasitic infections among schoolchildren in Nan Province, Northern Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 33(2002)218-223.
- [27] A. Vitta, R. Polseela, N. Bunchu, P. Waree, D. Thongwat, U. Tangchaisuriya, W. Pumidonming, Intestinal Helminthiasis in Two Communities of Phitsanulok Province, Northern Thailand. *The journal of tropical medicine and parasitology*. 35(2012)1-5.
- [28] R. Polseela, A. Vitta, Prevalence of intestinal parasitic infections among schoolchildren in Phitsanulok Province, Northern Thailand, *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 5(2015)539-542.
- [29] U. Pimolsri, S. Nateeworanart, The prevalence of children enterobiasis of Uttaradit province, attending mobile unit of Naresuan University, *Forensic Medicine Journal*. 6(2014)45-49.
- [30] Sha-Mohammadi Z, Ghahramani F, Mahboubi M, Jalilian F, Neiakane-Shahri M and Mohammadi M Prevalence of *Enterobius Vermicularis* (pinworm) in Kermanshah city nurseries, using Graham: 2014. *Journal of Biology and Today's World*. 3(2014)28-32.
- [31] Tara Dahal and Mahendra Maharjan. Pinworm (*Enterobius vermicularis*) Infection in Children of Barbhanjyang VDC, Tanahun District, Nepal. *Journal of Institute of Science and Technology*. 2(2015)2018-2021.

ผลของการทดแทนซังข้าวโพดหมักในอาหารต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทย

Effects of fermented corn cob replacement in the diet on carcass and meat quality of Thai native crossbred chickens

สาธิต อนุปิม¹ มนตรี ปัญญาทอง² กฤตภาค บุรณวิทย์¹ และ วัชร แลน้อย^{1*}

¹ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา พะเยา

² ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

*Email: wlaenoi@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่ลูกผสมพื้นเมือง ใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองจำนวน 200 ตัวให้อาหารสำเร็จรูปโดยเสริมด้วยซังข้าวโพดหมักทดแทนในระดับที่ต่างกัน 5 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้อาหารสำเร็จรูป 100% กลุ่มที่ 2 3 4 และ 5 ใช้อาหารสำเร็จรูป 95 90 85 และ 80% และใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนในปริมาณ 5 10 15 และ 20% ตามลำดับ เลี้ยงไก่เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ สุ่มไก่จำนวน 40 ตัวเข้ามา ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักมีชีวิตของไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทน 5% มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดหมัก 10 และ 15% อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง และอวัยวะภายในของไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5-20% ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ค่า pH ที่ 45 นาทีและ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ค่า drip loss ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูป 5% ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักมีชีวิตและคุณภาพซากของไก่ลูกผสมพื้นเมือง

คำสำคัญ: ไก่ลูกผสมพื้นเมือง ซังข้าวโพดหมัก คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ

Abstract

This study aimed to examine the effects of fermented corn cob replacement in the diet on carcass and meat quality of Thai native cross bred. 200 chickens were divided into 5 groups. Chickens were fed with commercial diet, group 1 as control was fed with 100% commercial diet, groups 2 3 4 5 were fed with commercial diet 95 90 85 and 80% and were replaced with fermented corn cob for 5 10 15 and 20%, respectively. Forty chickens were slaughtered at age of 16 weeks. The results showed that weight at slaughter of the control and groups 2 were significantly heavier than groups 3 and 4 ($P<0.05$). Carcass percentage, dressing percentage, retail cut and internal organ were not significant different between the experimental groups compared to the control group. The pH values measured in the breast muscle at 45 min and 24 h p.m. and drip loss were not significantly different among the groups. The result reveals that replacement commercial diet with 5% fermented corn cob has no effect on weight and carcass characteristic of Thai native crossbred chickens.

Keywords: Native crossbred chicken, fermented corn cob, carcass quality, meat quality

1. บทนำ

ซังข้าวโพด (corn cob) เป็นเศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดซึ่งมีปริมาณสูงและก่อให้เกิดปัญหาการเผาทำลาย ที่พบมากในภาคเหนือของประเทศไทย แม้ว่าในปัจจุบันซังข้าวโพดถูกนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น นำไปผลิตเป็นถ่านก้อนอัดแท่ง ซังข้าวโพดหมักถูกนำไปใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง [1,2] เป็นต้น แต่ยังคงเหลือซังข้าวโพด โดยเฉพาะซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในปริมาณสูงที่ถูกเผาทำลายเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่อง ด้วยลักษณะทางเคมีของซังข้าวโพดที่มีวัตถุแห้ง (Dry matter) ในปริมาณสูงกว่า 90% และประกอบด้วยเยื่อใยสูงถึง 33.03% ในขณะที่มีโปรตีนรวมต่ำเพียง 1.9% [3] ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Orchetim [4] ที่พบว่า ซังข้าวโพดประกอบด้วยเยื่อใย 32.5% และโปรตีน 2.5% ด้วยปริมาณเยื่อใยที่สูงนี้เองจึงเป็นข้อจำกัดในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์กระเพาะเดียว เพิ่มศักดิ์ และคณะ [5] พบว่าการเสริมซังข้าวโพดหมักกับจุลินทรีย์และซังข้าวโพดบดละเอียด ในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมือง 30% มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตในด้านต่างๆ ลดลง อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการใช้ซังข้าวโพดเสริมในอาหารไก่เนื้อในช่วงท้ายของการผลิต ในปริมาณ 5% ไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการกินได้ อัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการย่อยได้ของไก่ [6] การทดลองของ มนตรี และ วชิระ [7] แสดงให้เห็นว่าการใช้ซังข้าวโพดหมักยีสต์ 5, 10 และ 15% ช่วยลดต้นทุนค่าอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต แต่การใช้ในระดับ 20% ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เห็นได้ว่าซังข้าวโพดหมักมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมืองเพื่อลดต้นทุนการผลิตได้ แต่จำเป็นต้องพิจารณาถึง ปริมาณการใช้ การย่อยได้ ประสิทธิภาพการผลิต รวมทั้งคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของสัตว์ด้วยจากการที่ไก่พื้นเมืองไทยได้รับความสนใจในการพัฒนาในหลายมิติ [8] การพัฒนาในด้านการลดต้นทุนค่าอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตให้กับเกษตรกรได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้ คือเพื่อศึกษาผลของการใช้ซังข้าวโพดหมักในอาหารในระดับที่แตกต่างกันต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

สัตว์ทดลอง: การทดลองครั้งนี้ใช้ไก่ลูกผสมพื้นเมืองคลองเพเตออายุ 1 วันจำนวน 200 ตัวแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 4 ซ้า ๆ ละ 10 ตัว เลี้ยงภายใต้สภาพโรงเรือนแบบเปิดโดยมีพื้นที่ 10 ตัวต่อตารางเมตร ให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ (ad libitum) จัดให้มีโปรแกรมวัคซีนตามปกติ กกกลูกไก่เป็นเวลา 7 วัน ใช้อาหารสำเร็จรูปของไก่เนื้อที่ช่วงอายุ 0-6 และ 6-16 สัปดาห์มีระดับโปรตีนที่ 21 และ 19% ตามลำดับ ให้ได้รับอาหารที่มีการเสริมซังข้าวโพดหมักด้วยยีสต์ตามวิธีของ เพิ่มศักดิ์ และคณะ [5] องค์ประกอบและวิธีการเตรียมซังข้าวโพดหมักดังแสดงในรายงานของ มนตรี และ วชิระ [7] ให้อาหารที่แตกต่างกัน 5 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 (T1) อาหารควบคุมใช้อาหารสำเร็จรูป 100% (เยื่อไยน้อยกว่า 5.00%) กลุ่มที่ 2 (T2) ใช้อาหารสำเร็จรูป 95% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 5% (เยื่อไยน้อยกว่า 5.75%) กลุ่มที่ 3 (T3) ใช้อาหารสำเร็จรูป 90% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 10% (เยื่อไยน้อยกว่า 6.50%) กลุ่มที่ 4 (T4) ใช้อาหารสำเร็จรูป 85% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 15% (เยื่อไยน้อยกว่า 7.25%) และกลุ่มที่ 5 (T5) ใช้อาหารสำเร็จรูป 80% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 20% (เยื่อไยน้อยกว่า 8.00%) โดยทำการเลี้ยงไก่เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์

การเก็บข้อมูลคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ: เมื่อสิ้นสุด 16 สัปดาห์ สุ่มไก่จำนวน 40 ตัวจากแต่ละกลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 8 ตัว (ตัวผู้ 4 ตัวเมีย 4) ทำการอดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเชือดและตัดแต่งเพื่อศึกษาลักษณะซากตามวิธีการของสัญญา จตุรสิทธา [9] ซังน้ำหนักรับชื้น น้ำหนักซากอุ่น วัด pH ที่ 45 นาทีหลังฆ่า และ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า [10] ทำการแยกชิ้นส่วนของซากไก่ และซังน้ำหนักรับชื้น โดยแยกเป็น เนื้อรวมกระดูกได้แก่เนื้อหน้าอก สะโพก น่อง ปีก ข้าง และคอ และน้ำหนักอวัยวะภายในได้แก่ กึ๋น ตับ หัวใจ ม้าม จากนั้นนำเนื้อหน้าอกและสะโพกด้านซ้ายของซากมาวิเคราะห์หาความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Drip loss และ Thawing loss)

การวิเคราะห์ทางสถิติ: ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ในการศึกษาคุณภาพซากและเนื้อไก่ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) โดยใช้เพศเป็นบล็อก และเปรียบเทียบ

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ R [11] กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P < 0.05$

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

คุณภาพซาก: ผลการทดลองน้ำหนักมีชีวิตที่เข้ามาของไก่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) โดย ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมใช้อาหารสำเร็จรูป 100% และ กลุ่มที่ใช้อาหารสำเร็จรูป 95% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 5% มีน้ำหนักตัวที่เข้ามาสูงที่สุด (1803.75 และ 1831.25 กรัม) โดยสูงกว่ากลุ่มที่ใช้อาหารสำเร็จรูป 90% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 10% และกลุ่มที่ใช้อาหารสำเร็จรูป 85% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 15% อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทว่ากลุ่มที่ใช้อาหารสำเร็จรูป 80% ใช้ซังข้าวโพดหมัก 20% ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ซากของไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่ได้รับอาหารที่มีการใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5-20% ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อหน้าอกรวมกระดูก เนื้อสะโพกรวมกระดูก เนื้อน่องรวมกระดูก ปีกรวมกระดูก ข้าง และคอรวมกระดูก ที่พบว่าไก่ที่ได้รับการอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5-20% มีเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่งดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 เช่นเดียวกันกับอวัยวะภายใน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ก้น ตับ หัวใจ และม้ามของไก่ทุกกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 1 Carcass characteristic of Thai crossbred chickens fed diet supplementation with fermented corn cob

Parameters	T1	T2	T3	T4	T5	Pooled SE	P-value
Slaughter weight, g	1803.75 ^a	1831.25 ^a	1638.75 ^{bc}	1580.00 ^c	1735.00 ^{ab}	86.82	<0.05
Dressing percentage, %	67.35	65.76	67.23	64.16	66.76	0.471	0.190
Retail cuts							
Breast with bones, %	13.41	12.34	12.59	11.94	10.72	0.469	0.639
Thigh with bones, %	12.41	12.05	12.07	10.70	12.71	0.290	0.228
Drumstick with bones, %	11.49	11.33	10.43	11.46	11.81	0.222	0.410
Wing with bones, %	9.79	9.76	9.18	8.45	9.84	0.253	0.501
Shrank with bones, %	4.70	4.82	4.89	4.60	4.77	0.220	0.987
Neck with bones, %	3.78	3.67	3.99	3.91	3.95	0.127	0.885
Internal organ							
Gizzard, %	3.33	3.59	3.55	3.61	3.50	0.108	0.953
Liver, %	2.63	2.71	3.12	3.03	2.65	0.083	0.163
Heart, %	0.62	0.71	0.61	0.65	0.73	0.033	0.417
Spleen, %	0.44	0.56	0.47	0.49	0.45	0.021	0.455

a, b, c Different superscripts indicate means with the rows that are significantly different ($P < 0.05$).

T1= Basal diet, T2= Basal diet95% +5% fermented corn cob, T3= Basal diet90% +10% fermented corn cob, T4= Basal diet85% +15% fermented corn cob, T5= Basal diet80% +20% fermented corn cob.

การทดลองนี้ได้ทดแทนซังข้าวโพดในอาหารไก่ลูกผสมพื้นเมือง โดยทำการปรับสภาพซังข้าวโพด ผ่านกระบวนการบดละเอียดแล้วนำไปหมักด้วยยีสต์ก่อนนำมาทดแทนในอาหาร ส่งผลทำให้คุณภาพของซังข้าวโพดมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น โดยในการทดลองนี้พบว่า ไก่กลุ่มที่ได้รับอาหารสำเร็จรูป 100% และกลุ่มที่ใช้อาหารสำเร็จรูป 95% โดยการให้ซังข้าวโพดหมักทดแทน 5% มีน้ำหนักตัวที่เข้ามาสูงที่สุด และไม่ต่างจากกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนที่ระดับ 20% แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักเข้ามาของไก่ที่ใช้ซังข้าวโพดในระดับ 15% มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปมีผลทำให้น้ำหนักตัวของไก่ลดลง ทว่าไก่ในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมัก

ทดแทนที่ระดับ 20% มีน้ำหนักเข้าห่าไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม อาจเกิดขึ้นเนื่องจากไก่ในกลุ่มนี้กินอาหารในปริมาณที่สูง โดยเพิ่มคักดี และคณะ [5] รายงานว่าการใช้ซังข้าวโพดหมักในระดับที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณการกินอาหาร โดยจากรายงานการทดลองประกอบสูตรอาหารโดยใช้ซังข้าวโพดของ Orchetim [4] ในไก่เนื้อ ที่ใช้ซังข้าวโพดประกอบสูตรอาหารในระดับ 11.6% พบว่าไม่ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวปริมาณการกินได้ คุณภาพซากและเปอร์เซ็นต์ซาก แต่การใช้ซังข้าวโพดประกอบสูตรอาหารในระดับที่สูง 23.2% ส่งผลให้น้ำหนักตัว การใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร และเปอร์เซ็นต์ซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองที่ไม่สอดคล้องกันนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากลักษณะของการใช้ซังข้าวโพดในการทดลองนี้แตกต่างจากการทดลองดังกล่าว และอาจเกิดจากพันธุกรรมของไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่อาจมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารคุณภาพต่ำได้ดีกว่าไก่เนื้อ

ในการทดลองนี้พบว่าการใช้ซังข้าวโพดทดแทนในสูตรอาหารในทุกระดับ คือ 5-20% ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนตัดแต่ง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อหน้าอกรวมกระดูก เนื้อสะโพกรวมกระดูก เนื้อน่องรวมกระดูก ปีกรวมกระดูก แข้ง และคอรวมกระดูก เปอร์เซ็นต์อวัยวะภายใน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ตับ หัวใจ และม้าม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ [12] ที่ว่าการใช้ซังข้าวโพดบดในสูตรอาหารไก่เนื้อ ในระดับสูงสุด 7.5% เลี้ยงไก่เนื้อเป็นเวลา 56 วัน ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากและเครื่องใน อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ไม่ได้มีการปรับระดับของโปรตีนและพลังงานในสูตรอาหาร แต่เป็นการใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปโดยตรง ซึ่งอาจส่งผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักไก่ที่เป็นผลจากการศึกษาในครั้งนี้ได้นั้นคือการทดแทนซังข้าวโพดหมักในระดับ 10 และ 15% ส่งผลต่อน้ำหนักตัวแต่ในขณะที่การทดแทนซังข้าวโพดหมักในระดับ 20% ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เข้าห่า ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรตีนจากยีสต์ที่ไก่ได้รับในกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพด 20% มีปริมาณสูงและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไก่ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำการศึกษาเพื่อยืนยันผลการทดลองต่อไป

คุณภาพเนื้อ: ผลการทดลองวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ 45 นาทีและ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า (ตารางที่ 2) พบว่า ค่า pH ที่ 45 นาทีและ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของไก่ลูกผสมพื้นเมืองที่ได้รับอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5-20% ในสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในส่วนของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water-holding capacity) พบว่าค่า drip loss ของเนื้อหน้าอกไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง ในขณะที่ค่า thawing loss ของเนื้อหน้าอกไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 15% ในสูตรอาหารมีค่าสูงที่สุด โดยมีค่าไม่ต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5, 10 และ 20% แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อพิจารณาค่าการอุ้มน้ำของเนื้อในส่วนของเนื้อสะโพก พบว่าค่า drip loss ของเนื้อไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5% ในสูตรอาหารมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในส่วนของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ การทดลองนี้พบว่าค่า drip loss ของเนื้อหน้าอกไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ค่า drip loss ของเนื้อสะโพกมีค่าไม่ต่างกัน ยกเว้นการใช้ซังข้าวโพดในระดับ 5% ที่มีค่าสูงที่สุดในส่วนของค่า thawing loss ของเนื้อสะโพก พบว่าการใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 10% มีผลทำให้ค่า thawing loss ของเนื้อไก่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นที่ใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5, 15 และ 20% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

และพบว่าเมื่อมีการใช้ซังข้าวโพดในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพิจารณาค่าการสูญเสีย น้ำภายหลังการละลายน้ำแข็ง หรือค่า thawing loss ก็มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยในเนื้อหน้าอกมีค่า thawing loss สูงสุดเมื่อใช้ซังข้าวโพด 15% ในขณะที่เนื้อสะโพก ค่า thawing loss มีค่าสูงสุดเมื่อใช้ซังข้าวโพด 10% การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ที่เกิดขึ้นเพียงบางกลุ่มดังกล่าว อาจมีผลมาจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น ความเครียดของสัตว์ขณะถูกฆ่า และโดยทั่วไปแล้วเนื้อสะโพกจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการย่างสูงเนื่องจากมีสีเข้มและเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าเนื้ออก [9] อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ค่า thawing loss มีค่าอยู่ระหว่าง 3.58-7.29 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับรายงานของ Jaturasitha และคณะ [13] ที่แสดงให้เห็นว่าเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีค่า thawing loss อยู่ในระดับดังกล่าว

ในส่วนของค่า pH ในกล้ามเนื้อไก่ในการทดลองในครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การใช้ซังข้าวโพดไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของกล้ามเนื้อ โดยค่า pH ของกล้ามเนื้อที่วัดได้จากการทดลองนี้อยู่ในช่วง 5.57-5.95 ใน 45 นาทีหลังฆ่า และอยู่ในช่วง 5.32-5.47 วัดที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ซึ่งค่า pH ของทั้งสองช่วงมีค่าใกล้เคียงแต่ต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับรายงานก่อนหน้านี้ [10]

ตารางที่ 2 The pH and water-holding capacity of the meat of Thai crossbred chickens fed diet supplementation with fermented corn cob

Parameters	T1	T2	T3	T4	T5	Pooled SE	P-value
Breast meat pH							
pH ₄₅ (at 45 min after slaughter)	5.57	5.82	5.95	5.74	5.71	0.056	0.435
pH ₂₄ (at 24 hr after slaughter)	5.46	5.33	5.35	5.32	5.47	0.038	0.553
Water-holding capacity (loss, % of total)							
Breast meat							
Drip	8.03	8.69	8.24	9.60	8.00	0.282	0.311
Thawing	3.58 ^b	5.34 ^{ab}	5.88 ^{ab}	7.29 ^a	4.75 ^{ab}	0.463	<0.05
Thigh meat							
Drip	5.40 ^b	7.14 ^a	5.41 ^b	6.21 ^{ab}	6.01 ^{ab}	0.254	<0.05
Thawing	3.61 ^b	3.86 ^{ab}	5.27 ^a	4.26 ^{ab}	5.04 ^{ab}	0.289	<0.05

^{a, b, c} Different superscripts indicate means with the rows that are significantly different ($P < 0.05$).

T1= Basal diet, T2= Basal diet95% +5% fermented corn cob, T3= Basal diet90% +10% fermented corn cob, T4= Basal diet85% +15% fermented corn cob, T5= Basal diet80% +20% fermented corn cob.

4. บทสรุป

สรุปผลการทดลอง พบว่าการใช้ซังข้าวโพดหมักยีสต์ทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5% ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักตัวเมื่อเข้าฆ่าของไก่ลูกผสมพื้นเมือง แต่การใช้ในระดับ 10-15% ส่งผลทำให้ไก่มีน้ำหนักตัวเมื่อเข้าฆ่าน้อยลงเมื่อเลี้ยงโดยใช้ระยะเวลาเท่ากัน การใช้ซังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปในระดับ 5-20% ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก ชิ้นส่วนตัดแต่ง และเครื่องใน แต่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการซึมออกของน้ำจากเนื้อในส่วนของเนื้อสะโพก และส่งผลต่อค่าการสูญเสียน้ำภายหลังการละลายน้ำแข็งของเนื้อสะโพกและเนื้ออกเมื่อใช้ในระดับ 10 และ 15% ตามลำดับ ($P > 0.05$) ข้อเสนอแนะคือควรมีการศึกษาคุณภาพเนื้อเพื่อการบริโภคด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี กลิ่นและรสชาติ เช่นเดียวกับที่เคยมีการศึกษาในไก่พื้นเมืองประดู่หางดำ และไก่ลูกผสมประดู่หางดำ [14] ต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลทางเลือกของผู้บริโภคเนื้อไก่ลูกผสมที่ได้รับการเลี้ยงด้วยซังข้าวโพดปรับสภาพด้วยการหมัก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณสุพรรณิการ์ พรหมสุริยา นักวิชาการสัตวบาล และนิสิตปริญญาตรีสาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตร-ศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ฉลอง วชิราภกร เมธา วรรณพัฒน์ และนิโรจน์ ศรีสูงเนิน. การผลิตอาหารสำเร็จที่มีซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาดในโคนม. รายงานผลการวิจัย. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2546)
- [2] เทียนทิพย์ ไกรพรม และศรเทพ ธัมวาสร. ผลของการใช้เปลือกและซังข้าวโพดหมักร่วมกับฟางข้าวในอาคารโคนมรุ่น. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 1(2557)273-278.
- [3] กองอาหารสัตว์. 2555. การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเลี้ยงโคกระบือ, http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowledge/ARTICLE/Pro33.htm ค้นเมื่อ 12 มิถุนายน 2561.

- [4] S. Ochetim. The feeding and economic value of maize cob meal for broiler chickens. *Asian-Australas J Anim Sci.*6(1993)367-371.
- [5] เพ็ญศักดิ์ ศิริวรรณ ทะนงศักดิ์ ชาวเขียววงศ์ และนนธิวัฒน์ คำโล. ผลของการใช้ขังข้าวโพดหมักต่อสมรรถภาพการผลิตไก่ลูกผสม 3 สายพันธุ์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, กรุงเทพฯ, 2541. 55.
- [6] F. Wumere, E. Ndubuisi and E. Mazi. Effect of feeding corn cob meal on growth, nutrient digestibility and organ characteristics of finisher broilers. *IJONAS*.5 (2009)499-511.
- [7] มนตรี ปัญญาทอง และ วชิระ แลน้อย. การใช้ขังข้าวโพดหมักทดแทนอาหารผสมสำเร็จรูปในไก่ลูกผสมพื้นเมือง. *วารสารเกษตร* 32(2556)111-117.
- [8] บัญญัติ เหล่าไพบุลย์ และ มนต์ชัย ดวงจินดา. ไก่พื้นเมืองไทย: อดีตปัจจุบันและอนาคต. *แก่นเกษตร* 40(2555)309-312.
- [9] สัญชัย จตุรสิทธา. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์เมือง, เชียงใหม่. 2555.
- [10] S. Jaturasitha, T. Srikanthai, M. Kreuzer, and M. Wicke. Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to Northern Thailand (Black-boned and Thai Native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poult. Sci.* 87(2008a)160-169.
- [11] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- [12] A. Donkoh, E.K.D. Nyannor, A. Asafu-Adjaye, and J. Duah. Ground maize cob as a dietary ingredient for broiler chickens in the tropics. *Anim. Feed Sci. Technol.*12(2003)153-161.
- [13] S. Jaturasitha, A. Kayan, and M. Wicke. Carcass and meat characteristics of male chicken between Thai indigenous compared with improved layer breeds and their crossbred. *Arch. Tierz. Dummerstorf* 51(2008b)283-294
- [14] อังคนาภรณ์ พงษ์ด้วง อำนวย เลี้ยวธารากุล อภิรักษ์ เพ็ญมงคล โปรตปราน ทาเขียว และสัจชัย จตุรสิทธา. คุณภาพการบริโภค กลิ่นและรสชาติของเนื้อไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 ไก่ลูกผสมประดู่หางดำเชียงใหม่ 1 และไก่กระทอง. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้* 30(2556)37-46.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรบรรเทาอาการผื่นคัน Development of balm product from herbal extracts to relieve itchy skin

กรรราพร หอมละเอียต¹ พุทธิรัตน์ สังขานวดี¹ วิลาวัณย์ ขาวแก้ว^{1*} สุภาภรณ์ สุพกิจ¹
ปิยะนุช สุวรรณรัตน์¹ และ ศิริรัตน์ ศรีรักษา¹

¹สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

* E-mail: pw512642@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรบรรเทาอาการผื่นคัน เตรียมโดยนำสารสกัดสมุนไพร 4 ชนิด ได้แก่ พลู ตำลึง บัวบก และฟ้าทะลายโจร ซึ่งเป็นสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์สัดส่วนสมุนไพรตามโครงสร้างของยาไทย คือ พลู เป็นตัวยาดตรง ตำลึง บัวบก ฟ้าทะลายโจร เป็นตัวยาช่วย ในอัตราส่วน 2:1:1:1 โดยนำสมุนไพรมาสกัดด้วยน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีการเคี้ยว นำสารสกัดที่ได้มาเตรียมในรูปแบบผลิตภัณฑ์บาล์มได้ทั้งหมด 8 สูตร ซึ่งจากการประเมินคุณภาพโดยใช้เกณฑ์ประเมินคุณภาพของขี้ผึ้งไทย (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 770/2548) พบว่า ผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่ 8 ประกอบด้วยสารสกัดสมุนไพร วาสลีน พาราฟิน ขี้ผึ้ง พิมเสน เมนทอล น้ำมันเปเปอร์มินท์ และน้ำมันโจโจบา ในอัตราส่วนร้อยละ 50, 10, 10, 15, 2, 5, 5 และ 3 ตามลำดับ มีคุณภาพดีที่สุด คือ มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน กึ่งแข็ง ไม่แยกชั้นหรือตะกอน มีสีและกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของบาล์มสมุนไพร ซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ง่าย ไม่เหนอะหนะ ไม่ระคายเคืองผิว และเช็ดออกง่าย ซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีประสิทธิภาพ ส่งเสริมการใช้สมุนไพรสาธารณสุขมูลฐาน และเพิ่มมูลค่าให้สมุนไพรไทยต่อไป

คำสำคัญ: บาล์ม ผื่นคัน สมุนไพร

Abstract

This study was to develop a balm product from herbal extracts to relieve rashes. Prepared by using extracts of four herbs such as Betle Piper, Ivy gourd, Gotu Kola, and Kariyat. Which is Thai herb in primary health care. The researcher analyzed the herbal proportions according to the structure of Thai medicine, namely Betle Piper, which is the drug directly in the gourd and Ivy gourd, Gotu Kola, and Kariyat, which is the assistant drug in the ratio 2: 1: 1: 1 by using the herbs to extract with coconut oil by simmering method. Extracts obtained to prepare in the form of a balm product, a total of 8 formulas which was using the quality assessment criteria of Thai beeswax. (CMU Community Product Standards 770/2548). Found that the herbal balm product formula 8 consist of herbal extracts, vaseline, paraffin, borneol wax, menthol, peppermint oil and jojoba oil at the ratios of 50, 10, 10, 15, 2, 5, 5 and 3 respectively which had the best quality was homogeneous, semi-solid without stratification or sludge, has a nice natural color and smell of herbal balm, easily absorbed into the skin, non-greasy, does not irritate the skin and easy to wipe off. Which can lead to develop of balms effective, promote the use of primary health herbs and add value to herbs.

Keywords: balm, itchy skin, herb

1. บทนำ

อาการคันเป็นความรู้สึกทางผิวหนังซึ่งทำให้ผู้ป่วยมีอาการเกา สาเหตุของอาการคัน ได้แก่ โรคผิวหนัง ความผิดปกติของระบบประสาท และความผิดปกติของจิตใจ เป็นต้น หากผู้ป่วยมีอาการคันได้รับการรักษาที่ไม่ถูกต้อง อาจส่งผลให้เกิดการติดเชื้อแบคทีเรียได้ ซึ่งหากมีอาการคันนานมากกว่า 6 สัปดาห์ ถือว่าเป็นอาการคันเรื้อรัง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพชีวิต โรคผิวหนังที่มักพบอาการคัน ได้แก่ หิด ผื่นแพ้แมลง ผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง ผื่นแพ้สัมผัส ผื่นลมพิษเฉียบพลันและเรื้อรัง และผื่นคันบริเวณที่เห้ง้ออก เป็นต้น ปัจจุบันมีวิธีการรักษาหลายวิธี ได้แก่ การใช้ยาทาที่มีส่วนผสมของสเตียรอยด์ การใช้ยาทาแก้คัน การใช้ยาที่จำเพาะต่ออาการคันจากโรคบางชนิด ยาดานฮิสตามีนชนิดรับประทาน และการใช้ยาทาเพิ่มความชุ่มชื้นของผิวหนัง ซึ่งการใช้ยาบรรเทาอาการคันบางชนิด ตัวอย่างเช่น ยาที่มีส่วนผสมสเตียรอยด์เป็นเวลานานและบริเวณกว้าง ส่งผลให้ผู้ไข้ผิวหนังบาง แดกกลาย หลอดเลือดโป่งพอง และเป็นรอยจ้ำ ฯลฯ นอกจากนี้ยาทาที่มีส่วนผสมของสเตียรอยด์ยังกดการทำงานของไฮโปทาลามัสต่อมใต้สมองและต่อมหมวกไตอีกด้วย [1] การรักษาอาการคันนั้น นอกจากการรักษาด้วยยาแผนปัจจุบันแล้ว ยังสามารถนำสมุนไพรไทยมารักษาได้ ซึ่งจากสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน และงานวิจัย พบว่ามีสมุนไพรที่มีฤทธิ์บรรเทาอาการผื่นคัน ลดรอยด่างที่เกิดจากผื่น และที่ลดสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการคัน ได้แก่

พลู (*Piper betle* Linn.) ประกอบด้วยสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) มะเร็ง (Anticancer) และภูมิแพ้ มีสรรพคุณในการบำบัดโรคต่างๆ เช่น โรคผิวหนัง ลมพิษ และแผลอักเสบ (Anticancer) [2] และสารต้านการแพ้ (Anti allergic) [3] สรรพคุณในงานสาธารณสุขมูลฐาน รักษาอาการแพ้อักเสบ แผลงสัตว์กัดต่อย ลมพิษผื่นคัน

ตำลึง (*Coccinia indica*) สรรพคุณในการลดอาการผื่น ผื่นคัน ตามตำรับยาไทยนั้น ตำลึงจัดเป็นยาเย็นที่ช่วยลดอาการผื่นคัน และผื่นร้อน ที่เกิดบนผิวหนัง นอกจากนี้ในงานสาธารณสุขมูลฐานพบว่า ตำลึงมีสรรพคุณรักษาอาการแพ้และอักเสบจากแมลงสัตว์กัดต่อย [4]

บัวบก (*Centella asiatica* Linn. Urban) การใช้ประโยชน์จากบัวบกทางด้านเภสัชกรรม ได้แก่ การต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Anti-oxidation) ของสารอนุมูลอิสระ ทำให้ลดอัตราการเกิดโรคต่างๆ ได้ [5] เร่งการสร้างสารคอลลาเจน (Collagen synthesis enhancer) โดยคอลลาเจนจัดเป็นโปรตีนสำคัญของผิวหนัง และอยู่คู่กับโปรตีนที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง คือ อีลาสติน (Elastin) คอลลาเจนมีหน้าที่เสริมโครงสร้างของผิว และทำให้ผิวเต่งตึง อีลาสตินมีหน้าที่สร้างความยืดหยุ่นให้กับผิว และทำให้ผิวที่เป็นโครงสร้างของผิวหนังไม่มีริ้วรอย ช่วยรักษาแผล รอยเหี่ยวย่น ลดการอักเสบ เพิ่มการไหลเวียนของเส้นเลือดฝอยและการแลกเปลี่ยนออกซิเจนต่อเนื่องและทำให้ลดความเสี่ยงของการบวม [6-8] ในงานสาธารณสุขมูลฐาน มีสรรพคุณ ช่วยสมานแผล และเร่งการสร้างเนื้อเยื่อ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.exNees) ในทางการแพทย์แผนไทยมีสรรพคุณในการบรรเทาอาการไข้และในทางการแพทย์แผนจีนมีสรรพคุณในการบรรเทาอาการอักเสบ ไข้ แผลไหม้ ไข้สุกใส ไข้หวัด ล้างพิษ ลดบวม ผื่นผิวหนังอักเสบ และยังมียาวิจัยที่ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อมาลาเรียได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าฟ้าทะลายโจรมีฤทธิ์ที่สามารถลดความร้อนหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการผื่นคันได้ [9] ในงานสาธารณสุขมูลฐาน จะใช้รักษาอาการไข้ ซึ่งจะช่วยลดความร้อนในร่างกายได้

โดยปัจจุบันมีการพัฒนาสมุนไพรเพื่อลดอาการคันในรูปแบบต่างๆ เช่น เจลพลู มีประสิทธิภาพในการรักษาโรคผิวหนังอักเสบเรื้อรัง [10] เจลฟิล์มจากสารสกัดพลูยอ ลดอาการผื่นคัน การบวมอักเสบจากแมลงกัดต่อย [11] และบาล์มว่านร้อยแปด ช่วยลดอาการบวมคันด้วย [12]

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยมีความสนใจผลิตภัณฑ์บรรเทาอาการผื่นคันในรูปแบบบาล์ม โดยเลือกสมุนไพรที่มีในงานสาธารณสุขมูลฐานทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ พลู บัวบก ฟ้าทะลายโจร และตำลึง มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบบาล์มบรรเทาอาการผื่นคัน โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของสูตรตำรับ ซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีประสิทธิภาพส่งเสริมการใช้สมุนไพรสาธารณสุขมูลฐาน และเพิ่มมูลค่าให้สมุนไพรไทยต่อไป

2.วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรบรรเทาอาการผื่นคัน

3. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 สารสำคัญ

ใบพลู ใบตำลึง ใบบัวบก ใบฟ้าทะลายโจร

3.1.2 ส่วนประกอบบาล์ม

พาราฟิน วาสลิน ซีฟ้าง พิมเสน เมนทอล น้ำมันโจโจ้บา น้ำมันเปปเปอร์มินท์

3.2 การเตรียมสารสกัดสมุนไพร

(1) นำใบพลู ใบตำลึง ใบบัวบก และใบฟ้าทะลายโจร อัตราส่วน 2:1:1:1 (ตามลำดับ) มาล้างทำความสะอาด

(2) เตรียมน้ำมันมะพร้าวเพื่อมาสกัดสมุนไพร จากการนำน้ำกะทิมาตั้งไฟเคี่ยว จนได้น้ำมันมะพร้าว มีลักษณะสี

ใส กลิ่นหอม

(3) นำสมุนไพรมาสกัดด้วยน้ำมันมะพร้าวโดยใช้วิธีการเคี่ยว อัตราส่วน 1:2 (ตามลำดับ) เมื่อสมุนไพรกรอบแล้ว ทำการกรองน้ำมันด้วยผ้าขาวบาง จำนวน 2 รอบ เพื่อให้ได้สารสกัดน้ำมันสมุนไพร

3.3 ขั้นตอนการผลิตบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร

(1) นำพาราฟิน วาสลิน ซีฟ้าง ไปหลอมด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

(2) เติมน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันโจโจ้บาลงไป คนเป็นเนื้อเดียวกัน

(3) เติม พิมเสน เมนทอล และน้ำมันเปปเปอร์มินท์ คนเป็นเนื้อเดียวกัน

(4) นำไปใส่บรรจุภัณฑ์ ในรูปแบบหลอดลิปบาล์ม

3.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรบรรเทาอาการผื่นคัน

3.4.1 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัดสมุนไพรในสูตรบาล์มสมุนไพร

ศึกษาปริมาณสารสกัดสมุนไพรที่ใช้ในตำรับจำนวน 3 สูตร คือ สูตรที่มีสารสกัดสมุนไพรผสมอยู่ร้อยละ 50, 60 และ 70 ทำการผลิตบาล์มตามขั้นตอนที่กล่าวมา โดยใช้ส่วนผสมดังสูตรที่ 1, 2 และ 3 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 ประเมินผลโดยใช้แบบประเมินคุณภาพของซีฟ้างไทยดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 770/2548 ผู้วิจัยต้องการพิจารณาที่สารสกัดสมุนไพรที่ใช้ในปริมาณมากที่สุด และลักษณะทั่วไปของบาล์มต้องเป็นเนื้อเดียวกัน กึ่งแข็ง และไม่แยกชั้น หรือมีตะกอน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

3.4.2 การศึกษาความแข็งของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร

ศึกษาความแข็งของบาล์มสมุนไพร โดยพิจารณาปริมาณของวาสลิน พาราฟิน และซีฟ้าง โดยใช้ส่วนผสมดังสูตรที่ 4 - 6 รายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ผู้วิจัยต้องการสูตรที่เนื้อบาล์มมีความแข็ง สามารถบรรจุในหลอดลิปบาล์มได้ เป็นเนื้อเดียวกัน กึ่งแข็ง และไม่แยกชั้นหรือมีตะกอน และพิจารณาที่การใช้งาน โดยซึมเข้าผิวหนังได้ง่าย ประเมินผลโดยใช้แบบประเมินคุณภาพของซีฟ้างไทยดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 770/2548 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

3.4.3 การศึกษากลิ่นของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร

ศึกษากลิ่นของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร โดยพิจารณาปริมาณของพิมเสน เมนทอล และน้ำมันเปปเปอร์มินท์ โดยใช้ส่วนผสมดังสูตรที่ 4 สูตรที่ 7 และสูตรที่ 8 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 ประเมินผลโดยใช้แบบประเมินคุณภาพของซีฟ้างไทยดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 770/2548 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 และให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินผลโดยใช้แบบทดสอบ Ranking Test ในด้านกลิ่นของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร โดยให้กลิ่นที่ชอบที่สุดเป็นอันดับที่ 1 และชอบน้อยที่สุดเป็นอันดับที่ 2

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์บาร์มจากสารสกัดสมุนไพร

ส่วนประกอบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	สูตรที่ 7	สูตรที่ 8
สารสกัดสมุนไพร	50	60	70	50	50	50	50	50
วาสลีน	5	5	5	5	10	15	10	10
พาราฟิน	10	10	10	10	15	5	10	10
ซีผึ้ง	10	10	10	15	5	10	15	15
พืมนเสน	10	5	1	5	5	5	3	2
เมนทอล	10	5	3	5	5	5	4	5
น้ำมันเปปเปอร์มินท์	5	5	1	-	-	-	5	5
น้ำมันโจโจบา	-	-	-	10	10	10	3	3

ตารางที่ 2 การประเมินคุณภาพของซีผึ้งไทยดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 770/2548

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คำอธิบาย
ลักษณะทั่วไป	4	ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน กึ่งแข็ง ไม่แยกชั้นหรือมีตะกอน
	3	กึ่งแข็ง ไม่แยกชั้น มีตะกอนเล็กน้อย
	2	กึ่งเหลว แยกชั้น มีตะกอนปานกลาง
	1	เหลว แยกชั้น มีตะกอนมาก
สีและกลิ่น	4	ต้องมีสีและกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของซีผึ้งสมุนไพร
	3	สีและกลิ่นเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย
	2	สีและกลิ่นอาจเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย
	1	สีและกลิ่นอาจเปลี่ยนแปลงไปมาก
การใช้งาน	4	เมื่อทาลงบนผิวหนังซึมเข้าสู่ผิวหนังได้โดยง่าย ไม่เหนอะหนะ ฝืด เป็นปื้น หรือระคายเคืองต่อผิว อ่อนตัวได้ง่าย เนียนอยู่กับผิว และเช็ดออกได้ง่าย
	3	เมื่อทาลงบนผิวหนังซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ปานกลาง เหนอะหนะเล็กน้อย ฝืดและเป็นปื้นเล็กน้อย ไม่ระคายเคืองต่อผิว
	2	เนียนอยู่กับผิว และเช็ดออกได้ปานกลาง เมื่อทาลงบนผิวหนังซึมเข้าสู่ผิวหนังได้น้อย เหนอะหนะปานกลาง ฝืดและเป็นปื้นปานกลางไม่ระคายเคืองต่อผิว
	1	เนียนอยู่กับผิว และเช็ดได้น้อย เมื่อทาลงบนผิวหนังซึมเข้าสู่ผิวหนังได้น้อยมาก จะมีลักษณะเป็นปื้น หรือเป็นก้อน เหนอะหนะมาก หรือระคายเคืองต่อผิวหนัง ไม่เนียนอยู่กับผิว และเช็ดออกยาก

หมายเหตุ : ความคงสภาพ สี กลิ่น ความแข็ง การแยกชั้น และการจับตัวเป็นก้อน ต้องอยู่ในสภาพที่ดี ไม่แปรสภาพหรือเสื่อมสภาพ

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัดสมุนไพรในสูตรบาล์มสมุนไพร

จากผลการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรในสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพของซีฟู้ดที่ดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 770/2548 (ตารางที่ 2) พบว่า สูตรที่มีคุณภาพดีที่สุด คือ สูตรที่ 1 ซึ่งมีสารสกัดเข้มข้นร้อยละ 50 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน กึ่งแข็ง ไม่แยกชั้นหรือตะกอน มีสีและกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของบาล์มสมุนไพร ซึมเข้าสู่ผิวหนังได้เล็กน้อย เหนอะหนะปานกลาง และไม่ระคายเคืองผิว ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีลักษณะกึ่งแข็งน้อยกว่าสูตรที่ 1 มีสีและกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของบาล์มสมุนไพร ซึมเข้าสู่ผิวหนังได้เล็กน้อย เหนอะหนะปานกลาง และไม่ระคายเคืองผิว และผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีลักษณะกึ่งเหลว ไม่แยกชั้นหรือตะกอน มีสีเข้ม กลิ่นเหม็นหืน ซึมเข้าสู่ผิวหนังได้เล็กน้อย เหนอะหนะปานกลาง และไม่ระคายเคืองผิว รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมที่เป็นของเหลว (สารสกัดสมุนไพร) มีปริมาณมากกว่าส่วนผสมที่เป็นของแข็ง (พาราฟินและซีฟู้ด) ส่งผลให้ระดับความแข็งของผลิตภัณฑ์บาล์มลดลง

4.2 การศึกษาความแข็งของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร

จากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัดสมุนไพรที่ใช้ในผลิตภัณฑ์บาล์มสมุนไพร พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีสารสกัดเข้มข้นร้อยละ 50 มีคุณภาพดีที่สุด แต่ผลิตภัณฑ์ที่สามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังได้น้อย และเหนอะหนะปานกลาง จึงต้องปรับสูตรโดยใช้ส่วนผสมดังสูตรที่ 4 สูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นการพิจารณาปริมาณที่เหมาะสมของวาสลีน พาราฟิน และซีฟู้ด และเพิ่มปริมาณน้ำมันโจโจบา รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่ 4 มีลักษณะเรียบเนียน และมีความแข็งมากกว่าสูตรที่ 5 และสูตรที่ 6 เพราะสูตรที่ 4 มีปริมาณซีฟู้ดมากกว่าพาราฟินและวาสลีน ซึ่งซีฟู้ดมีคุณสมบัติช่วยให้บาล์มแข็งตัว จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งที่สุด (ภาพที่ 1) และผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่ 6 สามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ง่ายกว่าสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 เพราะสูตรที่ 6 มีวาสลีนในปริมาณมาก จึงทำให้บาล์มซึมเข้าสู่ผิวหนังได้มากที่สุด

สำหรับการเพิ่มปริมาณน้ำมันโจโจบา สามารถทำให้เนื้อบาล์มมีความเรียบเนียนมากขึ้น และผลิตภัณฑ์สามารถดูดซึมสู่ผิวหนังได้ดีขึ้น เพราะน้ำมันโจโจบามีคุณสมบัติทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดซึมสู่ผิวได้ดีมากขึ้น และไม่เหนอะหนะ [13] แต่ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นของน้ำมันเล็กน้อย และมีกลิ่นหอมน้อยกว่าผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ซึ่งมีน้ำมันเปเปอร์มินท์ ที่จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทำให้มีกลิ่นหอมสดชื่น [14]



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1 ความแข็งของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร (ก) สูตรที่ 4 (ข) สูตรที่ 5 และ (ค) สูตรที่ 6

4.3 การศึกษากลิ่นของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร

จากการศึกษาความแข็งของบาล์มจากสารสกัดสมุนไพร พบว่า ผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่ 4 มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน กึ่งแข็ง ไม่แยกชั้นหรือตะกอน มีสีเข้ม มีกลิ่นน้ำมันเล็กน้อย ซึมเข้าสู่ผิวหนังเล็กน้อย และเหนอะหนะปานกลาง จึงปรับสูตร เป็นสูตรที่ 7 และสูตรที่ 8 โดยการเพิ่มปริมาณน้ำมันเปเปอร์มินท์และวาสลีน และลดปริมาณน้ำมันโจโจบา รายละเอียดดังตารางที่ 1 พบว่า ผลิตภัณฑ์บาล์มสูตรที่ 8 มีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของซีฟู้ดมากกว่าสูตรที่ 7 เพราะมีปริมาณเมนทอลมากกว่าฟิมเสน ซึ่งเมนทอลมีคุณสมบัติช่วยให้บาล์มมีกลิ่นที่เย็นสดชื่น [15]

และจากผลการทดสอบการดมกลิ่นของผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรในผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยใช้การทดสอบแบบ Ranking Test พบว่า ผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่ 8 มีจำนวนผู้ทดสอบชอบมากกว่าผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรสูตรที่ 7

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพของซี่ผึ้งไทยดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 770/2548

สูตร	ลักษณะทั่วไป	สีและกลิ่น	การใช้งาน
สูตรที่ 1	4±0	4±0	2±0
สูตรที่ 2	3±0	4±0	2±0
สูตรที่ 3	2±0	1±0	2±0
สูตรที่ 4	4±0	2±0	2±0
สูตรที่ 5	3±0	2±0	3±0
สูตรที่ 6	3±0	2±0	4±0
สูตรที่ 7	4±0	3±0	4±0
สูตรที่ 8	4±0	4±0	4±0

หมายเหตุ ใช้เกณฑ์ประเมินคุณภาพของซี่ผึ้งไทยดัดแปลงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 770/2548 แสดงในตารางที่ 2

5. บทสรุป

ผลการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพร พบว่า ผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ สูตรที่ 8 ซึ่งประกอบด้วย สารสกัดสมุนไพร วาสลิน พาราฟิน ซี้ผึ้ง พิมเสน เมนทอล น้ำมันเปปเปอร์มินท์ และน้ำมันโจโจบา ในอัตราส่วนร้อยละ 50, 10, 10, 15, 2, 5, 5 และ 3 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน กึ่งแข็ง ไม่แยกชั้นหรือตะกอน มีสีและกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของบาล์มสมุนไพร ซึมเข้าสู่ผิวหนังได้ง่าย ไม่เหนอะหนะ ไม่ระคายเคืองผิว และเช็ดออกง่าย ดังนั้นผลิตภัณฑ์บาล์มจากสารสกัดสมุนไพรที่พัฒนาขึ้นนี้ จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจสามารถนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มที่มีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เขียนบทความทุกท่านที่ให้ความร่วมมือรักษาระเบียบการเขียนบทความอย่างเคร่งครัด และขอขอบพระคุณ อาจารย์ปิยะนุช สุวรรณรัตน์ และ อาจารย์ศิริรัตน์ ศรีรักษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีก นอกจากนี้ขอขอบคุณบุคลากรและนิสิต สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำทบทวนวิจัยเรื่องนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมา

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศรีสุภลักษณ์ สิงคาลวนิช. Pruritus.โรคผิวหนัง-ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทยและสมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย. 2561
- [2] Rugthaworn, P., Dilokkunanant, U. & Sukatta, U. (2010). Antibacterial and antifungal activities of the essential oil and crude extract of Piper betle linn. against antimicroorganism contaminate contaminated in public toilets. Journal of Bureau of Alternative Medicine, 3 (2), 22–32. (in Thai)
- [3] Ghosh, R., Darin, K., Nath, P. & Pamchali, P. (2014). An overview of various piper species for their Biological activities. International Journal of Pharma Research & Review, 3(1),67-75

- [4] ทศพร ลีลา. (2553).ฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากสมุนไพโรไทย. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] Busu, T.K. 1999. “Potential role of antioxidant vitamins”, In: Basu, T.K., Temple, N.J., Garg, M.L., editors, Antioxidants in Human Health and Disease, UK: CABI: 15-26.
- [6] Maquart, F.X., Bellon, G., Gillery, P., Wegrowski, Y. and Borel, J.P. 1990. , “Stimulation of collagen synthesis in fibroblast cultures by a triterpene extracted from Centella asiatica”, Connect Tissue Res , : 24 , 107-120
- [7] Bonte, F., Dumas, M., Chaudagne, C. and Meybeck, A. 1994., “Influence of asiatic acid, madecassic acid, and asiaticoside on human collagen I synthesis”, Planta Med, 60: 133-135.
- [8] Shukla, A., Rasik, A.M. and Dhawan, B.N. 1999, “Asiaticoside-induced elevation of antioxidants levels in healing wounds”, Phytother Res 13, 50-54.
- [9] บุญญารักษ์ ชาลีผาย, “Update ฟ้าทะลายโจร: สมุนไพโร Champion ปี 2560”, จาก http://www.วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ.com/บทความทันโลก%20updat/ฟ้าทะลายโจร_o1pdf, วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ.2562.
- [10] สมคิด วงศ์ศิริอำนวย, “พลูจีนอลใช้รักษาโรคมืดหนัง มีประสิทธิภาพเทียบเท่ายาสเตียรอยด์ นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 296”.จาก[www.http://wanhealthup.lnwshop.com/article/435/พลูจีนอลใช้รักษาโรคมืดหนัง มีประสิทธิภาพเทียบเท่ายาสเตียรอยด์](http://wanhealthup.lnwshop.com/article/435/พลูจีนอลใช้รักษาโรคมืดหนัง มีประสิทธิภาพเทียบเท่ายาสเตียรอยด์), วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ.2562
- [11] นุชจรรย์ สุกรณ์และคณะ, “เจลฟิล์มสารสกัดพญาอ พืชสมุนไพโรไทยแก้ผื่นผื่น.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี”, จาก <http://www.pr.rmutt.ac.th/new/17438>, วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ.2562.
- [12] ยามี่ละ ดอแม. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บาล์มว่านร้อยแปดในวิสาหกิจชุมชนแปรรูปสมุนไพโรพัฒนาก้าวหน้า ต.คลองหลวง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.(2561)203-211.
- [13] พิมพ์ ลีลาพรพิสิฐ. เครื่องสำอางธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์สำหรับผิวดำ. โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ. 2547.
- [14] วินัย สยอวรรณและคณะ. ผลของการสูดดมกลิ่นน้ำมันเปปเปอร์มินต์ต่อระบบประสาทอัตโนมัติและความสามารถในการนอนหลับ. วารสารศูนย์การศึกษาแพทยศาสตรคลินิก โรงพยาบาลพระปกเกล้า. 35(2561)8-17.
- [15] Baiya Drug Store, “เมนทอล”, จาก http://baiyadrugstore.blogspot.com/2016/12/blog-post_22, วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ.2562.

การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษา ฟาร์มเห็ดสุรียนต์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม Development of a Temperature and Humidity Measurement and Control System through Smartphones A case study of Suriyon Mushroom Farm, Nakornchaisri District, Nakhon Pathom Province

สิริวิทย์ โตหมื่นไวย^{1*} ศุภกร สุวรรณะ¹ ศุภกฤษ นาคป้อมฉิน¹ และ แก้วใจ อาภรณ์พิศาล¹

¹สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*Email: 594230005@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุรียนต์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม คณะผู้วิจัยพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและค่าความชื้นด้วยบอร์ด NodeMCU ESP8266 และเซ็นเซอร์ DHT22 และสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นด้วยโปรแกรม Android Studio ในการออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบงานผ่านสมาร์ทโฟน ซึ่งเป็นส่วนของการแจ้งเตือนเกี่ยวกับอุณหภูมิ และค่าความชื้นในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมในการเพาะเห็ดนางฟ้า ผลการวิจัยพบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุรียนต์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ซึ่งอุปกรณ์ตรวจวัดและระบบงานสามารถทำงานรวมกันได้อย่างเป็นปกติ โดยอุปกรณ์ตรวจวัดจะทำการวัดอุณหภูมิ และความชื้น จากนั้นจะส่งข้อมูลที่ตรวจวัดไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล จากนั้นระบบงานจะทำการดึงข้อมูล และแจ้งเตือนมาแสดงแก่ผู้ใช้ โดยระบบงานนี้ช่วยเกษตรกรเพาะเห็ดนางฟ้าให้มีผลผลิตที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบงานเดิม โดยมีผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 20%

คำสำคัญ: อุณหภูมิ ค่าความชื้น ระบบควบคุม ฟาร์มเห็ด

Abstract

This research aimed to develop a temperature and humidity controlling system through smartphone on case study of Suriyon Mushroom Farm, Nakornchaisri District, Nakhon Pathom Province. The research team developed the temperature and humidity measurement device with the NodeMCU ESP8266 board and the DHT22 sensor and built the temperature and humidity control system with the Android Studio program to design the structure of the work system via smartphones, which was part of the temperature and humidity alert in the greenhouse to ensure its suitability for growing Grey oyster mushrooms. The research result found that the temperature and humidity controlling system through smartphone on case study of Suriyon Mushroom Farm, Samphran District, Nakhon Pathom Province, of which the measuring equipment and the operating system could work together perfectly. The measuring device measured temperature and humidity and sent the measured data to the database, the system would then retrieve the data and alert the user. This system would help Grey oyster mushroom farmers to thrive in getting better yields Compared to the previous system with an increase of 20%.

Keywords: temperature, humidity, control system, mushroom farm

1. บทนำ

ในปัจจุบัน อินเทอร์เน็ตประสาทรสพรพลิ่ง (Internet of Things) มีการนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ เช่น การประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม และการประยุกต์ใช้งานด้านการเกษตร เป็นต้น โดยเป็นเทคโนโลยีที่มีกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิด ตั้งแต่คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่างๆ เข้าด้วยกัน อันเป็นผลให้ระบบต่างๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นอัตโนมัติทั้งยังเป็นผลให้มนุษย์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น [1]

การทำฟาร์มเห็ดจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า ซึ่งที่ผ่านมามีข้อมูลแนะนำในรูปแบบของสิ่งพิมพ์ หรือแนวทางตามสื่อวิทยุโทรทัศน์ต่าง ๆ ที่เข้ามาช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในการทำฟาร์มเห็ด แต่นั่นเป็นเพียงองค์ความรู้ในการสร้างรูปแบบการเพาะเห็ด ซึ่งในปัจจุบันได้มีการสร้างโรงเรือนอัจฉริยะขึ้นหลากหลายรูปแบบ มีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ซึ่งไม่เหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูกที่จำกัดเพราะเกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่ไม่ได้มีต้นทุนที่สูงมาก และเกษตรกรรายย่อยอย่างฟาร์มเห็ดสุรินทร์ ตั้งอยู่ในตำบลบางแก้ว อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ลักษณะของฟาร์มนั้น เป็นโรงเรือนแบบทึบแสง โดยมีขนาดกว้างประมาณ 3 เมตร ยาวประมาณ 5 เมตร ใช้สแลนสีดำคลุมแบบทึบซ้อนเพื่อป้องกันแสง และยังไม่มืเครื่องมือใดเพื่อช่วยวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้น และใช้ระบบน้ำแบบเปิด-ปิดเองจึงส่งผลให้ผลผลิตออกไม่เต็มที่ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดค่า และพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นผ่านสมารท์โฟน เพื่อการดูแลโรงเรือนเพาะเห็ดทำได้สะดวกมากขึ้น ช่วยให้การเพาะเห็ดให้ได้คุณภาพและได้ผลผลิตมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมารท์โฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุรินทร์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ESP8266 คือ โมดูล wifi ภายในมีเฟิร์มแวร์ทำงานในลักษณะ Serial-to-WiFi ที่ช่วยให้อุปกรณ์อื่นๆ เช่น MCU สามารถต่อเข้ากับ internet ได้โดยใช้ port serial (ขา Tx, ขา Rx) และใช้คำสั่ง AT ในการควบคุมการทำงาน [7]

DHT22 / AM2302 Temperature & Relative Humidity Sensor อุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature & Relative Humidity Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านระบบสมองกลฝังตัวได้หลากหลาย เช่น การวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นในห้อง เป็นต้น อุปกรณ์ประเภทนี้แตกต่างกันตามผู้ผลิต ราคา ความแม่นยำ ความละเอียดในการวัด เป็นต้น [8]

Android Studio คือ IDE Tools ล่าสุดจาก Google ไว้พัฒนาโปรแกรม Android โดยเฉพาะ โดยพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานมาจาก IntelliJ IDEA คล้าย ๆ กับการทำงานของ Eclipse และ Android ADT Plugin โดยวัตถุประสงค์ของ Android Studio คือต้องการพัฒนาเครื่องมือ IDE ที่สามารถพัฒนา App บน Android ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบ GUI ที่ช่วยให้สามารถ Preview ตัว App มุมมองที่แตกต่างกันบน Smart Phone แต่ละรุ่น สามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการรัน App บน Emulator รวมทั้งยังแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของความเร็วของ Emulator ที่ยังเจอปัญหากันอยู่ในปัจจุบัน [9]

Firebase Real-time Database คือ NoSQL cloud database ที่เก็บข้อมูลในรูปแบบของ JSON และมีการ sync ข้อมูลแบบ real-time กับทุก devices ที่เชื่อมต่อแบบอัตโนมัติในเสี้ยววินาที รองรับการท างานเมื่อ offline (ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ใน local จนกระทั่งกลับมา online ก็จะทำsync ข้อมูลให้อัตโนมัติ) รวมถึงมี Security Rules ให้เราสามารถออกแบบเงื่อนไขการเข้าถึงข้อมูลทั้งการ read และ write ได้ตั้งใจ ทั้ง Android, iOS และ Web [10]

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภณีย์ กระจ่ายศร[6] ทำระบบตรวจวัดอุณหภูมิอัตโนมัติโดยผ่านเครือข่าย xbee โดยมี แหล่งจ่ายพลังงานเป็นโซล่าเซลล์ โดยใช้เครื่องมือ Arduino ที่พัฒนาโดย Massimo Banzi, David Cuartielles, David Mellis, Tom Igoe, และ Gianluca Martino (2005) ใช้ในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของอุปกรณ์ตรวจวัด เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิโดยรอบ แสดงผลผ่านหน้าจอ LCD บนอุปกรณ์ [2]

ปัทมนันท์ อิศรานนท์กุล และชานาญ รักพงษ์[5] ทำระบบควบคุมการให้น้ำเห็ดนางฟ้าภูฐานแบบพ่นหมอก ด้วยระบบ ปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้Node MCU ESP8266 ร่วมกับ DHT22 เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และใช้ Relay ในการควบคุมปั้มน้ำสำหรับพ่นหมอก ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ [3]

เดชฤทธิ์ ไชยสิทธิ วิทวัส ดวนใหญ่ ธนิตย จันทมาศ และ กนิษฐา อินธิจิต[3] ทำระบบการพัฒนาแบบจำลองฟาร์มเห็ดอัตโนมัติบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศแห่งการเกษตร ทางผู้จัดเลี้ยงเห็นการทำระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำการเกษตร ให้ง่ายและได้ผลผลิตที่ดี โดยใช้ Arduino ร่วมกับ DHT21 Sensor เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ และมีการใช้ Servo มอเตอร์ในการควบคุมปั้มน้ำและพัดลม เพื่อจำลองสภาพอากาศภายในโรงเรือนจำลอง [4]

ลิขิต อ่านคาเพชร และ ธงรบ อักษร[4] ทำโรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) และ โมดูล DHT21 มาใช้ในระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดนางฟ้า มาช่วยในการควบคุมให้สามารถรับรู้ค่าอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมต่างๆ ภายในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าเพื่อเป็นการลดสภาพความแปรปรวน ของดินฟ้าอากาศและเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้นโดยที่ค่าของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าจะ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยมีเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อให้การดูแลโรงเพาะเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5]

พาขวัญ พัดเย็นใจ และ ชนุดม เอกเตชวุฒิ[2] ทำระบบการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจากระยะไกล ปัจจุบันเทคโนโลยีถูกพัฒนาไปอย่างรวดเร็วอุปกรณ์ที่อยู่ภายในบ้านเองก็มีความทันสมัยมากขึ้นสามารถสั่งการด้วยเสียงหรือรีโมทได้ทางผู้จัดเลี้ยงเห็น การทำระบบควบคุมระยะไกลเข้ามาอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันให้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยพัฒนาผ่าน Ionic Framework สำหรับใช้งานบนโทรศัพท์มือถือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ซึ่งใช้ภาษาเอชทีเอ็มแอล ซีเอสเอส และจาวาสคริปต์ และมีการใช้บอร์ด NodeMCU , Relay, PIR Motion Sensor Module และ DS3231 module มาพัฒนาเป็นอุปกรณ์เพื่อรองรับการทำงานของแอปพลิเคชัน [6]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

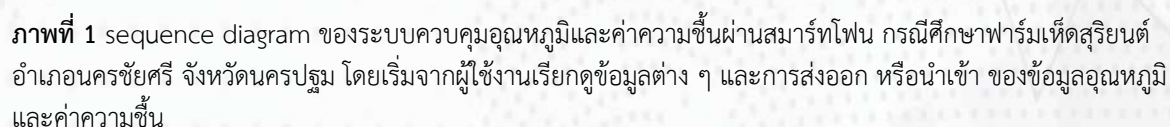
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยของการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุรินทร์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม คณะผู้วิจัยมีขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาเบื้องต้น

การศึกษางานวิจัย และรายละเอียดของปัจจัยต่าง ๆ ของฟาร์มเห็ดสุรินทร์ รวมถึงปัจจัยทางด้านของอุณหภูมิ และค่าความชื้นของเห็ดนางฟ้า จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมมาวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตของระบบงานให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น

4.2 วิเคราะห์ระบบงาน

การวิเคราะห์ระบบงานโดยรวมของระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุรินทร์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ดังภาพที่ 1



The diagram illustrates the system architecture for the COVID-19 monitoring system. It shows the following components and data flow:

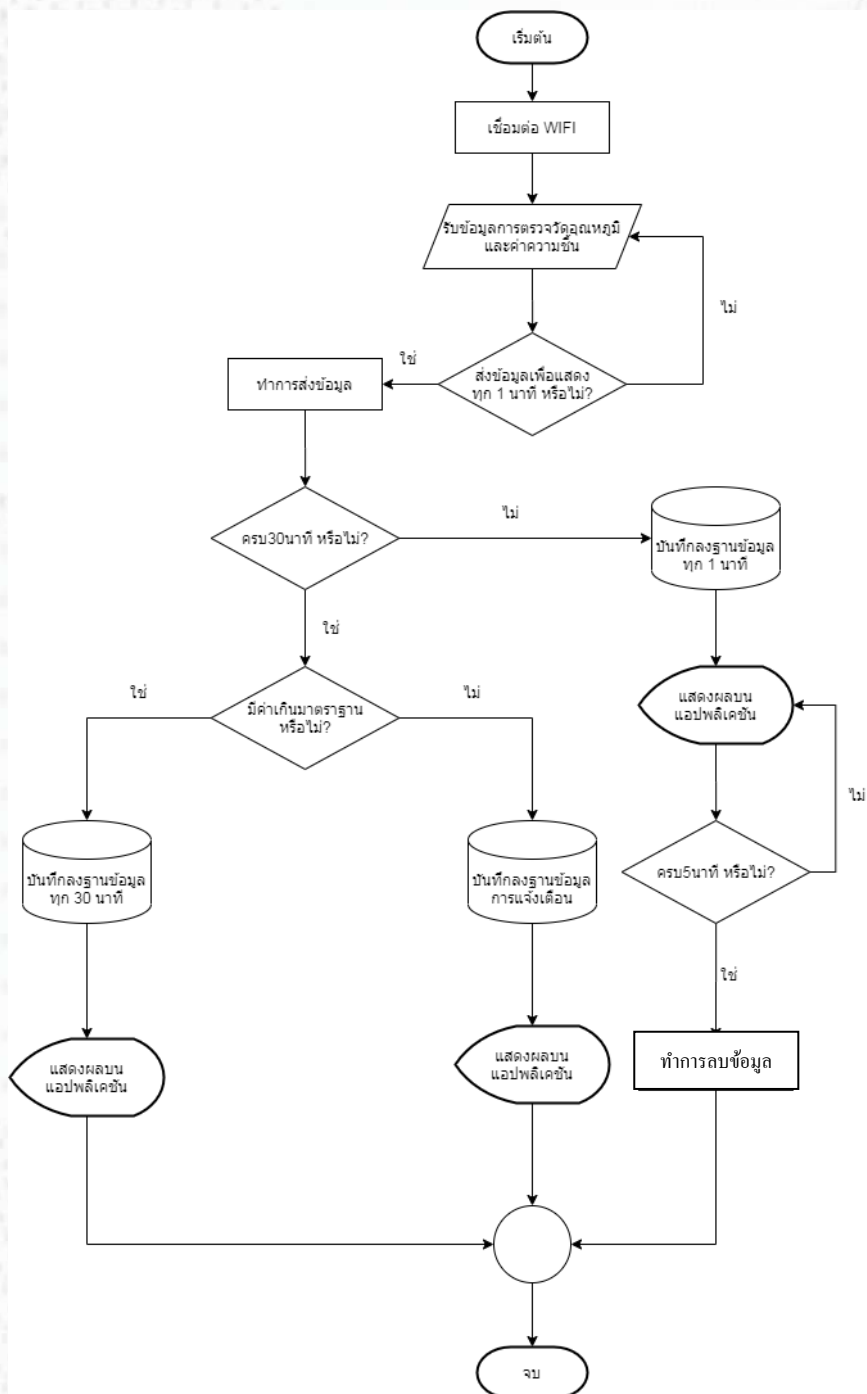
- Database:** **ฐานข้อมูล Firebase Realtime Database** (Firebase Realtime Database).
- Mobile App:** **แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน** (Smartphone Application).
- User:** **ผู้ใช้** (User).
- Monitoring Station:** **อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และ ค่าความชื้น** (Temperature and Humidity Monitoring Device).
- Location:** **คำอุณหภูมิ และค่าความชื้นภายในโรงพยาบาลพะเยา** (Temperature and Humidity inside Phayao Hospital).

Data Flow:

- The **Monitoring Station** sends data (**ส่งข้อมูลไปยังฐานข้อมูล**) to the **Database**.
- The **Database** provides data (**ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดง และเก็บข้อมูลภายในฐานข้อมูลได้**) to the **Mobile App**.
- The **Mobile App** displays data (**แสดงผลให้กับผู้ใช้**) and allows the user to input data (**และผู้ใช้ได้ส่งกลับข้อมูลได้**).
- The **Monitoring Station** is located at the **Location** and is used to **ตรวจวัดอุณหภูมิ และค่าความชื้น** (monitor temperature and humidity).

จากภาพที่ 2 ขั้นตอนทำงานเริ่มจากอุปกรณ์ตรวจวัดรับค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นจากฟาร์มเห็ด จากนั้นทำการส่งข้อมูลไปยังFirebase จากนั้นระบบงานจะทำการดึงข้อมูลอุณหภูมิ และค่าความชื้นมาแสดงให้แก่ผู้ใช้

4.3 การออกแบบระบบงาน



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้น (Flowchart)

4.4 การพัฒนาระบบ

คณะผู้วิจัยได้มีการออกแบบตามขั้นตอนการพัฒนากระบวนสารสนเทศในด้านของแอปพลิเคชัน มีการแสดงข้อมูลเรียลไทม์ทุก 5 นาที แสดงการแจ้งเตือนทุก 5 นาที และแสดงบันทึกข้อมูลทุก 30 นาที และในส่วนของการแจ้งเตือนได้มีการตั้งค่าภายในระบบโดยตั้งตามความเหมาะสมของเหตุนางฟ้าเท่านั้น โดยนำข้อมูลที่ได้จากการออกแบบสอดคล้องกับการ

ทำงานจริง จากนั้นพัฒนาระบบงานตามวัตถุประสงค์และทำการทดสอบระบบงานเพื่อหาข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดของระบบงานที่ได้พัฒนาขึ้น

4.5 การทดสอบระบบ

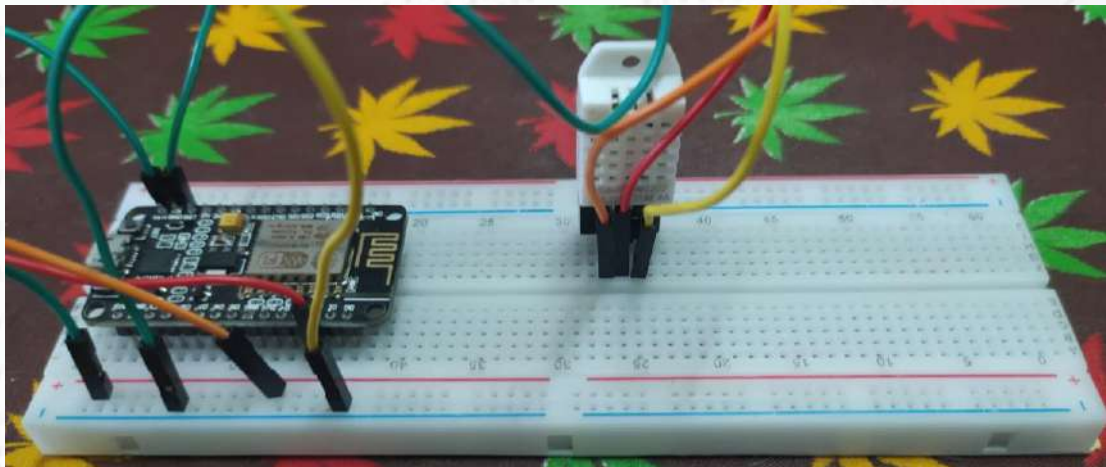
คณะผู้วิจัยได้มีการออกแบบตามขั้นตอนการทดสอบ โดยทดสอบแต่ละส่วน ได้แก่ การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดและระบบงานในแต่ละส่วน โดยการตรวจสอบการตรวจวัดของอุปกรณ์ได้มีการนำเครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ และค่าความชื้นที่ชื่อ HTC – 2 และทดสอบแบบเพิ่มเติมในส่วนของการแจ้งเตือน โดยอิงจากผู้ใช้งาน ในเรื่องของความปลอดภัย และความเข้าใจที่ง่ายต่อการใช้งานของระบบ การทดสอบระบบรวมเพื่อหาข้อผิดพลาดของระบบและการทดสอบระบบเพื่อส่งมอบโดยใช้ข้อมูลจริงจากโรงเรือนเพาะเห็ดในการทดสอบ

5. ผลการวิจัย

ระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีสึกษาฟาร์มเห็ดสุรินทร์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม เป็นระบบงานที่ได้จากการออกแบบและพัฒนา โดยผลการดำเนินงานตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้มีผลการวิจัย ดังนี้

5.1 ผลการสร้างอุปกรณ์ตรวจวัด

การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีสึกษาฟาร์มเห็ดสุรินทร์ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม เป็นการพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิ และค่าความชื้นด้วยโมดูลเซนเซอร์ DHT22 ที่มีความแม่นยำในการตรวจวัดอุณหภูมิ และค่าความชื้นในอากาศ โดยการเชื่อมต่อ DHT22 กับบอร์ด ESP8266 V.2 โดยบอร์ด ESP8266 V.2 จะทำการสั่งการให้เซนเซอร์ทำการตรวจวัดค่าที่ได้ หลังจากนั้นจะถูกส่งไปที่ Firebase



ภาพที่ 4 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และค่าความชื้น

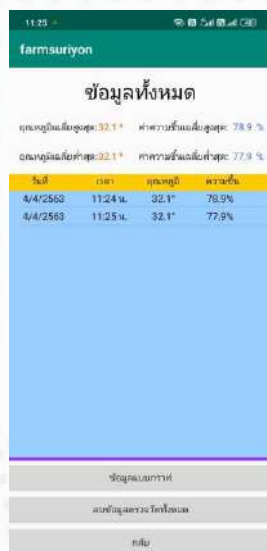
5.2 ผลการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ และค่าความชื้น

ลักษณะการทำงานของระบบงานนั้นพัฒนาด้วยโปรแกรม Android Studio และระบบฐานข้อมูล Firebase Realtime Database ซึ่งจะประกอบไปด้วยหน้าแสดงผลทั้งหมด 3 หน้า ผู้ใช้งานระบบสามารถใช้งานระบบได้ โดยเริ่มจากหน้าจอหลักที่แสดงอุณหภูมิ และค่าความชื้นแบบเรียลไทม์ ดังภาพที่ 5 (ก) และบันทึกอุณหภูมิ และค่าความชื้นที่วัดได้ลงในฐานข้อมูล เพื่อแสดงในรูปแบบตาราง ดังภาพที่ 5 (ข) และกราฟ ดังภาพที่ 5 (ค)

จากภาพที่ 5 (ก) คือ หน้าหลักแสดงอุณหภูมิ และค่าความชื้นแบบเรียลไทม์ทุก 5 นาที มีการแสดงผู้ใช้ วันที่ เวลา และประเมินความเสี่ยง (ข) คือ หน้าแสดงบันทึกข้อมูลที่จะถูกบันทึกไว้ดูย้อนหลังทุก 30 นาที สามารถลบได้ และมีการแสดงอุณหภูมิ และค่าความชื้นสูงสุดต่ำสุด (ค) หน้าแสดงข้อมูลกราฟจากการบันทึกข้อมูลทุก 30 นาที



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 5 การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านสมาร์ทโฟน กรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุริโยน

ในการแจ้งเตือนนั้น ทำการแจ้งเตือนผ่าน Notification ของระบบ Android โดยตรง ดังภาพที่ 6 (ก) และบันทึกการแจ้งเตือนเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบในภายหลัง ดังภาพที่ 6 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 6 การแจ้งเตือนผ่าน Android Notification

จากภาพที่ 6 (ก) คือ การแสดงNotification bar จากระบบงาน ภายในระบบAndroid จะแสดงคำเตือน สาเหตุ และคำแนะนำ (ข) คือ หน้าบันทึกการแจ้งเตือน จะแสดงการแจ้งเตือนเมื่อเจอค่าที่สูง หรือต่ำกว่ามาตรฐานของเห็ดนางฟ้า จะแจ้งเตือนทุก 5 นาที

6. การอภิปรายผลวิจัย

การทำโครงงานครั้งนี้จะเป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลทั้งหมดถึงความเป็นไปได้ในการทำโครงงานขึ้นนี้ว่าต้องใช้ อุปกรณ์และรูปแบบวงจรอย่างไรบ้างเพื่อให้รองรับการทำงานให้เป็นไปตามรูปแบบและขอบเขตที่ได้วางแผนไว้ซึ่งอาจมีการ ปรับปรุงแก้ไขในส่วนของอุปกรณ์และวงจรจริงในส่วนของซอฟต์แวร์ที่นำไว้ใช้กับวงจรในการทำงานนั้นจะใช้บอร์ด ESP8266 ควบคุมการทำงาน นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ตรวจวัดที่สร้างขึ้นมามีใช้งานเพื่อทดสอบระบบตามแนวคิดที่ออกแบบไว้นั้นผลที่ได้ หลังจากการทดลองสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานปรากฏที่น่าพอใจ

โดยการพัฒนากระบวนการตรวจวัดอุณหภูมิและค่าความชื้นกรณีศึกษาฟาร์มเห็ดสุริยนต์ พร้อมเฝ้าติดตามผ่านสมาร์ทโฟน โดยใช้บอร์ด NodeMCU ESP8266 ในการควบคุมเซนเซอร์ DHT22 สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ และค่าความชื้นระบบสามารถ ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานภายในฟาร์มเห็ดซึ่งสามารถดูอุณหภูมิและค่าความชื้นที่เหมาะสมเกี่ยวกับการเพาะเห็ด นางฟ้าในฟาร์มได้ มีการแจ้งเตือนค่าที่เกิน หรือต่ำกว่ามาตรฐานจากการทดสอบความถูกต้องของระบบ พบว่าระบบสามารถ ตรวจวัดอุณหภูมิและค่าความชื้นได้ค่อนข้างแม่นยำ การแจ้งเตือนมีความเสถียรพอสมควรหน้าจอหลักในแอปพลิเคชันมีการ แสดง วันที่ เวลา ข้อมูลอุณหภูมิ และค่าความชื้น และการประเมินความเสี่ยงโดยเซนเซอร์ DHT22 นั้น มีระยะการตรวจวัด โดยรอบอยู่ที่ 5 - 10 เมตร โดยหลักการทำงานโดยรวมคือ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้แม้ว่าจะอยู่นอกสถานที่ สอดคล้องกับ ปัทมนันท์ อีสรานนท์กุล และชานาญ รักพงษ์(2562) ทำระบบควบคุมการให้น้ำเห็ดนางฟ้าภูฐานแบบพ่นหมอก ด้วยระบบ ปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ Node MCU ESP8266 ร่วมกับ DHT22 เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และใช้ Relay ในการควบคุมปั๊มน้ำสำหรับพ่นหมอก ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ [4]

4. สรุปผลการศึกษา

จากปัญหาของการพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นฟาร์มเห็ดนางฟ้าสุริยนต์ พร้อมเฝ้าติดตามผ่าน สมาร์ทโฟน เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีโรงเรือนเห็ดนางฟ้าที่ไม่ใหญ่มาก รวมถึงผู้ที่เริ่มในการทำฟาร์มเห็ดนางฟ้า โดยที่ผ่านมาระบบที่เราเริ่มเพาะเห็ดและไม่มีมีการตรวจสอบอุณหภูมิ กับความชื้นให้ดี อาจส่งผลให้ผลผลิตไม่เป็นที่น่าพอใจสัก เท่าไหร่เนื่องจากปัจจุบันอากาศมีสภาพค่อนข้างจะแปรปรวน ผู้พัฒนาจึงได้ทำการพัฒนาระบบตรวจวัดอุณหภูมิและ ความชื้นฟาร์มเห็ดนางฟ้าสุริยนต์ พร้อมเฝ้าติดตามผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และอำนวยความสะดวกให้ได้มาก ที่สุด อีกทั้งยังเป็นการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือไม่ว่าคุณอยู่ที่ไหน ขอแค่มีอินเทอร์เน็ตคุณก็สามารถเข้าถึงการ ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นในฟาร์มเห็ดนางฟ้าของคุณได้ โดยมีการทำงานจาก sensor dht22 ทำการตรวจวัดและส่งค่า ผ่านทาง Firebase Database Realtime และใช้ ESP8266 รวมถึงมีการแจ้งเตือนในกรณีที่ตรวจพบค่าเกินมาตรฐานที่เห็ด นางฟ้าต้องการ เช่น อุณหภูมิหรือความชื้นที่สูงหรือต่ำเกินไป และไฟสถานะบนอุปกรณ์ตรวจวัด จึงมั่นใจได้เลยว่า ระบบ ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นฟาร์มเห็ดนางฟ้าสุริยนต์ พร้อมเฝ้าติดตามผ่านสมาร์ทโฟน นั้นมีความเที่ยงตรงและแม่นยำ พร้อมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการดูแลอุณหภูมิ และความชื้นภายในฟาร์มเห็ดของผู้ใช้ได้

5. ข้อเสนอแนะ

- 5.1 ควรพัฒนาให้มีการรายงานสรุปผลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
- 5.2 ควรเพิ่มระบบควบคุมปั๊มน้ำ และพัดลม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอุณหภูมิและความชื้น
- 5.3 ควรทำให้สามารถระบุเวลาเริ่มเพาะปลูกเห็ด และเวลาที่เห็ดออกผลผลิตได้
- 5.4 ควรพัฒนาแหล่งจ่ายพลังงานให้เป็นพลังงานแสงอาทิตย์จะทำให้อุปกรณ์ตรวจวัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 5.5 แนะนำให้มีการต่อยอด และพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดให้สามารถใช้งานเกี่ยวกับระบบงานอื่นได้อีก เช่น การ ตรวจวัดห้องจัดเก็บยา หรืออื่น ๆ เป็นต้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกากระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. เทคโนโลยี Internet of Things และนโยบาย Thailand 4.0. Available: <http://www.nbtc.go.th/getattachment/Services/quarter2560/ปี-2561/32279/เอกสารแนบ.pdf.aspx>, 25 สิงหาคม 2563.

- [2] พาววิญ พัดเย็นใจ, ชนุดม เอกเตชวุฒิ. ทำระบบการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจากระยะไกล. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยี และ นวัตกรรม ครั้งที่ 2, มหาสารคาม, 2559.
- [3] เฉษฐธิ์ ไชยสิทธิ์. วิทวัส ดวนใหญ่. ธนิตย จันทมาศ. กนิษฐา อินธิชิต. ระบบการพัฒนาแบบจำลองฟาร์มเห็ดอัตโนมัติบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 5, มหาสารคาม, 2559.
- [4] ลิขิต อ่านคาเพชร และธรรบ อักษร. โรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 2, อุบลราชธานี, 2560. 364-374.
- [5] ปัทมนันท์ อีสรานนทกุล และชำนาญ รักพงษ์. ระบบควบคุมการให้น้ำเห็ดนางฟ้าภูฐานแบบพ่นหมอกด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. JIST Journal of Information Science and Technology Volume 9,2562. pp 1-8.
- [6] สุนัย กระจายศรี. ศณัฐะพล อัดตวนิช. กฤษฎา กลีบจำปา. (2557). ระบบตรวจวัดอุณหภูมิอัตโนมัติโดยผ่านเครือข่าย xbee โดยมีแหล่งจ่ายเป็นโซล่าเซลล์. นครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [7] thiti.dev, “ESP8266 คืออะไร?”, Available: <https://thiti.dev/blog/5222>, 25 สิงหาคม 2563.
- [8] admin, “การอ่านค่าอุณหภูมิ และความชื้นผ่านตัวเซนเซอร์DHT22 ผ่าน onewirebus”, Available: https://tengyinnovation.co.th/arduino_learning_kit/arduino-learning-kit-ep7-การอ่านค่าอุณหภูมิ, 25 สิงหาคม 2563.
- [9] Palm’s, “เริ่มต้นสร้าง Android Application พื้นฐานด้วย Android Studio”, Available: <http://https://medium.com/@palmz/เริ่มต้นสร้าง-android-application-พื้นฐาน-android-studio-lab-3sb04-3fda43b07a1>, 25 สิงหาคม 2563.
- [10] Jirawatee, “รู้จัก Firebase Realtime Database ตั้งแต่ Zero จนเป็น Hero”, Available: <https://medium.com/firebaseethailand/รู้จัก-firebase-realtime-databaseตั้งแต่zero-จนเป็น-hero-5d09210e6fd6>, 25 สิงหาคม 2563.

ระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

Repair notification system and manage CCTV equipment online Kamphaeng
Saen Aviation School, Nakhon Pathom Province.

คณิตศร ทนายนท์^{1*} และ แก้วใจ อารณพิศาล¹

¹สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*Email: zxadee44@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยใช้เครื่องมือคือ PHP7 เป็นภาษาในการพัฒนาและใช้ระบบฐานข้อมูล Mysql ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูล ขั้นตอนและระบบการทำงานของเจ้าหน้าที่ แผนกสารสนเทศและการสื่อสาร ในด้านการจัดการข้อมูลกล้องวงจรปิดในหน่วยงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแล้วนำมาวิเคราะห์และพัฒนาระบบ ผลการวิจัย พบว่าระบบสามารถเก็บข้อมูลกล้องวงจรปิดที่นำเข้ามาติดตั้งในโรงเรียนการบินกำแพงแสน และช่างซ่อมบำรุงสามารถซ่อมกล้องวงจรปิดเมื่อเกิดปัญหาขึ้น ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบอยู่ในระดับ ดี แสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่เจ้าหน้าที่และช่างซ่อมบำรุงได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: โรงเรียนการบินกำแพงแสน คลังกล้องวงจรปิด ซ่อมแซมกล้องวงจรปิด กล้องวงจรปิด

Abstract

This research aims to develop a system to notify, repair and manage online CCTV equipment, Kamphaeng Saen Aviation School, Nakhon Pathom Province. Using a tool, PHP7, a language for development and use of the Mysql database system. Staff procedures and systems, Department of Information and Communication In the field of CCTV data management in the organization In order to obtain the correct data, the system was analyzed and developed. The results showed that the system was able to collect CCTV data imported to be installed in Kamphaeng Saen Aviation School. And the maintenance technician can fix the camera when problems occur. The evaluation of user satisfaction with the system was at a good level, showing that The system can facilitate staff and maintenance technicians more efficiently.

Keywords: RTAF, CCTV Storage website, cctv Storage, Storage and repair, cctv

1. บทนำ

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวงการต่าง ๆ ทั่วโลก รวมทั้งวงการด้านทหารที่กำลังก้าวเข้ามาแทนที่กระบวนการงานแบบเดิม หน่วยงานทหารต่าง ๆ จึงหันมาให้ความสนใจในการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น กล้องวงจรปิด เป็นสิ่งที่มีความสำคัญในด้านความปลอดภัยและทรัพย์สินภายในกองทัพ

กล่องวงจรปิดภายในโรงเรียนการบินกำแพงแสน จะถูกติดตั้งตามจุดสำคัญต่าง ๆ เพื่อใช้ในสอดส่องดูแลตามบริเวณต่าง ๆ ภายในโรงเรียนการบินกำแพงแสน ตั้งอยู่ใน ต.กระต๊อบ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม [1] ซึ่งในอนาคตทางโรงเรียนการบินกำแพงแสน จะมีการสั่งซื้อกล่องวงจรปิดเพิ่มมากขึ้นเพื่อขยายจุดสังเกตการณ์และเพิ่มรัศมีการมองเห็นที่กว้างและละเอียดมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังต้องดูแลเรื่องการชำรุดเสียหายของกล่องวงจรปิด ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อ จึงต้องมีการเก็บประวัติการซ่อมแซมกล่องวงจรปิด เพื่อใช้ในการคำนวณระยะเวลาการใช้งานและการซ่อมแซม โดยหากทำการเก็บข้อมูลแบบจดบันทึก ผู้ใช้งานมีการเก็บข้อมูลในรูปแบบของเอกสารโดยการเขียนลงในแบบฟอร์มเอกสาร ปัญหาที่ตามมาของระบบฟอร์มเอกสาร คือ การสูญหาย เอกสารเสียหายจากอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิด และการเก็บรักษาที่ต้องใช้พื้นที่ในการเก็บเอกสารค่อนข้างมาก อีกทั้งเป็นการเสียเวลาในการค้นหาและการแก้ไขข้อมูล

สำนักงานที่รับผิดชอบโครงการคือ สำนักงานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยการเก็บข้อมูลนั้นผู้พัฒนาจึงได้จัดทำระบบคลังและซ่อมแซมกล่องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสนที่ใช้ภาษา HTML (HTML Language) คือภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผล HTML ย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language [1] ที่ใช้ภาษา PHP7 เพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML [2] เพื่อช่วยในการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งช่วยประหยัดเวลาในการค้นหาและเพิ่มพื้นที่ใช้สอยมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล่องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน
- 2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล่องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 การพัฒนาเว็บไซต์ ข้อมูลหรือสารสนเทศที่นำเสนอในแต่ละเว็บไซต์บนโลกอินเทอร์เน็ตจะแตกต่างกันไปตามเป้าหมายในการพัฒนาเว็บไซต์เช่น เว็บไซต์ข่าวก็จะนำเสนอข่าวที่เกิดขึ้น ณ ปัจจุบัน ทั้งในประเทศและต่างประเทศโดยอาจจะนำเสนอแยกตามประเภทของข่าวสาร หรือเว็บไซต์บริการซื้อขายสินค้า เป้าหมายก็คือให้บริการซื้อขายสินค้าผ่านทางเว็บไซต์ซึ่งก่อนลงมือพัฒนาเว็บไซต์ ผู้พัฒนาจะต้องกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาเว็บไซต์นั้น ๆ ก่อน เพื่อให้ได้เว็บไซต์ที่ตรงกับความต้องการ กระบวนการพัฒนาเว็บไซต์ประกอบด้วย 6 กระบวนการ คือ การกำหนดวัตถุประสงค์และวางแผน การกำหนดเนื้อหาและจัดโครงสร้างเว็บไซต์ การออกแบบเว็บไซต์ การพัฒนาเว็บไซต์ การเผยแพร่และส่งเสริมเว็บไซต์การดูแลและบำรุงรักษาเว็บไซต์

3.1.2 ระบบฐานข้อมูล ข้อมูล คือข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นของกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง โดยการสังเกต การจดบันทึก การสัมภาษณ์และการออกแบบสอบถาม ข้อมูลที่ได้มานั้นยังคงเป็นข้อมูลดิบ ไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจในการกระทำในเชิงการจัดการและข้อมูลที่รวบรวมมามีจะไม่มีการจัดระเบียบอาจจะมีข้อมูลซ้ำซ้อนหรือข้อมูลชนิดเดียวกันอาจจะขัดแย้งกันก็ได้ ดังนั้นองค์กรจะต้องมีการวางแผนในการจัดการบริหารฐาน ข้อมูลที่ดีจึงจะได้ประโยชน์จากข้อมูลที่จัดเรียบเรียงไว้ การจัดการฐานข้อมูล (Database Management) คือ การบริหารแหล่งข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ที่ศูนย์กลาง เพื่อตอบสนองต่อการใช้ของโปรแกรมประยุกต์อย่างมีประสิทธิภาพและลดการซ้ำซ้อนของข้อมูล รวมทั้งความขัดแย้งของข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในองค์กร

3.1.3 เทคโนโลยีเว็บไซต์ การนำเสนอข้อมูลในระบบ WWW (World Wide Web) พัฒนาขึ้นมาในช่วงปลายปี 1989 โดยทีมงานจากห้องปฏิบัติการทางจุลภาคฟิสิกส์แห่งยุโรป (European Particle Physics Labs) หรือที่รู้จักกันในนาม CERN (Conseil European pour la Recherche Nucleaire) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ทีมงานได้คิดค้นวิธีการถ่ายทอดเอกสารข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบ HyperText ไปยังระบบคอมพิวเตอร์อื่นๆ และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผลที่ได้คือ โพรโทคอล HTTP (HyperText Transport Protocol) และภาษาที่ใช้สนับสนุนการเผยแพร่เอกสารของนักวิจัย หรือเอกสารเว็บ (Web

Document) จากเครื่องแม่ข่าย (Server) ไปยังสถานที่ต่างๆ ในระบบ WWW เรียกว่า ภาษา HTML (HyperText Markup Language)

3.1.4 เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องบริการเว็บไซต์ (Website) แก่ผู้ร้องขอ (Request) ด้วยโปรแกรมประเภทเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) ที่ร้องขอข้อมูลผ่านโปรโตคอลเฮททีทีพี (HTTP = Hyper Text Transfer Protocol) เครื่องบริการจะส่งข้อมูลให้ผู้ร้องขอในรูปของข้อความ ภาพ เสียง หรือสื่อผสม เครื่องบริการเว็บเพจมักเปิดบริการพอร์ต 80 (HTTP Port) ให้ผู้ร้องขอได้เชื่อมต่อและนำข้อมูลไปใช้ เช่น โปรแกรมอินเทอร์เน็ตเอ็กพลอเรอร์ (Internet Explorer) หรือไฟร์ฟ็อกซ์ (Firefox Web Browser) การเชื่อมต่อเริ่มด้วยการระบุที่อยู่เว็บเพจที่ร้องขอ (WebAddress หรือ URL= Uniform Resource Locator)

3.1.5 ภาษา HTML (HTML Language) คือภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผล HTML ย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language โดย Hypertext หมายถึง ข้อความที่เชื่อมต่อกันผ่านลิงก์ (Hyperlink) Markup language หมายถึงภาษาที่ใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลสิ่งต่าง ๆ ที่แสดงอยู่บนเว็บเพจ ดังนั้น HTML จึงหมายถึง ภาษาที่ใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลเว็บเพจที่ต่างก็เชื่อมถึงกันใน Hyperspace ผ่าน Hyperlink ความเป็นมาของ HTML เริ่มขึ้นเมื่อปี 1980 เมื่อ Tim Berners Lee เสนอต้นแบบสำหรับนักวิจัยใน CERN เพื่อแลกเปลี่ยนเอกสาร ข้อมูลด้านการวิจัย โดยใช้ชื่อว่า Enquire ในปี 1990 ได้เขียนโปรแกรมเบราว์เซอร์ และทดลองรันบนเซิร์ฟเวอร์ที่เค้าพัฒนาขึ้น HTML ได้รับการรู้จักจาก HTML Tag ซึ่งมีอยู่ 18 Tag ในปี 1991 HTML ถูกพัฒนาจาก SGML และ Tim ก็คิดเสมือนว่า HTML เป็นโปรแกรมน้อยของ SGML อยู่ในตอนนั้น ต่อมาในปี 1996 เพื่อกำหนดมาตรฐานให้ตรงกัน W3C World Wide Web Consortium จึงเป็นผู้กำหนดสเปกทั้งหมดของ HTML และปี 1999 HTML 4.01 ก็ถือกำเนิดขึ้น โดยมี HTML 5 ซึ่งเป็น Web Hypertext Application ถูกพัฒนาต่อมาในปี 2004 นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาไปเป็น XHTML ซึ่ง คือ Extended HTML ซึ่งมีความสามารถและมาตรฐานที่รัดกุมกว่าอีกด้วย โดยอยู่ภายใต้การควบคุมของ W3C (World Wide Web Consortium) [2]

3.1.6 AJAX ย่อมาจาก Asynchronous JavaScript And XML มีความหมายว่า เป็นการทำงานร่วมกันของ JavaScript และ XML โดยจะเป็นการทำงานแบบที่ไม่ต้องรอคอย เมื่อ Browser ร้องขอข้อมูลไปยัง Server เบราว์เซอร์จะไปทำงานคำสั่งถัดไปทันที โดยที่ไม่ต้องรอการตอบกลับจาก Server ก่อน ทำให้การตอบสนองต่อ User ดูรวดเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ AJAX ในการร้องขอข้อมูลจาก Server โดยที่ไม่จำเป็นต้อง Reload หน้า เพื่อจัดการแสดงผลใหม่ และใช้ JavaScript เพื่อควบคุมการแสดงผลเพียงบางส่วนที่เปลี่ยนแปลง ทำให้การแสดงผลดูนุ่มนวล และรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถใช้งาน AJAX ทำงานร่วมกับ JavaScript XML DHML CSS และ DOM ได้อีก เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการใช้งาน ให้เป็นระเบียบและดูเรียบร้อย [3]

3.1.7 MySQLi (MySQL Improved) เป็นส่วนขยายมากจากฐานข้อมูล MySQL โดยถ้ากล่าวอย่างง่าย MySQLi คือ MySQL เวอร์ชันใหม่ที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ มากขึ้น และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การเลือกใช้ MySQLi ไม่มีผลต่อการ Query ของโปรแกรมเมอร์ หรือว่าการเข้าไปใน PhpMyAdmin แต่อย่างใด และในรีวิวของต่างประเทศ ก็มีการพูดถึงเรื่อง Security ที่เพิ่มขึ้นของ MySQLi ด้วยเช่นกัน ส่วนที่โดดเด่นขึ้นมาจากเดิมของ MySQLi ก็คือในเรื่องของการเรียกใช้คำสั่งในรูปแบบของ OOP คุณสมบัติของ MySQLi มีดังนี้ 1) เป็นแบบ Object-oriented 2) สนับสนุนคำสั่ง Prepared (ป้องกัน SQL Injection) 3) สนับสนุนหลายคำสั่งพร้อมกัน (Multiple Statements) 4) สนับสนุนคำสั่ง Transactions 5) เพิ่มเติมนับสนับสนุน Debugging 6) เพิ่มเติมนับสนับสนุน Server ต่าง ๆ

3.1.8 PHP7 ย่อมาจาก PHP Hypertext Preprocessor แต่เดิมย่อมาจาก Personal Home Page Tools. PHP คือ ภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก Scripting Language ภาษาจำพวกนี้คำสั่งต่าง ๆ จะเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า Script และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปลชุดคำสั่ง ตัวอย่างของภาษาสคริปต์ เช่น JavaScript และ Perl เป็นต้น ลักษณะของ PHP ที่แตกต่างจากภาษาสคริปต์แบบอื่น ๆ คือ PHP ได้รับการพัฒนาและออกแบบมา เพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML

3.1.9 Bootstrap คือ Frontend Framework ที่รวม HTML, CSS และ JS เข้าด้วยกันสำหรับพัฒนา Web ที่รองรับทุก Smart Device หรือ เรียกว่า Responsive Web หรือ Mobile First โดย Bootstrap ถูกพัฒนาขึ้นโดยทีมงานจาก Twitter หรือ Twitter.com ซึ่งจะเห็นว่าหน้าตาคล้ายกันมาก ซึ่งปัจจุบันทีมพัฒนาหลัก (Core team) มีทั้งหมด 17 คน การพัฒนา Web Application ในสมัยก่อน การที่จะออกแบบ Website สักเว็บ

หนึ่ง ต้องร่างแบบในโปรแกรมซึ่งอาจใช้โปรแกรมยอดนิยมอย่าง Photoshop ออกแบบ Website จากนั้นก็ทำการ Slice ออกมาเป็นภาพต่างๆ และสร้างเป็นไฟล์ CSS และ HTML เพื่อนำไป Coding เป็น Web Application ต่อไป

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปราโมทย์ ตงฉิน กฤษดา ด้านประสิทธิ์พร และไตรทศ มากมูล (2561) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อการจัดเก็บ ยืม-คืน อุปกรณ์กีฬาโรงเรียนวัดจันทราวาส (ศุขประสารราษฎร์) โดยการทำงานของโปรแกรมเป็นระบบ ฐานข้อมูล ประกอบด้วยเมนูของระบบ ซึ่งการเลือกชนิดอุปกรณ์กีฬา วันที่ เวลา การยืม-คืนอุปกรณ์กีฬา จำนวนอุปกรณ์ที่ สมาชิก ยืม-คืน จำนวนอุปกรณ์คงเหลือช่วยให้ผู้ใช้มีความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง

พิชารัตน์ วิเชียรรัตน์ และสุนันทา คชนิล (2561) ทำการพัฒนาบริหารจัดการสต็อกสินค้า ร้านโฟกัส มาสเตอร์พรี้น โดยระบบช่วยในการทำสต็อก เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เรื่องของฐานข้อมูลได้ออกแบบให้สามารถเข้าไป แก้ไขได้ ตลอดเวลา ในการทำสต็อกขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน

ปรียา นาคน(2557) ทำการพัฒนาการระบบการจัดการการแจ้งซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ผ่านระบบ Web Application ของบริษัท บีทีเอสเวอร์คอน จำกัด เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับพนักงานที่ ต้องการแจ้งซ่อม และติดตาม สถานะการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จากเดิมที่ใช้การดำเนินงาน และการจัดเก็บในระบบเอกสาร เป็นการใช้งานผ่านระบบ Web Application และการจัดเก็บ ข้อมูลลงฐานข้อมูลที่มีความปลอดภัย ทั้งยังสามารถสืบค้น เรียกดูประวัติการซ่อมบำรุง เพื่อใช้ อ้างและประกอบพิจารณาในการสั่งซื้ออุปกรณ์ใหม่ทดอุปกรณ์ที่ชำรุดบ่อยครั้ง

4. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ผู้พัฒนาระบบได้มีการออกแบบขั้นตอนการพัฒนาระบบ ดังต่อไปนี้

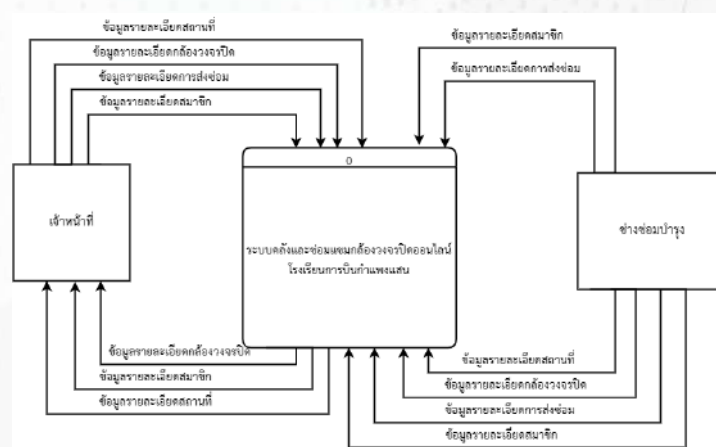
4.1 การศึกษาเบื้องต้น

ศึกษาข้อมูลเอกสารจากการสัมภาษณ์ การสอบถาม และสังเกตการณ์ทำงานของ บุคคลที่เกี่ยวข้องกับระบบงาน โดยเจ้าหน้าที่ประจำหน่วยต้องการจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ง่ายแก่การจัดเก็บและค้นหา อีกทั้งหากเกิดความเสียหาย ก็จะสามารถเก็บข้อมูลสาเหตุการเสีย เพื่อใช้ในการพิจารณาในการสั่งซื้อหรือซ่อมแซม ในกล้องวงจรปิดหนึ่งตัว ประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ มากมาย เช่น หมายเลขอุปกรณ์ ชื่อกล้อง หมายเลขพัสดุ ยี่ห้อและรุ่นของอุปกรณ์ วันที่ติดตั้ง สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ รวมทั้งข้อมูลของเจ้าหน้าที่และช่างซ่อมบำรุง เป็นต้น

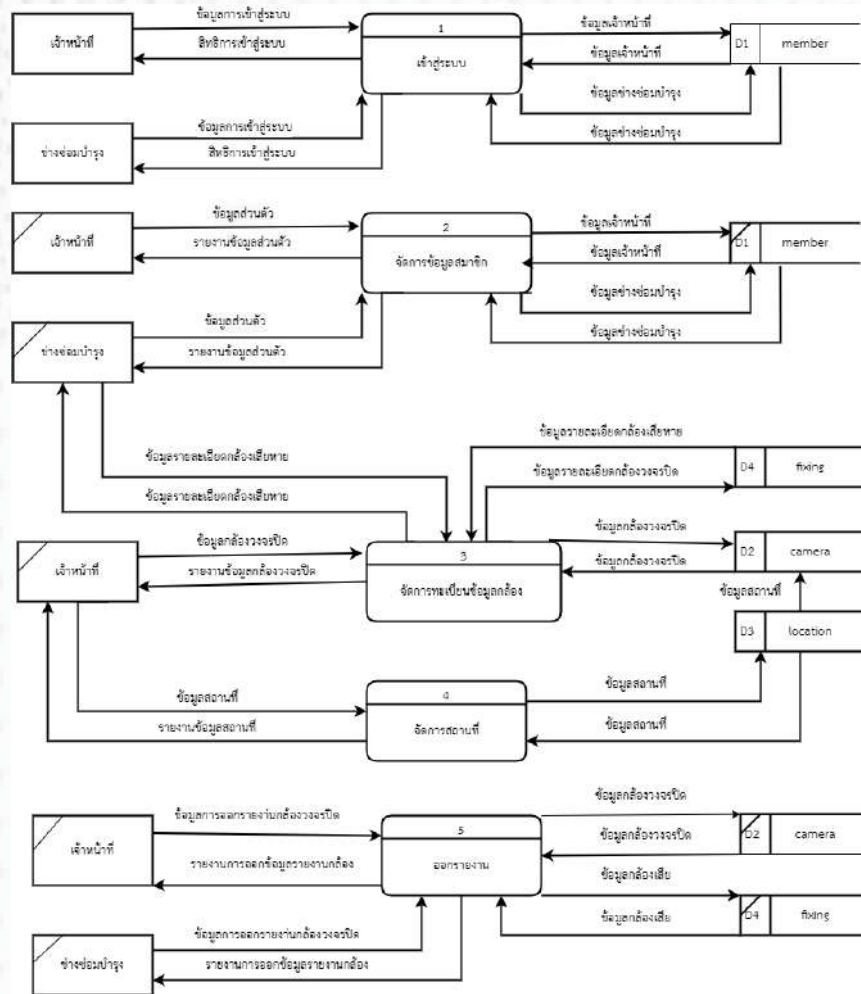
4.2 การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประกอบไปด้วยการออกแบบระบบ ดังภาพที่ 1 และ 2 และการออกแบบฐานข้อมูล ดังภาพที่ 3

4.2.1 การออกแบบระบบ

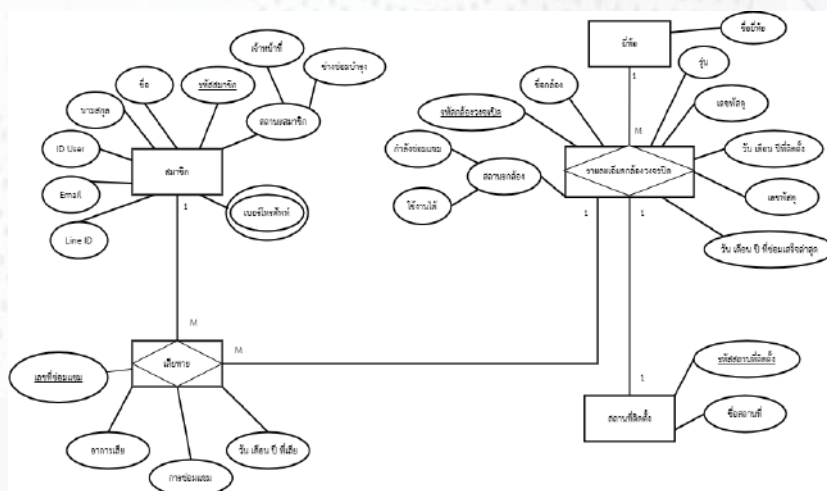


ภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับภาพรวม



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level1)

4.2.2 ออกแบบฐานข้อมูล



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity-Relationship Diagram)

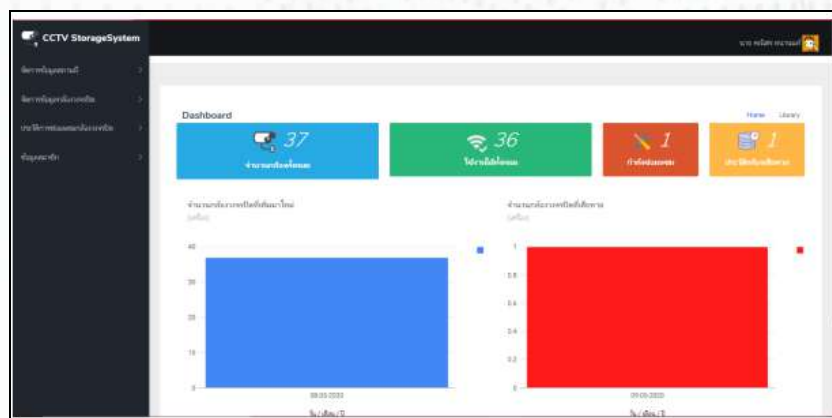
จากภาพที่ 3 อธิบายข้อมูลระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประกอบไปด้วย สมาชิก, รายละเอียดกล้องวงจรปิด, สถานที่ และกล้องที่เสียหาย โดยสมาชิกที่เป็นเจ้าหน้าที่ จะเพิ่มในส่วนข้อมูลกล้องวงจรปิด โดยมีข้อมูลย่อยต่าง ๆ ได้แก่ ชื่อกล้อง, ยี่ห้อ, วันที่ติดตั้ง, เลขพัสดุ เป็นต้น โดยอ้างอิงข้อมูลการติดตั้งจากข้อมูลสถานที่ติดตั้งเมื่อเพิ่มข้อมูลกล้องวงจรปิดเสร็จสิ้น กล้องวงจรปิดจะขึ้นสถานะ “ใช้งานได้” หากกล้องวงจรปิดเกิดความเสียหาย สมาชิกที่เป็นช่างซ่อมบำรุง จะทำการเปลี่ยนสถานะกล้องวงจรปิดให้เป็น “กำลังซ่อมแซม” โดยระบบจะทำการคัดลอกข้อมูลกล้องวงจรปิดที่ขึ้นสถานะ “กำลังซ่อมแซม” เข้าสู่ฐานข้อมูลกล้องที่เสียหาย

5. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.1 ส่วนของเจ้าหน้าที่

หลังจากเข้าสู่ระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในหน้าของเจ้าหน้าที่จะแสดงหน้าหลักของ ระบบ ที่แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของกล้องวงจรปิดในฐานข้อมูล ณ ปัจจุบัน ได้แก่ จำนวนกล้องวงจรปิด ทั้งหมด กล้องวงจรปิดที่ใช้งานได้ กล้องวงจรปิดที่กำลังซ่อมแซม และกราฟแสดงข้อมูลประวัติจำนวน กล้องวงจรปิดที่เสียหายในลักษณะอาการต่าง ๆ เมนูทางด้านซ้าย จะเป็นการจัดการข้อมูลในรูปแบบ ต่าง ๆ ได้แก่ จัดการข้อมูลกล้องวงจรปิด จัดการข้อมูลสถานที่ ประวัติการซ่อมแซมกล้องวงจรปิด สถิติ และข้อมูลสมาชิก และเมนูทางด้านบน จะเป็นชื่อ นามสกุล และรูปถ่ายของเจ้าหน้าที่ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าหลักของระบบส่วนของเจ้าหน้าที่

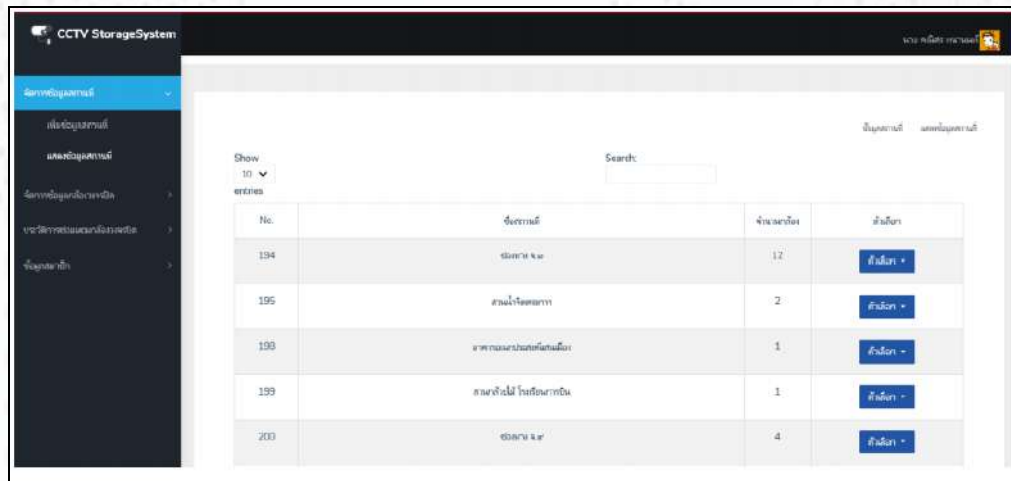
ข้อมูลกล้องวงจรปิดที่ในฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้เลือกที่ แสดงข้อมูลกล้องวงจรปิด ระบบจะแสดงตารางข้อมูล กล้องวงจรปิดขึ้นมาแบบคร่าว ๆ และมีแถบ ตัวเลือกอยู่ 3 คำสั่ง คือ รายละเอียด แก้ไขข้อมูล และลบข้อมูล ดังภาพที่ 5

The screenshot shows a table of camera data with columns: 'Show', 'ID', 'ชื่อกล้อง', 'ยี่ห้อ', 'รุ่น', 'สถานที่ติดตั้ง', 'วันที่ติดตั้ง', 'สถานะกล้อง', and 'ดำเนินการ'. The table lists five cameras with their respective IDs, names, brands, models, installation locations, and dates. Action buttons like 'รายละเอียด', 'แก้ไขข้อมูล', and 'ลบข้อมูล' are visible for each camera entry.

Show	ID	ชื่อกล้อง	ยี่ห้อ	รุ่น	สถานที่ติดตั้ง	วันที่ติดตั้ง	สถานะกล้อง	ดำเนินการ
444797	camera1	E-COM A-PRESS	IPCH20-W1028VAR-S	วิทยาฯ ร.บ.	30-05-2019	ใช้งานได้	รายละเอียด	แก้ไขข้อมูล
444798	camera2	E-COM A-PRESS	IPCH20-W1028VAR-S	วิทยาฯ ร.บ.	30-05-2019	ใช้งานได้	รายละเอียด	แก้ไขข้อมูล
444799	camera3	E-COM A-PRESS	IPCH20-W1028VAR-S	วิทยาฯ ร.บ.	30-05-2019	ใช้งานได้	รายละเอียด	แก้ไขข้อมูล
444800	camera4	E-COM A-PRESS	IPCH20-W1028VAR-S	วิทยาฯ ร.บ.	30-05-2019	กำลังซ่อมแซม	รายละเอียด	แก้ไขข้อมูล
444801	camera5	WATASHI	WRC007	วิทยาฯ ร.บ.	30-05-2019	ใช้งานได้	รายละเอียด	แก้ไขข้อมูล

ภาพที่ 5 แสดงตารางข้อมูลของกล้องวงจรปิด

ตรวจสอบข้อมูลของสถานที่ติดตั้ง เลือกที่ แสดงข้อมูลสถานที่ ระบบ จะแสดงตารางข้อมูลของสถานที่แบบคร่าวๆ และแสดงจำนวนกล้องวงจรปิดในแต่ละสถานที่ โดยเจ้าหน้าที่สามารถดูรายละเอียดและแก้ไขชื่อสถานที่ได้ ดังภาพที่ 6

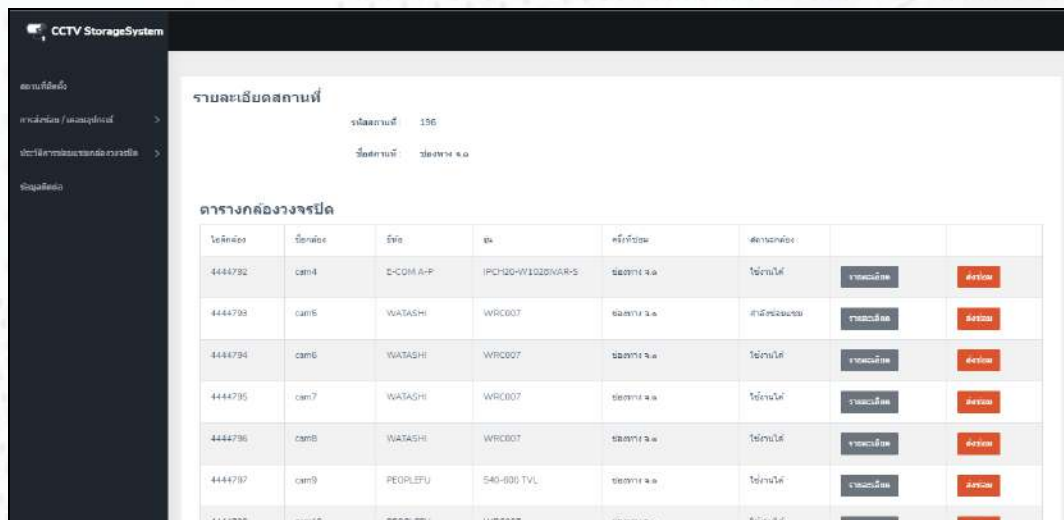


No.	ชื่อสถานที่	จำนวนกล้อง	สถานะ
194	สถานที่ ๑๓	12	แก้ไข
195	สถานที่ ๑๔	2	แก้ไข
198	สถานที่ ๑๕	1	แก้ไข
199	สถานที่ ๑๖	1	แก้ไข
200	สถานที่ ๑๗	4	แก้ไข

ภาพที่ 6 แสดงข้อมูลสถานที่ติดตั้ง

5.2 ส่วนของช่างซ่อมบำรุง

รายละเอียด ระบบจะแสดงรหัสสถานที่ ชื่อสถานที่ และกล้องที่ติดตั้งใน สถานที่นั้น ๆ อีกทั้งยังสามารถดูรายละเอียดกล้องหรือเลือกกล้องที่จะส่งซ่อมแซมผ่านปุ่ม ส่งซ่อม ได้ทันที ดังภาพที่ 7

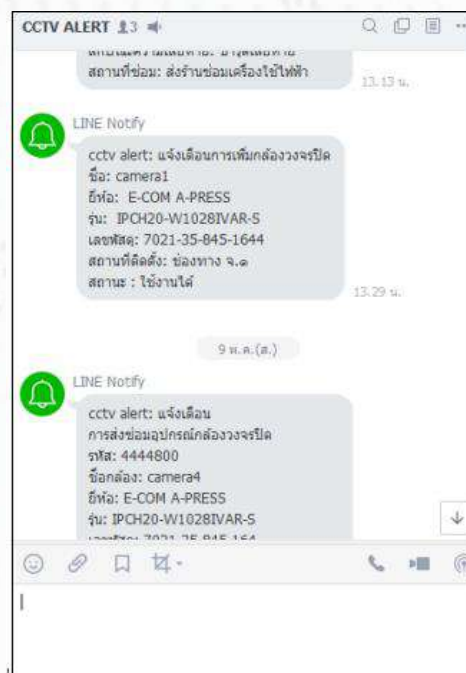


No.	ชื่อกล้อง	รหัส	รุ่น	สถานะ	สถานะกล้อง
4444792	cam4	2-COM-A-P	IPC120-W1020VAR-S	ใช้งานได้	แก้ไข
4444793	cam5	WATASHI	WR007	ใช้งานได้	แก้ไข
4444794	cam6	WATASHI	WR007	ใช้งานได้	แก้ไข
4444795	cam7	WATASHI	WR007	ใช้งานได้	แก้ไข
4444796	cam8	WATASHI	WR007	ใช้งานได้	แก้ไข
4444797	cam9	PEOPLEPU	540-100 TVL	ใช้งานได้	แก้ไข
4444798	cam10	PEOPLEPU	WR007	ใช้งานได้	แก้ไข

ภาพที่ 7 แสดงข้อมูลกล้องวงจรปิดเพื่อส่งซ่อม

เมื่อมีการเพิ่มข้อมูลกล้องวงจรปิด หรือการซ่อมแซมกล้องวงจรปิด ระบบจะแจ้งผ่าน ทาง LINE ทันที ดัง

ภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงการเพิ่มข้อมูลกล้องวงจรปิดและส่งซ่อมผ่านระบบ LINE

5.3 ผลการศึกษา และพัฒนาระบบ

ลักษณะการทำงานหลักของ User Interface ในการติดต่อกับผู้ใช้งานระบบและนำระบบการ จัดการภายในระบบ ฐานข้อมูล โดยใช้ PHP 7 ในการช่วยในการพัฒนาระบบ ให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วในทุกส่วนของระบบ โดยเริ่มจาก การที่เจ้าหน้าที่ ประจำหน่วยจะเพิ่มข้อมูลในส่วนของสถานที่ติดตั้งและกล้องวงจรปิด โดยวิธีการเพิ่มข้อมูลนั้น จะใช้การ กรอกข้อมูลของกล้องวงจรปิดและสถานที่ติดตั้ง เพื่อให้ระบบสามารถระบุตำแหน่งของกล้องวงจรปิด ทั้งหมดในแต่ละสถานที่ ติดตั้งที่มีอยู่ในระบบ โดยสามารถแก้ไข หรือ ลบ ข้อมูลกล้องวงจรปิดและ สถานที่ติดตั้งภายหลังได้ สามารถเปลี่ยนสถานะ กล้องวงจรปิดได้ อีกทั้งสามารถเพิ่มข้อมูลสมาชิกภายใน ระบบได้ ในส่วนของช่างซ่อมบำรุง หากมีการตรวจสอบและพบว่า กล้องวงจรปิดในแต่ละสถานที่ติดตั้ง เกิดเหตุขัดข้อง หรือมีการสูญหายเกิดขึ้น ช่างซ่อมบำรุงสามารถเพิ่มข้อมูลกล้องวงจรปิดที่ เสียหาย อาการเสีย และสถานที่ซ่อมแซมกล้องวงจรปิด เพื่อให้ระบบบันทึกและแจ้งเตือนการเพิ่มข้อมูลกล้อง วงจรปิดที่ เสียหายผ่านแอปพลิเคชัน LINE ให้เจ้าหน้าที่และช่างซ่อมบำรุงรับทราบรายละเอียดความ เสียหายของกล้องวงจรปิดที่ เสียหาย และระบบจะเก็บประวัติการซ่อมแซมของกล้องวงจรปิดตัวมาเก็บ เป็นสถิติภายในระบบ เมื่อซ่อมแซมกล้องวงจรปิด ที่เสียหายเสร็จ และนำมาติดตั้งตามปกติเรียบร้อยแล้ว ช่างซ่อมบำรุงจะทำการปิดงานในการซ่อมแซมกล้องวงจรปิดเสร็จ เรียบร้อย เพื่อให้กล้องวงจรปิด สามารถนำกลับมาใช้งานในระบบได้อีกครั้ง ในส่วนของสถิติในการเพิ่มและส่งซ่อมแซม เจ้าหน้าที่และ ช่างซ่อมบำรุงสามารถตรวจสอบได้ผ่านกราฟที่บอกจำนวนข้อมูลกล้องวงจรปิดดังกล่าวได้ และ เจ้าหน้าที่และ ช่างซ่อมบำรุงสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลส่วนตัวภายในระบบได้ ผลการทดสอบระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจร ปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประกอบไปด้วยผลการทดสอบความสามารถของระบบงาน และผล ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบงานที่พัฒนาขึ้น

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่เป็นทหารอากาศ จำนวนร้อยละ 90 และมี ตำแหน่งเป็นผู้บังคับบัญชาจำนวนร้อยละ 10.7% และเป็นเพศชาย จำนวนร้อยละ 70 เพศหญิง จำนวนร้อยละ 30 นอกจากนี้ แล้วพบว่าผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่มี อายุระหว่าง 31 – 35 ปี จำนวนร้อยละ 76.7 สังกัดกองทัพอากาศนครปฐม จำนวนร้อยละ 95 และส่วนใหญ่มีประสบการณ์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ มากกว่า 5 ปี จำนวน ร้อยละ 70

ตารางที่ 1 การทดสอบระบบระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประกอบไปด้วยผลการทดสอบความสามารถของระบบงาน และผลประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	คะแนนประสิทธิภาพ		แปลผล
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (s, d)	
1. ด้านความถูกต้องของระบบที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Functional Requirement Test)	4.28	0.34	ดี
2. ด้านความถูกต้องของผลลัพธ์ตามฟังก์ชันงาน (Result Test)	3.94	0.39	ดี
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.78	0.26	ดีมาก
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)	4.00	0.44	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.25	0.36	ดี

ตารางที่ 2 การทดสอบระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประกอบไปด้วยผลการทดสอบความสามารถของระบบงาน และผลประเมินโดยผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	คะแนนประสิทธิภาพ		แปลผล
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (s, d)	
1. สามารถเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน	4.00	1.23	ดี
2. สามารถบันทึก ลบ แก้ไข ข้อมูลกล้องวงจรปิดและสถานที่ติดตั้ง	3.00	1.56	ดี
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	3.50	1.89	ดี
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)	3.90	2.02	ดี
5. สามารถแสดงข้อมูลการซ่อมแซมกล้องวงจรปิดได้	4.00	1.88	ดี
6. สามารถดูข้อมูลสถิติของข้อมูลกล้องวงจรปิดได้	4.00	2.23	ดี
7. สามารถเพิ่ม ลบ ตรวจสอบข้อมูลสมาชิกภายในระบบได้	4.00	2.69	ดี
8. สามารถรองรับการเข้าใช้งานพร้อมกันในเวลาเดียวกันได้	4.00	1.33	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	3.04	0.4811	ดี

5. อภิปรายผล

จากการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยใช้ภาษา PHP7 และติดต่อกับฐานข้อมูลด้วย MySQLi ผลที่ได้ในการพัฒนาระบบนี้เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้กับเจ้าหน้าที่และช่างซ่อมบำรุง โดยเจ้าหน้าที่จะดูแลในส่วนของการเพิ่มกล้องวงจรปิด เข้าสู่ระบบจัดเก็บและสถานที่ติดตั้ง เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งที่กล้องติดตั้ง ส่วนช่างซ่อมบำรุง จะ จัดการในส่วนของการเพิ่มกล้องวงจรปิดที่เสียหาย และทำการเปลี่ยนสถานะการใช้งานของกล้องวงจร ปิด อีกทั้งหากกล้องวงจรปิดซ่อมแซมเสร็จ และนำกลับมาใช้งานได้อีกครั้ง ช่างซ่อมบำรุงก็จะยืนยันการ ซ่อม โดยระบบต้องทำการกำหนดสิทธิ์ให้และคัดกรองสมาชิกภายในระบบ เพื่อให้สมาชิกสามารถเข้าถึง

หน้าจัดการได้ถูกต้อง เจ้าหน้าที่และช่างซ่อมบำรุงสามารถแก้ไขรายละเอียดบัญชีของตนเอง เปลี่ยน รหัสผ่าน เปิดดูข้อมูลของ
กล้องวงจรปิดการเพิ่มหรือส่งซ่อมของกล้องวงจรปิด และสามารถจัดการงาน ในส่วนของข้อมูลที่ดินรับผิดชอบได้

6. ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมและจัดการอุปกรณ์กล้องวงจรปิดออนไลน์ โรงเรียนการบินกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
ควรพัฒนาระบบจากเดิมที่ใช้บนคอมพิวเตอร์ให้เปลี่ยนไปใช้บนสมาร์ทโฟนได้ด้วยเพื่อสะดวกแก่การใช้งานมากขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] โรงเรียนการบินกำแพงแสน, <https://fts.rtaf.mi.th/index.php/page-main>, 25 สิงหาคม 2563.
- [2] ศิวา คงสุภาพ, “HTML คืออะไร”, <https://medium.com/open-source-technology/html5-basic-1-b27b0f6464c1>, 26 สิงหาคม 2563.
- [3] กรกฎ วิริยะ, “AJAX เบื้องต้น”, https://www.goragod.com/knowledge/บทที่_1_ajax_เบื้องต้น.html, 25 สิงหาคม 2563.
- [4] ธรณพ สมประสงค์, “PHP7 มีดีอย่างไร?”, <https://www.thanop.com/php7-upgrade/>, 25 สิงหาคม 2563.
- [5] “ทำไม PHP ถึงใช้ MySQLi แทน MySQL”, <https://www.softmelt.com/article.php?id=572>, 17 มิถุนายน 2562.

การออกแบบอุปกรณ์เสริมช่วยในการทดสอบเฟสอาร์เรย์อัลตราโซนิก Designing of auxiliary equipment for phased array ultrasonic tester.

สุกฤต อิมอาร์มณ¹ ศุภากร วงศ์พลทรัพย์¹ โสภณ เปลี่ยนปทุม¹ และ พลกฤษณ์ คุ้มกล้า^{1*}

¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*Email: Ponlakrit.k@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างอุปกรณ์จับยึดหัวเฟสอาร์เรย์ให้สามารถตรวจสอบท่อทุกขนาดที่มีแนวเชื่อมและศึกษาวัสดุที่มีความเหมาะสมในการนำมาสร้างอุปกรณ์จับยึดหัวเฟสอาร์เรย์ ผลลัพธ์ที่ได้มาจากการทดสอบวัสดุทั้งสองชนิดได้แก่ พลาสติก Polylactic Acid (PLA) ,เส้นใยคาร์บอน เพื่อให้ได้แรงที่กระทำต่อวัสดุและความเข้มข้นของแรงที่กระทำต่อวัสดุเดียวกันจะพบว่าความแข็งแรงของการเปรียบเทียบระหว่างสองวัสดุมีความแตกต่างกันจากการทดสอบพลาสติก Polylactic Acid (PLA) มีความแข็งแรง แต่ไม่ทนต่อแรงดึงในส่วนของเส้นใยคาร์บอนจะมีความแข็งแรง และน้ำหนักเบากว่าพลาสติก ผลจากการทดสอบหาค่าความยืดหยุ่น การทดสอบแรงกระแทกและความแข็งแรงของวัสดุทั้งสองวัสดุนั้นสามารถนำมาตรวจสอบท่อที่มีแนวเชื่อมขนาดเส้นรอบวง 50 เซนติเมตร ถึง 100 เซนติเมตรและใช้กับหัวตรวจสอบเฟสอาร์เรย์ที่มีความยาว 34 มิลลิเมตร ความกว้าง 24.6 มิลลิเมตร มุม 36 องศา แล้วปรับขนาดสายรัดตามที่ต้องการได้เพื่อลดขั้นตอนในการทำงานระหว่างการใช้อุปกรณ์ช่วยตรวจสอบ

คำสำคัญ : การทดสอบด้วยคลื่นความถี่สูง, เครื่องพิมพ์สามมิติ, Polylactic Acid, คาร์บอน, การทดสอบวัสดุ

Abstract

The objective of this research is to construct a phased array device to be able to inspect all sizes of welded pipes and to study materials suitable for creating a phased array. The results obtained from testing both materials are Polylactic Acid (PLA) plastics, carbon fiber. In order to obtain the force exerted on the material and the intensity of the force exerted on the same material, it is found that the strength of the comparison between the two materials is different from the Polylactic Acid (PLA) plastic test. Carbon fibers will be strong and lighter than plastic. By the result from the test for Elastic in the impact and strength tests of both materials, it can be used to examine pipes with a circumference of 50 centimeters to 100 centimeters and to use a 34 mm. length phased array probe with a width of 24.6 mm. 36 degree angles, and then adjust the strap as needed to reduce the steps during the use of inspection equipment.

Keywords: Ultrasonic Testing, 3D Printer, Polylactic Acid (PLA), Carbon, Material testing

1.บทนำ

ปัจจุบันมีอุปกรณ์เสริมช่วยในการตรวจสอบแนวเชื่อมบนท่อในหลายอุตสาหกรรมต้องการอุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการตรวจสอบแต่มีราคาค่อนข้างสูง มีจำหน่ายภายในประเทศค่อนข้างน้อยผู้วิจัย ได้ออกแบบพัฒนาอุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการตรวจสอบด้วย Phased Array Ultrasonic Testing (PAUT) ซึ่งอุปกรณ์ทำหน้าที่จับยึดหัวทดสอบให้เคลื่อนที่ไปยังรอบแนวเชื่อมให้เกิดการสะกดสายต่อการตรวจสอบและปรับปรุงสภาพการตรวจสอบได้ดีขึ้น ลดขั้นตอนการใช้งาน ด้วยนวัตกรรมที่ได้คิดค้นจะประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์ช่วยตรวจสอบอื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการตรวจสอบที่วางจำหน่ายทั่วไปไม่สามารถปรับขนาดสายได้ตามที่ต้องการและมีผลทำให้ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ทุกครั้งที่เปลี่ยนชิ้นงานขนาดของท่อ ซึ่งการ

ออกแบบอุปกรณ์เสริมของผู้วิจัยนั้นสามารถปรับขนาดได้ตามที่ต้องการและใช้ทดสอบได้หลายชิ้นงานในอุปกรณ์เพียงหนึ่งอุปกรณ์ โดยวัสดุที่ใช้ใช้ทั้งหมด 2 ชนิดเพื่อนำมาทดสอบและเปรียบเทียบความแข็งแรงของแต่ละวัสดุ ได้แก่ ST-PLA, เส้นใยคาร์บอน

การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงเป็นหนึ่งในเทคนิคการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยคลื่นความถี่สูงผ่านไปยังชิ้นงานทดสอบเมื่อคลื่นเสียงกระทบกับสิ่งกีดขวางจะเกิดการสะท้อนยังภาครับสัญญาณ และส่งผลออกมาอยู่ในรูป a scan แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ conventional และ Phased Array สำหรับลักษณะงานที่เป็นท่อที่มีแนวเชื่อมใช้ Phased Array ในการตรวจสอบ การทดสอบในบริเวณแนวเชื่อมรอบท่อจึงต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบเพื่อเกิดความสะดวกต่อการปฏิบัติงานมีรูปร่างคล้ายกับสายนาฬิกาข้อมือ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดการออกแบบนวัตกรรมช่วยในการตรวจสอบเฟสอาเรียให้มีระยะเวลาในการทำงานที่เร็วขึ้นสามารถปรับขนาดความยาวของอุปกรณ์เสริมให้มีความยาวตามขนาดเส้นรอบวงของท่อโดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์เสริมอื่น โดยวัสดุที่ใช้ใช้ทั้งหมด 2 ชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ได้แก่ Polylactic Acid (PLA) มีคุณสมบัติความแข็ง เนื่องจากคุณสมบัติคล้ายกับแก้ว คือ แข็ง จึงเหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการความแข็ง แต่ต้องระวังให้ดีเนื่องจากไม่ทนต่อ การบิด และการดึง, เส้นใยคาร์บอนจึงเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรมการบินและวิศวกรรมอวกาศ เพื่อนำมาทดสอบและเปรียบเทียบความแข็งแรงของแต่ละวัสดุและยังลดต้นทุนราคาต่อชิ้นในการสั่งซื้อคุณภาพเทียบเท่ากับอุปกรณ์ที่มีราคาสูง ซึ่งอุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการตรวจสอบที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีขนาด 0.8-4.5 นิ้ว และสามารถใช้กับท่อที่มีแนวเชื่อมได้ขนาดเดียวต่อหนึ่งอุปกรณ์ เช่น อุปกรณ์เสริมช่วยในการตรวจสอบของยี่ห้อ Dopplor รุ่น Bracelet scanner และรุ่น CRS-2 วัสดุที่ท้องตลาดใช้จะเป็นโลหะซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าแต่น้ำหนักที่มาก ทำให้ไม่สะดวกต่อการพกพา โดยทั้งสองรุ่นจะไม่สามารถปรับขนาดของสายได้และไม่สามารถบังคับทิศทางในการตรวจสอบได้ผู้วิจัยจึงพัฒนาอุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการทดสอบที่ปรับขนาดของสายและบังคับทิศทางในการเคลื่อนที่ตามแนวเชื่อมได้ รวมถึงมีราคาที่ถูกลงกว่าสินค้าที่วางจำหน่ายในปัจจุบันถึง 80 เปอร์เซ็นต์

2.วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์สำหรับออกแบบตัวจับยึดหัวเฟสอาเรีย

2.1.1 สปริง

2.1.2 ล้อยาง ขนาด 16 มิลลิเมตร

2.1.3 น็อต ขนาด 5 มิลลิเมตร

2.1.4 เส้นพลาสติก ชนิด PLA Filament 1.75 mm.

2.1.5 เส้นใยคาร์บอน ชนิด Filament Carbon Fiber PLA 1.75 mm.

2.1.6 สายรัดคาดเอว

2.1.7 ตัวล็อกสาย, ตัวปรับสาย

2.1.8 แหวนรองน็อต

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

2.2.1 เครื่องพิมพ์3D Printer รุ่น Ender3

2.2.2 เครื่องUniversal Tensile Machine, UTM ผู้ผลิตบริษัท SHIMADZU รุ่น AG-X

2.2.3 เครื่องImpact Tester ผู้ผลิตบริษัท Gotech Testing Machines รุ่น GT-7045_HML

2.2.4 เครื่องMicro Vickers Hardness ผู้ผลิตบริษัท SHIMADZU รุ่น HMV-G-FOR

2.2.5 เครื่องมือทำรอยบากชิ้นงาน ผู้ผลิตบริษัท Luyang รุ่น5IK60A-CF

2.2.6 โปรแกรม Autodesk Inventor ผู้ผลิตบริษัท Autodesk Inc. รุ่น Inventor

2.3 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ

2.3.1 ขั้นตอนการวัดขนาดหัวตรวจสอบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

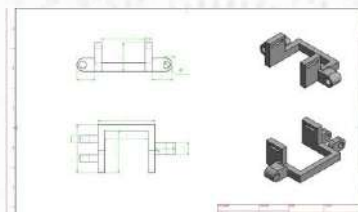
จะต้องทำการวัดขนาดของหัวตรวจสอบที่จะใช้งานก่อนที่จะทำการขึ้นรูปวัสดุทั้ง 2 ชนิดเริ่มจากการวัดขนาดทุกด้านของหัวตรวจสอบก่อนจะนำมาเขียนแบบในโปรแกรม Autodesk Inventor อุปกรณ์เสริมช่วยในการตรวจสอบเฟสอาเรียจะสามารถใช้ได้กับหัวตรวจสอบขนาดความยาว 34 มม. กว้าง 24.6 มม. มุม 36 องศา เท่านั้น



รูปที่ 1 การวัดขนาดของหัวตรวจสอบ

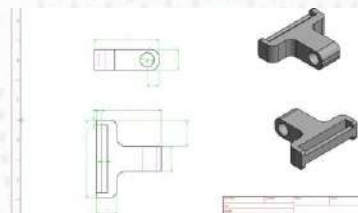
2.3.2 ขั้นตอนการเขียนแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์เสริมช่วยในการตรวจสอบเฟสอาร์เรย์

1. การเขียนแบบตัวจับยึดหัวเฟสอาร์เรย์



รูปที่ 2 การเขียนแบบตัวจับยึดหัวเฟสอาร์เรย์

2. การเขียนแบบตัวยึดสายปรับระดับ



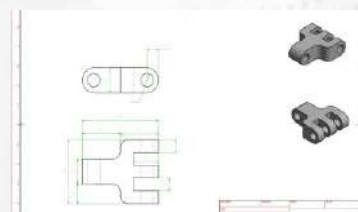
รูปที่ 3 การเขียนแบบตัวยึดสายปรับระดับ

3. การเขียนแบบตัวยึดสายปรับระดับอีกหนึ่งด้าน



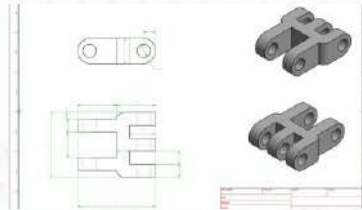
รูปที่ 4 การเขียนแบบตัวยึดสายปรับระดับอีกหนึ่งด้าน

4. การเขียนแบบที่ใส่สปริง



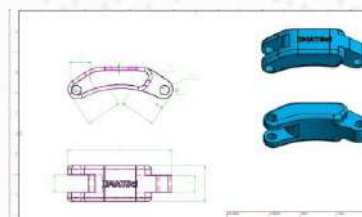
รูปที่ 5 การเขียนแบบใส่สปริง

5.การเขียนแบบที่ใส่สปริงอีกหนึ่งด้าน



รูปที่ 6 การเขียนแบบที่ใส่สปริงอีกหนึ่งด้าน

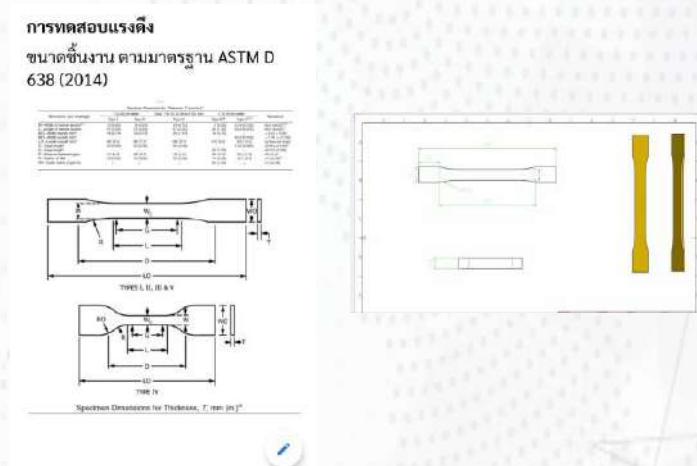
6.การเขียนแบบข้อต่อของอุปกรณ์เสริม



รูปที่ 7 การเขียนแบบข้อต่อของอุปกรณ์เสริม

2.3.3 ขั้นตอนการเขียนแบบDog bone

เขียนแบบDog bone จากโปรแกรม Autodesk Inventor เขียนแบบตามขนาดมาตรฐานคือ



รูปที่ 8 การเขียนแบบDog bone ตามขนาดมาตรฐาน

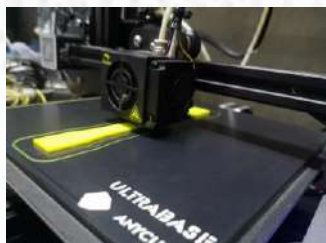
2.3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นส่วนเพื่อนำไปทดสอบสมบัติทางกล

ทำการขึ้นรูปแบบ Dog bone เพื่อนำไปทดสอบเปรียบเทียบจากวัสดุทั้ง 2 ชนิดได้แก่ พลาสติกชนิด Polylactic Acid (PLA) และเส้นใยคาร์บอน โดยใช้เครื่อง 3D Printer ในการขึ้นรูป ทำการปริ้น Dog bone ทั้งสองวัสดุได้แก่ พลาสติก ชนิด PLA และจากวัสดุเส้นใยคาร์บอน ดังนั้นจะขึ้นรูปทั้งหมด 3 ขั้นตอน

1. ทำการขึ้นรูปdog bone ที่จะนำไปทดสอบ Tensile Testing จากวัสดุพลาสติก ชนิด PLA จำนวน 3 ชิ้น และวัสดุเส้นใยคาร์บอนจำนวน 3 ชิ้น

2. ทำการขึ้นรูปdog boneที่จะนำไปทดสอบ Impact Testing จากวัสดุพลาสติก ชนิด PLA จำนวน 3 ชิ้น และวัสดุเส้นใยคาร์บอนจำนวน 3 ชิ้น

3. ทำการขึ้นรูปdog boneที่จะนำไปทดสอบ Hardness Testing จากวัสดุพลาสติก ชนิด PLA จำนวน 3 ชิ้น และวัสดุเส้นใยคาร์บอนจำนวน 3 ชิ้น



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 9 ขั้นตอนการขึ้นรูปแบบDog bone (ก) ฉีดพลาสติกชนิดPLA ขึ้นรูปdog bone (ข) ฉีดเส้นใยคาร์บอนขึ้นรูป dog bone (ค) ชิ้นงานdog bone ที่ได้ขึ้นรูปสำเร็จ

2.3.5 ขั้นตอนการเปรียบเทียบน้ำหนักทั้ง 2 วัสดุ



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบน้ำหนักของเส้นใยคาร์บอนและพลาสติก ชนิด PLA

2.3.6 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกล

ในการทดสอบสมบัติทางกลมี 3 ขั้นตอน ดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

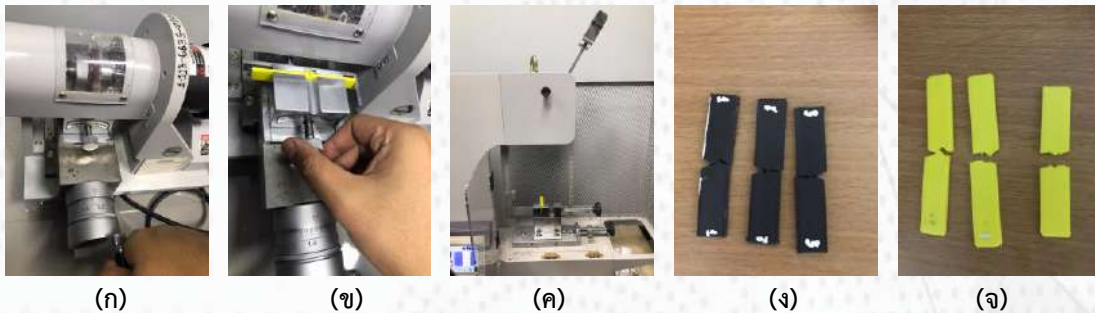


(จ)

รูปที่ 11 การทดสอบแรงดึง (ก) วัดความหนาชิ้นงานคำนวณหาระยะGage range (ข) ทดสอบแรงดึงด้วยวัสดุพลาสติกชนิด PLA (ค) ทดสอบแรงดึง ด้วยวัสดุเส้นใยคาร์บอน (ง) ทดสอบแรงดึงด้วยพลาสติกชนิด PLA ทั้งหมด 3 ครั้ง (จ) ทดสอบแรงดึงด้วยเส้นใยคาร์บอนทั้งหมด 3 ครั้ง

1. ทำการทดสอบความแข็งแรงด้วยกระบวนการ Tensile Testing (การทดสอบแรงดึง) โดยวัดความหนาของชิ้นงานคำนวณหาระยะ Gage range และใส่ข้อมูลลงโปรแกรม TRAPEZIUMX ก่อนจึงทดสอบวัสดุ 2 ชนิดคือ เส้นใยคาร์บอนและ พลาสติกชนิด PLA โดยทดสอบเส้นใยคาร์บอนจำนวน 3 ชิ้น และพลาสติกชนิด PLA จำนวน 3 ชิ้นด้วยกัน

2. ทำการทดสอบความแข็งแรงด้วยกระบวนการ Impact Testing (การทดสอบแรงกระแทก) โดยวัดขนาดชิ้นงานและใส่ค่าลงในเครื่อง จึงทำการทดสอบวัสดุ 2 ชนิด คือ เส้นใยคาร์บอนและ พลาสติก ชนิด PLA โดยทดสอบวัสดุเส้นใยคาร์บอนจำนวน 3 ชิ้นและพลาสติกชนิด PLA จำนวน 3 ชิ้นด้วยกัน ก่อนจะนำไปทดสอบแรงกระแทก ต้องนำชิ้นงานไปทำรอยบากบนชิ้นงานในเครื่องทำรอยบากชิ้นงานก่อน



รูปที่ 12 การทดสอบแรงกระแทก (ก) นำชิ้นงานเข้าเครื่องทำรอยบากชิ้นงาน (ข) ได้รอยบากชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว (ค) นำชิ้นงานมาทดสอบแรงกระแทก (ง) ทดสอบแรงกระแทกด้วยเส้นใยคาร์บอนทั้งหมด 3 ครั้ง (จ) ทดสอบแรงกระแทกด้วยพลาสติกชนิด PLA ทั้งหมด 3 ครั้ง

3. ทำการทดสอบความแข็งแรงด้วยกระบวนการ Hardness Testing (การทดสอบความแข็ง) โดยทดสอบวัสดุ 2 ชนิดคือ เส้นใยคาร์บอนและ พลาสติกชนิด PLA โดยทดสอบเส้นใยคาร์บอนจำนวน 3 ชิ้นและพลาสติกชนิด PLA จำนวน 3 ชิ้น ชิ้นละ 3 จุดด้วยกัน แรงที่ใช้กด 490.3 mN.



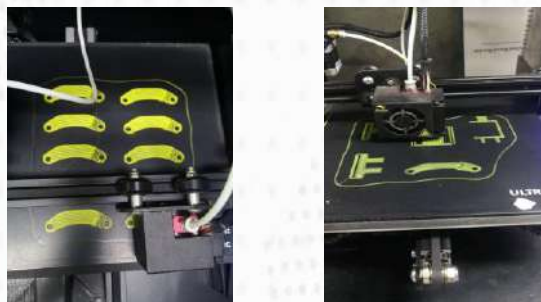
รูปที่ 13 การทดสอบค่าความแข็ง (ก) ทดสอบความแข็งของวัสดุพลาสติกชนิด PLA (ข) ทดสอบความแข็งของวัสดุเส้นใยคาร์บอน

2.3.7 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์เสริมช่วยในการทดสอบเฟสอาเรย์

ขึ้นรูปชิ้นส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงานโดยใช้เครื่อง 3D Printer ตามที่ได้ออกแบบมาในโปรแกรม Autodesk Inventor โดยชิ้นงานมีส่วนประกอบดังนี้

1. อุปกรณ์จับหัวตรวจสอบเฟสอาเรย์
2. ตัวยึดสายปรับระดับ 2 ด้าน
3. ข้อต่อต่างๆ
4. ตัวใส่สปริง ทั้ง 2 ด้าน

โดยวัสดุทั้งสองชนิดจะใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปต่างกัน การขึ้นรูปเส้นใยคาร์บอนใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 215 องศาเซลเซียส ในส่วนของพลาสติกชนิด PLA ใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูป 206 องศาเซลเซียส



รูปที่ 14 การขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่อง 3D Printer

2.3.8 ขั้นตอนการแก้ไขชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากเครื่อง 3D Printer

ทำการแก้ไขขนาดของอุปกรณ์จับยึดหัวตรวจสอบที่ขึ้นรูปมาจากเครื่อง 3D Printer นำมาจับยึดหัวตรวจสอบเฟสอาร์เรย์ เพื่อที่สามารถจับยึดหัวตรวจสอบเฟสอาร์เรย์ให้ตรวจสอบชิ้นงานที่ใช้ทำการทดสอบได้



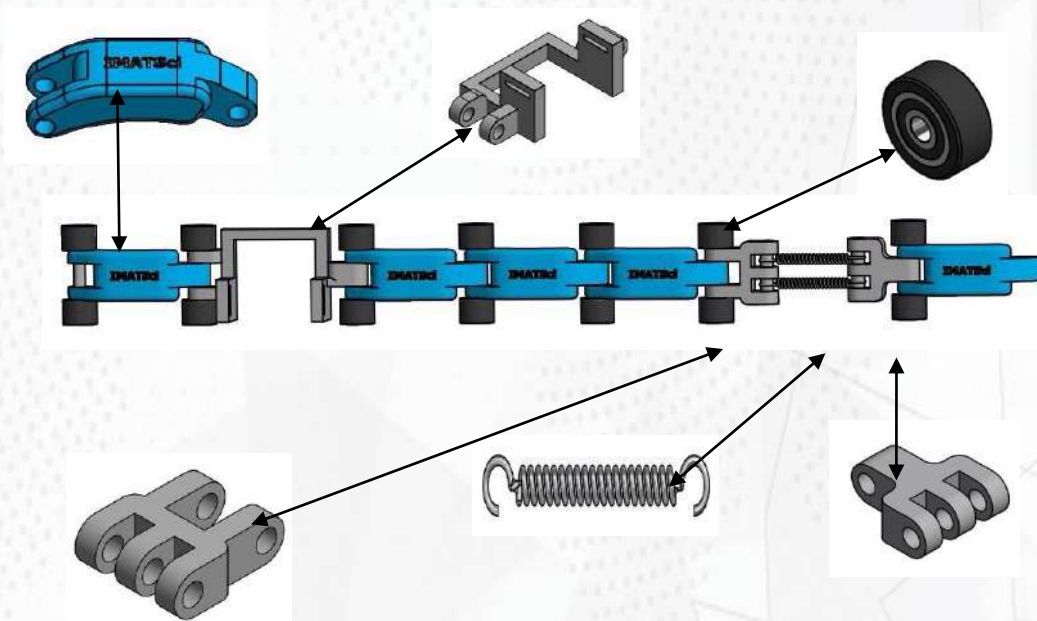
(ก)



(ข)

รูปที่ 15 การแก้ไขชิ้นงาน (ก) ยังไม่ได้ทำการแก้ไขชิ้นงาน (ข) ทำการแก้ไขชิ้นงาน

2.3.9 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ที่ขึ้นรูปมาจากเครื่อง 3D Printer



รูปที่ 16 ชิ้นงานส่วนประกอบของอุปกรณ์

2.3.10 ขั้นตอนทำการทดสอบชิ้นงาน

ทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่อง Ultrasonic Testing โดยนำไปทดสอบกับท่อในลักษณะทรงกระบอกที่มีแนวเชื่อมขนาดเส้นรอบวง 50 เซนติเมตรถึง 100 เซนติเมตร เพื่อหารอยความไม่ต่อเนื่องจากรอยแนวเชื่อมโดยเริ่มจากการ

1. การเซตค่า ค่าพารามิเตอร์ของ Probe และ Wedge
2. การ Calibrate Probe
3. ทำ TCG
4. หารอยความไม่ต่อเนื่อง
5. บันทึกผล



(ก)



(ข)



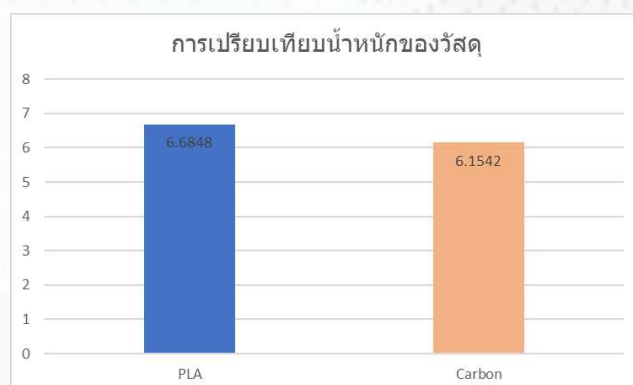
(ค)



(ง)

รูปที่ 17 ทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่อง Ultrasonic Testing (ก) การเซตตั้งค่าต่าง ๆ (ข) การทำ TCG (ค) การหารอยความไม่ต่อเนื่องด้วยเส้นใยคาร์บอน (ง) การหารอยความไม่ต่อเนื่องด้วยพลาสติกชนิด PLA

3.ผลการทดลองและอภิปรายผล



รูปที่ 18 กราฟแสดงผลของน้ำหนักของวัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน

จากกราฟรูปที่ 18 ที่ได้ทำการชั่งน้ำหนักแสดงให้เห็นว่า พลาสติกชนิด PLA มีน้ำหนักที่มากกว่าเส้นใยคาร์บอน

3.1 ผลการทดสอบ Tensile Testing (การทดสอบแรงดึง)



รูปที่ 19 กราฟแสดงผลการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ได้ค่าทดสอบของElastic

จากกราฟรูปที่ 19 ที่ได้ทำการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ด้วยวิธีการทดสอบโดยวิธีการดึงในช่วงแรงดึง 5 mm/min ที่แรงดึงเดียวกันโดยทดสอบวัสดุ 2 ชนิดได้แก่ วัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะทดสอบทั้งหมด 3 ชิ้นงาน ได้ผลการทดสอบดังนี้ ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 1 มีค่าการยืดหยุ่นของวัสดุ เท่ากับ 343.6075 N/mm² ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 2 มีค่าการยืดหยุ่นของวัสดุ เท่ากับ 389.82 N/mm² และชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 3 มีค่าการยืดหยุ่นของวัสดุ เท่ากับ 297.395 N/mm² ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุด คือชิ้นงานที่ 2 มีค่า เท่ากับ 389.82 N/mm² และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 343.6075 N/mm²

ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 1 มีค่าการยืดหยุ่นของวัสดุ เท่ากับ 577.265 N/mm² ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 2 มีค่าการยืดหยุ่นของวัสดุเท่ากับ 527.764 N/mm² และชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 3 มีค่าการยืดหยุ่นของวัสดุเท่ากับ 565.655 N/mm² ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุดคือชิ้นงานที่ 1 มีค่าเท่ากับ 577.265 N/mm² และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 556.895 N/mm² จากการทดสอบวัสดุทั้ง 2 วัสดุ เส้นใยคาร์บอน มีค่าElastic มากกว่าพลาสติกชนิด PLA เพราะว่าเส้นใยคาร์บอนทนต่อแรงดึงและมีความยืดหยุ่นมากกว่าพลาสติกชนิด PLA



รูปที่ 20 กราฟแสดงผลการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ได้ค่าของ Break Force

จากกราฟรูปที่ 20 ที่ได้ทำการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ด้วยวิธีการทดสอบโดยวิธีการดึงในช่วงแรงดึง 5 mm/min ที่แรงดึงเดียวกันโดยทดสอบวัสดุ 2 ชนิดได้แก่ วัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะทดสอบทั้งหมด 3 ชิ้นงาน ได้ผลการทดสอบดังนี้ ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 1 มีค่าการแตกหักหรือแรงหักของวัสดุ เท่ากับ 332.764 N. ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 2 มีค่าการแตกหักหรือแรงหักของวัสดุ เท่ากับ 586.751 N. และชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 3 มีค่าการแตกหักหรือแรงหักของวัสดุ เท่ากับ 578.395

N. ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุด คือชิ้นงานที่ 2 มีค่า เท่ากับ 586.751 N. เพราะใช้แรงมากที่สุดในการดึงวัสดุจนเกิดการแตกหักหรือแรงหัก และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 499.303 N.

ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 1 มีค่าการแตกหักหรือแรงหักของวัสดุ เท่ากับ 179.415 N. ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 2 มีค่าการแตกหักหรือแรงหักของวัสดุ เท่ากับ 319.87 N. และชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 3 มีค่าการแตกหักหรือแรงหักของวัสดุ เท่ากับ 343.394 N. ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุดคือชิ้นงานที่ 3 มีค่าเท่ากับ 577.265 N. เพราะใช้แรงมากที่สุดในการดึงวัสดุจนเกิดการแตกหักหรือแรงหัก และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 280.893 N. จากการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด พลาสติก PLA มีค่า Break Force มากกว่าเส้นใยคาร์บอน เพราะว่าพลาสติกทนแรงแตกหักมากกว่าเส้นใยคาร์บอน

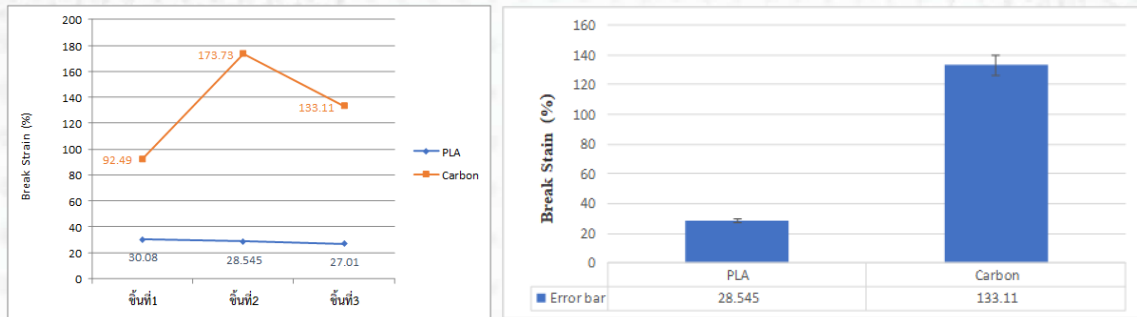


รูปที่ 21 กราฟแสดงผลการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ได้ค่าของ Break Stress

จากกราฟรูปที่ 21 ที่ได้ทำการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ด้วยวิธีการทดสอบโดยวิธีการดึงในช่วงแรงดึง 5 mm/min ที่แรงดึงเดียวกันโดยทดสอบวัสดุ 2 ชนิดได้แก่ วัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะทดสอบทั้งหมด 3 ชิ้นงาน ได้ผลการทดสอบดังนี้ ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 1 มีค่าการยึดตัวของวัสดุจนขาดของวัสดุ เท่ากับ 8.194 N/mm² ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 2 มีค่าการยึดตัวของวัสดุจนขาดของวัสดุ เท่ากับ 15.564 N/mm² และชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 3 มีค่าการยึดตัวของวัสดุจนขาดของวัสดุ เท่ากับ 13.545 N/mm² ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุด คือชิ้นงานที่ 2 มีค่า เท่ากับ 15.564 N/mm² เพราะมีค่าการยึดตัวของวัสดุมากที่สุด และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 12.4344 N/mm²

ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 1 มีค่าการยึดตัวของวัสดุจนขาดของวัสดุ เท่ากับ 4.759 N/mm² ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 2 มีค่าการยึดตัวของวัสดุจนขาดของวัสดุ เท่ากับ 7.573 N/mm² และชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 3 มีค่าการยึดตัวของวัสดุจนขาดของวัสดุ เท่ากับ 9.109 N/mm² ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุดคือชิ้นงานที่ 3 มีค่าเท่ากับ 9.109 N/mm² เพราะมีค่าการยึดตัวของวัสดุมากที่สุด และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 7.14675 N/mm² จากการทดสอบวัสดุทั้ง 2 วัสดุ พลาสติกชนิด PLA มีค่า Break stress มากกว่าเส้นใยคาร์บอน เพราะว่าพลาสติกชนิด PLA ทนต่อความเครียดหรือการยึดตัวของวัสดุจนขาดได้ดีกว่าเส้นใยคาร์บอน

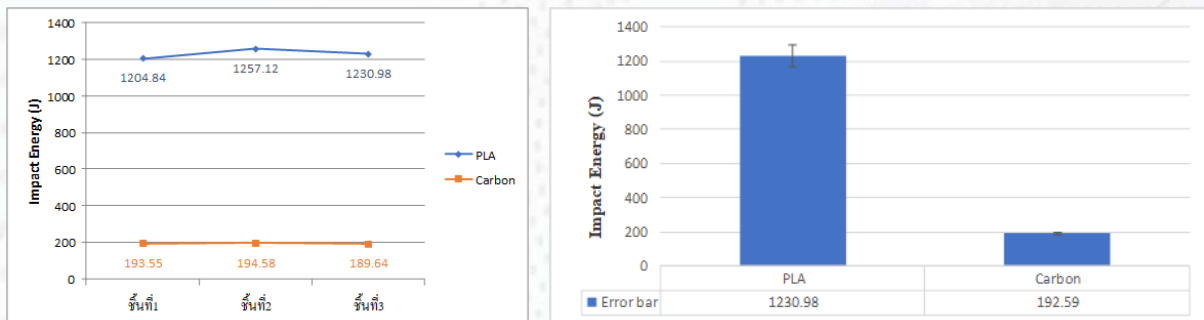
จากกราฟรูปที่ 22 ที่ได้ทำการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ด้วยวิธีการทดสอบโดยวิธีการดึงในช่วงแรงดึง 5 mm/min ที่แรงดึงเดียวกันโดยทดสอบวัสดุ 2 ชนิดได้แก่ วัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะทดสอบทั้งหมด 3 ชิ้นงาน ได้ผลการทดสอบดังนี้ ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 1 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่า เท่ากับ 30.08% ชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่า เท่ากับ 28.545% และชิ้นงานวัสดุพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 3 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับ 27.01% ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุด คือชิ้นงานที่ 1 มีค่าเท่ากับ 30.08% เพราะมีแรงที่กระทำต่อวัตถุที่มุมตั้งฉากมากกว่า 90 องศา และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 28.545%



รูปที่ 22 กราฟแสดงผลการทดสอบวัสดุทั้ง 2 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile ได้ค่าของ Break Strain

ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 1 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่า เท่ากับ 92.49% ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 2 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่า เท่ากับ 173.73% และชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 3 แรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่า เท่ากับ 133.11% ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุดคือชิ้นงานที่ 2 มีค่าเท่ากับ 173.73% เพราะมีแรงที่กระทำต่อวัตถุที่มั่งคั่งมากกว่า 90 องศา และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 133.11% จากการทดสอบวัสดุทั้ง 2 วัสดุ เส้นใยคาร์บอน มีค่า Break strain มากกว่าพลาสติกชนิด PLA เพราะว่าเส้นใยคาร์บอน ทนต่อความเค้นหรือแรงที่กระทำต่อวัสดุได้ดีกว่าพลาสติกชนิด PLA

3.2 ผลการทดสอบ Impact Testing (การทดสอบแรงกระแทก)

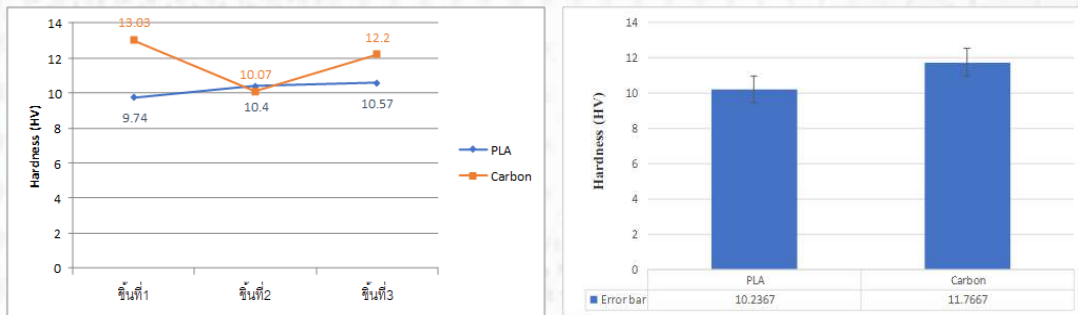


รูปที่ 23 เป็นกราฟแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ impact test กับวัสดุทั้ง 2 ชนิด

จากกราฟรูปที่ 23 เป็นกราฟที่ได้จากการทดสอบ impact test กับวัสดุ ทั้ง 2 ชนิดได้แก่วัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน โดยทดสอบด้วยกระบวนการกระแทกลงบนชิ้นงาน ให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย โดยจะใช้ความเร็วที่ 3.46 M/sec กับวัสดุทั้ง 2 ชนิดได้แก่วัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน โดยแต่ละวัสดุจะใช้เวลาในการกระแทกเดียวกัน จะทำการทดสอบวัสดุอย่างละ 3 ชิ้นงาน ได้ผลการทดสอบดังนี้ ชิ้นงานพลาสติกชนิด PLA ขั้นที่ 1 ได้ค่าเท่ากับ 1204.84 J. ชิ้นงานพลาสติกชนิด PLA ขั้นที่ 2 ได้ค่าเท่ากับ 1257.12 J. ชิ้นงานพลาสติกชนิด PLA ขั้นที่ 3 ได้ค่าเท่ากับ 1230.98 J. ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุด คือชิ้นงานที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1204.84 J. และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้น งานเท่ากับ 1230.98 J.

และชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 1 ได้ค่าเท่ากับ 193.55 J. ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 2 ได้ค่าเท่ากับ 194.58 J. ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 3 ได้ค่าเท่ากับ 189.64 J. ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุด คือชิ้นงานที่ 2 มีค่าเท่ากับ 194.58 J. และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 192.59 J. จากการทดสอบวัสดุทั้ง 2 วัสดุ พลาสติกชนิด PLA มีค่า impact มากกว่าเส้นใยคาร์บอน เพราะว่าพลาสติกชนิด PLAทนต่อแรงกระแทกได้ดีกว่าเส้นใยคาร์บอน

3.3 ผลการทดสอบ Micro Vickers Hardness tester (การทดสอบความแข็ง)



รูปที่ 24 กราฟแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ Hardness tester กับวัสดุทั้ง 2 ชนิด

จากกราฟรูปที่ 24 จากที่ได้ทำการทดสอบ Hardness tester (การทดสอบความแข็ง) กับวัสดุทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ วัสดุชนิด PLA และวัสดุชนิดคาร์บอน โดยทดสอบด้วยกระบวนการกดลงบนผิวชิ้นงานด้วยเครื่อง Micro Vickers Hardness tester โดยจะใช้แรงกดที่ HV0.05 (490.3mN) ที่แรงเดียวกันทั้ง 2 วัสดุ ได้แก่วัสดุพลาสติกชนิด PLA และวัสดุชนิดเส้นใยคาร์บอน ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะทดสอบทั้งหมดอย่างละ 3 ชิ้นงานชิ้นงานละ 3 จุดในทดสอบ ได้ผลการทดสอบโดยเฉลี่ยดังนี้ ชิ้นงานพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.74 HV ชิ้นงานพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.4 HV ชิ้นงานพลาสติกชนิด PLA ชิ้นที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.57 HV ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุดคือชิ้นงานที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.57 HV และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 10.2367 HV

และชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.03 HV ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.07 HV ชิ้นงานวัสดุเส้นใยคาร์บอนชิ้นงานที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.2 HV ซึ่งชิ้นงานที่ดีที่สุดคือชิ้นงานที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.03 HV และได้ค่าเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นงานเท่ากับ 11.7667 HV จากการทดสอบวัสดุทั้ง 2 วัสดุ เส้นใยคาร์บอน มีค่า Hardness มากกว่าพลาสติกชนิด PLA เพราะว่าเส้นใยคาร์บอนมีความแข็งมากกว่าพลาสติกชนิด PLA และทนต่อแรงกดได้ดีกว่า

3.4 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบอุปกรณ์ที่ทำการออกแบบด้วยเครื่อง UT

จากภาพ(ก) คือการนำเส้นใยคาร์บอนมาฉีดขึ้นรูปและประกอบเป็นอุปกรณ์เสริมช่วยการทดสอบเฟสอเรียโดยการหารอยความไม่ต่อเนื่องของชิ้นงานและได้พบว่าเจอรอยความไม่ต่อเนื่องเป็นรอย Lack of Fusion และเป็นค่าที่ไม่ยอมรับเพราะรอย Defect เกินเส้น TCG หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้จึงต้องนำชิ้นงานไป Reject

จากภาพ(ข) คือการนำพลาสติกชนิด PLA มาฉีดขึ้นรูปและประกอบเป็นอุปกรณ์เสริมช่วยการทดสอบเฟสอเรียโดยการหารอยความไม่ต่อเนื่องของชิ้นงานและได้พบว่าเจอรอยความไม่ต่อเนื่องเป็นรอย Lack of Fusion และเป็นค่าที่ไม่ยอมรับเพราะรอย Defect เกินเส้น TCG หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้จึงต้องนำชิ้นงานไป Reject

จากภาพ(ค) คือการหารอยความไม่ต่อเนื่องของชิ้นงานที่วางขายตามท้องตลาด

จากภาพทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงการทดสอบหารอยความไม่ต่อเนื่องโดยเครื่อง Ultrasonic Testing ด้วยเทคนิคเฟสอเรียอัลตราโซนิกโดยใช้อุปกรณ์เสริมช่วยในการทดสอบ จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบมาจากผู้วิจัยและอุปกรณ์ที่มีอยู่ตามท้องตลาด พบว่ามีประสิทธิภาพในการใช้งานที่เหมือนกันคือการนำสายมาร์ทท่อเพื่อตรวจสอบรอยความไม่ต่อเนื่องและ ค่าที่ได้ไม่ผิดเพี้ยนอ่านค่าได้ตรงกับสินค้าตามท้องตลาด



(ก)



(ข)



(ค)

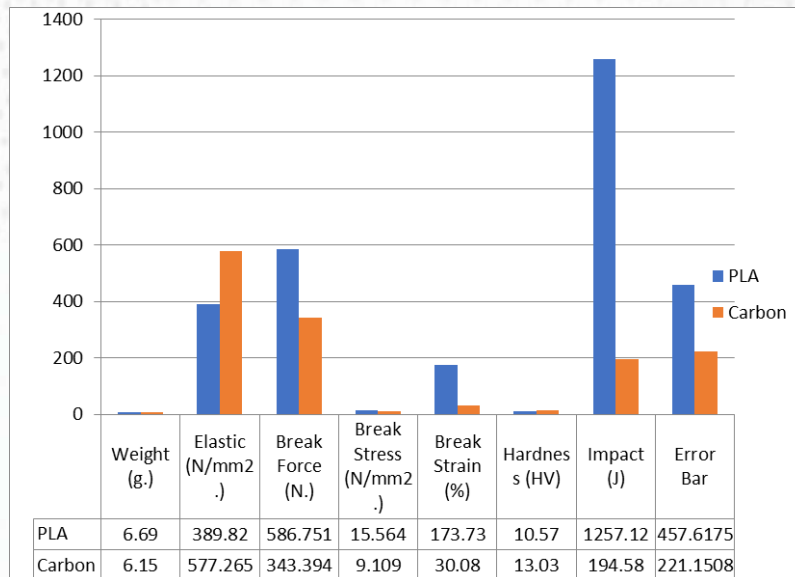
รูปที่ 25 การทดสอบโดยเทคนิคเฟสอาร์เรย์อัลตราโซนิก (ก) การหารอยความไม่ต่อเนื่องโดยอุปกรณ์เสริมจากเส้นใยคาร์บอน (ข) การหารอยความไม่ต่อเนื่องโดยอุปกรณ์เสริมจากพลาสติกชนิด PLA (ค) การหารอยความไม่ต่อเนื่องโดยอุปกรณ์เสริมชิ้นงานที่วางขายท้องตลาด

4. บทสรุป

จากผลงานวิจัย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

-การแสดงผลการวิเคราะห์ของผลการศึกษาการทดสอบเพื่อบอกความคลาดเคลื่อนและความเหมาะสมของวัสดุและข้อมูลของการเปรียบเทียบวัสดุทั้ง 2 ชนิด การศึกษาการเปรียบเทียบของวัสดุทั้ง 2 วัสดุนั้นคือวัสดุพลาสติกชนิด PLA และเส้นใยคาร์บอน พบว่าการเลือกใช้วัสดุที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับการนำมาออกแบบอุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการทดสอบเฟสอาร์เรย์อัลตราโซนิกคือวัสดุพลาสติกชนิด PLA เพราะการทดสอบสมบัติทางกลที่ได้ทำการทดสอบนั้นจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยรวมหรือผลรวมทั้งหมดที่ได้ทำการรวบรวมมาจากการทดสอบของทั้ง 2 วัสดุนั้น วัสดุพลาสติกชนิด PLA มีสมบัติทางกลที่

ดีกว่าเส้นใยคาร์บอน ซึ่งทนต่อการแตกหัก ทนต่อความเค้นและความเครียด และทนต่อแรงกระแทกได้ดีกว่า และคาดว่าจะมีอายุการใช้งานได้นานกว่าเส้นใยคาร์บอน



-อุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการทดสอบที่มีอยู่ในท้องตลาดตัวอย่างเช่น ROTIX - Reduced Width Scanner ไม่สามารถปรับขนาดของสายได้ตามต้องการมีผลทำให้ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ทุกครั้งที่เปลี่ยนชิ้นงานขนาดของท่อ ทำให้มีความสิ้นเปลืองแต่อุปกรณ์เสริมที่ช่วยในการทดสอบเฟสอาร์เรย์ผู้วิจัยได้ทำขึ้นสามารถปรับขนาดได้ ตั้งแต่ 50 ถึง 100 เซนติเมตร และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำงานรวมถึงลดขั้นตอนในการทำงานได้อย่างมาก และผลการทดสอบจากการใช้เครื่อง Ultrasonic Testing ด้วยเทคนิคเฟสอาร์เรย์อัลตราโซนิก เพื่อตรวจสอบรอยความไม่ต่อเนื่องนั้นได้ค่าที่ไม่ผิดพลาดเช่นเดียวกับสินค้าตามท้องตลาดทั่วไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] JIREH INDUSTRIES, "ROTIX - Reduced Width Scanner", <https://www.jireh.com/products/rotix-reduced-width-scanner>, 1 December 2019.
- [2] Pierre-Hugues Allard "Phased Array Ultrasound Technique (PAUT)", <https://eddyfi.com/en/technology>, 1 December 2019
- [3] จิระศักดิ์ ธาระจักร์. การทดสอบแรงดึง. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร. 2563.
- [4] สุวินัยสินโพธิ์, "การทดสอบด้วยแรงกระแทก", <http://research.mutsb.ac.th/fullpaper/2556/2556239509815.pdf>, 1 มีนาคม 2563.
- [5] คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยพะเยา, "การทดสอบความแข็ง", <http://engineeringmaterialproject.blogspot.com/2015/12/3.html>, 2 มีนาคม 2563.

อัตราส่วนที่เหมาะสมของการเลี้ยงแบคทีเรียที่มีประโยชน์ผสมหลายสายพันธุ์เพื่อพัฒนาเป็น ชีวภัณฑ์ในการย่อยสลายสารเคมีตกค้าง

Optimized Proportion of Combination Beneficial Bacteria Strains for Development Bioproduct for Degradation Chemical Residue

ปัญญาพร อติขภาส¹ และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

*Email: wchuaboon@gmail.com

บทคัดย่อ

อัตราส่วนที่เหมาะสมของการเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์ 3 สายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารเคมีที่ตกค้างในดินทางการเกษตร ได้แก่ สายพันธุ์ SP-TU-C (กลุ่มไพเรทรอยด์), SP-TU-15-2 (กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต) และ SP-TU-2-12Y (กลุ่มคาร์บาเมต) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design ; CRD) โดยชักนำการต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ 2 ชนิด ได้แก่ Amoxicillin และ Azithromycin เพื่อติดตามเครื่องหมายติดตาม พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 3000 ppm และ 50 ppm เป็นระดับความเข้มข้นสูงสุดที่แบคทีเรียสายพันธุ์ SP-TU-15-2 และ SP-TU-2-12Y สามารถเจริญได้ ขณะที่สายพันธุ์ SP-TU-C สามารถต้านทานต่อสารปฏิชีวนะทั้ง 2 ชนิดที่ระดับความเข้มข้นเดียวกับแบคทีเรีย SP-TU-15-2 และ SP-TU-2-12Y นำแบคทีเรียที่ผ่านการติดตามด้วยสารปฏิชีวนะมาเลี้ยงร่วมกัน พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อผสม 3 สายพันธุ์คือ SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2 ในอัตราส่วน 1 : 1 : 3 มิลลิลิตร ในอาหารเพิ่มปริมาณ NB (nutrient broth) โดยมีประชากรเชื้อที่ใกล้เคียงกันคือ 6×10^{17} : 5.5×10^{17} : 2.3×10^{17} โคโลนี/มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของการเลี้ยงเชื้อผสมหลายสายพันธุ์ นำมาสู่การพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ในรูปแบบของเม็ดบีดส์ด้วยวิธี Spherification โดยการเลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหาร NB และตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรียบนอาหาร NGA (nutrient glucose agar) พบว่า เชื้อผสม 3 สายพันธุ์ ยังคงมีประชากรเชื้อใกล้เคียงกับการเลี้ยงเชื้อสด โดยการศึกษาต่อในอนาคตคือการพัฒนาต่อยอดเป็นชีวภัณฑ์ที่ง่ายต่อการใช้อายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน และขนส่งสะดวก

คำสำคัญ: แบคทีเรียที่มีประโยชน์ แบคทีเรียผสมหลายสายพันธุ์ ชีวภัณฑ์

Abstract

The optimal ratio for culture of beneficial bacteria. Beneficial bacteria are biodegradable chemical residue: SP-TU-C (Pyrethroid groups), SP-TU-15-2 (Organophary groups) and SP-TU-2-12Y (Carbamate groups). The experiment was arranged with Completely randomized design (CRD). The 3-strain of beneficial bacteria was induced to resistance with Amoxicillin and Azithromycin antibiotics, the strain SP-TU-C (3000 ppm) and SP-TU-15-2 (50 ppm) resistance to Azithromycin and Amoxicillin respectively, whereas SP-TU-2-12Y resistance for both of these antibiotics. Optimized ratio of these 3-strain combination, SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2 with 1 : 1 : 3 ml cultured in NB (nutrient broth) 1 liters. The population of beneficial bacteria strains SP-TU-2-12Y: SP-TU-C : SP-TU-15-2 were 6×10^{17} : 5.5×10^{17} : 2.3×10^{17} cfu/ml, respectively. After that, use the optimal ratio to develop a bioproduct with Spherification

technique by raising increases in NB and verifying bacterial viability on NGA (nutrient glucose agar). The result found that number of population of these 3-strain similar when culture with fresh cell. Further research is development the bioproduct that easy to use, long shelf life, and convenient for transportation.

Keywords: beneficial bacteria, combination beneficial bacteria strains, bioproduct

1. บทนำ

การทำเกษตรกรรมมักมีปัจจัยที่ส่งผลทำให้ผลิตผลทางการเกษตรในแต่ละรอบการเพาะปลูกไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์เนื่องจากปัจจัยภายนอกและภายในของพืชปลูก ซึ่งโรคและแมลงศัตรูพืชเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญในการผลิตพืช จึงต้องมีวิธีการป้องกันและกำจัด เช่น การทำเกษตรกรรมที่ดี การใช้สารเคมี การใช้ชีววิธี เป็นต้น การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคและแมลงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกร เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และประหยัดเวลา เป็นวิธีป้องกันกำจัดโรคและแมลงที่สามารถให้ผลทันที แต่การ [1] ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมักพบการตกค้างในสิ่งแวดล้อมทั้งดินหรือแหล่งน้ำบริเวณแปลงปลูก เพราะอัตราการสลายตัวหรือค่าครึ่งชีวิต (half-life) ของสารเคมีมีความแตกต่างกันตามชนิดและสภาพแวดล้อมในการใช้ ถ้าสารเคมีตัวใดมีการสลายตัวช้าจะทำให้เกิดการตกค้าง ซึ่งการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะทำให้ดินแปลงปลูกเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่มีผลตกค้างระยะยาว เมื่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชซึมลงสู่ดิน จะส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในดิน รวมทั้งจุลินทรีย์ในดินได้รับผลกระทบโดยตรง เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสารเคมีจะทำให้คุณสมบัติดินต่างและสภาพทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลง ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้นจึงมีการบำบัดสารเคมีทางการเกษตรที่ตกค้างในดิน การใช้แบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการฟื้นฟูสภาพดินที่มีการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่ง [2] จุลินทรีย์ในธรรมชาติบางชนิดจะมีความสามารถในการปรับตัวให้ทนต่อสารเคมีและสามารถใช้สารเคมีที่ตกค้างเป็นแหล่งอาหารและพลังงานได้ เช่น แบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. strain ADP ที่สามารถย่อยสลายสารกำจัดวัชพืชให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับแอมโมเนีย นอกจากนี้มีงานวิจัย พบว่า [3] แบคทีเรีย *Aeromonas* spp. 2 สายพันธุ์ที่แยกได้จากดินปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา สามารถย่อยสลายพาราควอตได้ 24.36% และ 53.4% และจากการวิจัยของฟ้าไพลิน และคณะ (2562) พบว่า แบคทีเรียที่มีประโยชน์สายพันธุ์ SP-TU-C มีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยสลายสารเคมีตกค้างในกลุ่มไพรีทรอยด์ โดยใช้เวลาเพียง 7 วันในการย่อยสลายสารเคมีที่ตกค้างในดินให้อยู่ในระดับปลอดภัยเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดทดสอบควบคุมและหลอดทดสอบตัดสินที่มีระดับสีที่จางกว่า จุฑารัตน์ และคณะ (2562) พบว่า แบคทีเรียที่มีประโยชน์สายพันธุ์ SP-TU-15-2 สามารถย่อยสลายสารเคมีตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตได้ถึง 44.54% หลังทดสอบในดินจำลองเป็นเวลา 7 วัน และสามารถย่อยสลายสารเคมีไม่ให้เหลือที่ตกค้างในดินได้ถึง 94.01% หลังทดสอบในดินจำลองเป็นเวลา 14 วัน ซึ่งภาวิณี และคณะ (2562) พบว่า แบคทีเรียที่มีประโยชน์สายพันธุ์ SP-TU 2-12Y มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายสารเคมีตกค้างคาร์โบซัลแฟน (กลุ่มคาร์บาเมต) โดยสามารถย่อยสลายสารคาร์โบซัลแฟนที่ปนเปื้อนในดินจำลองได้ถึง 31% และ 52% เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน จากการวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีแบคทีเรียที่มีประโยชน์หลายสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารเคมีที่ปนเปื้อนในดินได้ แต่การนำแบคทีเรียที่มีประโยชน์มาใช้อย่างพอจำกัดในด้านการเก็บรักษา การใช้งานที่ค่อนข้างยุ่งยาก รวมถึงปัญหาการเลี้ยงเชื้อร่วมกันหลายสายพันธุ์ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากเชื้อแต่ละชนิดที่มีกลไกต่างกันเมื่อนำมาเลี้ยงร่วมกันมักเกิดปัญหาการยับยั้งกันเอง ส่งผลให้สูญเสียแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่เลี้ยงร่วมบางชนิด ทำให้การพัฒนาชีวภัณฑ์สำหรับเชื้อผสมหลายสายพันธุ์ทำได้ยากมาก จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์งานวิจัยในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ผสมหลายสายพันธุ์เพื่อพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ในการย่อยสลายสารเคมีตกค้างในดินทางการเกษตร

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์

นำแบคทีเรียที่มีประโยชน์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ [4] สายพันธุ์ SP-TU-C, [5] SP-TU-15-2 และ [6] SP-TU-2-12Y ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารเคมีที่ตกค้างในดินทางการเกษตรในกลุ่มของไพรีทรอยด์ ออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต ซึ่ง

ทำการเลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหาร nutrient glucose agar (NGA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียเชื้อผสม

2.2.1. ติดเครื่องหมายติดตามแบคทีเรียที่มีประโยชน์

การศึกษานี้ใช้สารปฏิชีวนะเป็นเครื่องหมายติดตามเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ โดยชักนำการต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ การทดลองนี้ใช้สารปฏิชีวนะ 2 ชนิด ได้แก่ 1) Azithromycin dehydrate (ชื่อทางการค้า Floctil 250), 2) Amoxicillin (Coamox 500 mg) วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) 3 ซ้ำ นำเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์สายพันธุ์ SP-TU-C, SP-TU-15-2 และ SP-TU-2-12Y (จากข้อ 2.1) เลี้ยงบนอาหาร NGA ที่ผสมสารปฏิชีวนะแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 10, 50, 100, 1000, 2000, 3000, 5000, 10000 และ 50000 ppm ตรวจสอบการเจริญของเชื้อแต่ละชนิดบนอาหารหลังบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คัดเลือกความเข้มข้นของสารปฏิชีวนะสูงที่สุดที่เชื้อแต่ละสายพันธุ์เจริญได้เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.2.2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยนำแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่ผ่านการติดเครื่องหมายติดตามจากข้อ 2.2.1 เลี้ยงในอาหาร nutrient broth (NB) ปรับระดับความเข้มข้นประมาณ 1×10^8 โคโลนี/มิลลิลิตร มาผสมตามอัตราส่วนต่าง ๆ (ตารางที่ 1) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ผสมหลายสายพันธุ์ บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง บนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ด้วยวิธี Plate count บนอาหาร NGA ที่ผสมด้วยสารปฏิชีวนะความเข้มข้นสูงที่สุดที่เชื้อแต่ละชนิดสามารถเจริญได้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อผสมหลายสายพันธุ์

ลำดับที่	กรรมวิธี	อัตราส่วน (มล./อาหารเพิ่มปริมาณ 1 ลิตร)
1	SP-TU-2-12Y	1 : 0 : 0
2	SP-TU-C	0 : 1 : 0
3	SP-TU-15-2	0 : 0 : 1
4	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 1 : 1
5	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 1 : 2
6	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 1 : 3
7	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 2 : 1
8	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 3 : 1
9	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	2 : 1 : 1
10	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	3 : 1 : 1

2.3. การพัฒนาชีวภัณฑ์ในรูปแบบของเม็ดบีดส์

2.3.1. การเตรียมเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์

นำแบคทีเรียที่มีประโยชน์ทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการชักนำให้เกิดความต้านทานต่อสารปฏิชีวนะเลี้ยงในอาหาร NB ที่ผสมด้วยสารปฏิชีวนะที่เหมาะสมของเชื้อแต่ละสายพันธุ์ บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.3.2. การเก็บกักแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในเม็ดบีดส์

นำเชื้อแบคทีเรีย (ผ่านการชักนำให้เกิดความต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ) ที่ผ่านการเลี้ยงเพิ่มปริมาณ มาตกตะกอนเซลล์ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ปรับความเข้มข้นประมาณ 1×10^{15} โคโลนี/มิลลิลิตร หรือเท่ากับ O.D. 1.0 ด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร แล้ว

นำมาบรรจุลงในเม็ดบีดส์ โดยวิธี Spherification ดัดแปลงวิธีการของพัชรี และสุธีรา [7] เก็บรักษาเม็ดบีดส์โดยนำเม็ดบีดส์บรรจุในถุงฟลอยด์ปลอดเชื้อซีลปิดสนิทด้วยความร้อนและเก็บที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส

2.3.3 ทดสอบการปลดปล่อยเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในเม็ดบีดส์

นำแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่ถูกเก็บกักในเม็ดบีดส์ เลี้ยงผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อผสมที่ดีที่สุดจากตารางที่ 1 ในอาหาร nutrient glucose broth (NGB) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เขย่าบนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ด้วยวิธี Plate count บนอาหาร NGA ผสมด้วยสารปฏิชีวนะความเข้มข้นสูงสุดที่เชื้อแต่ละชนิดสามารถเจริญได้ ตรวจนับประชากรเชื้อที่คงความมีชีวิตหลังบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียเชื้อผสม

3.1.1 ติดเครื่องหมายติดตามแบคทีเรียที่มีประโยชน์

การติดเครื่องหมายติดตามด้วยสารปฏิชีวนะ พบว่า แบคทีเรียที่มีประโยชน์สายพันธุ์ SP-TU-15-2 สามารถเจริญได้บนอาหารที่ผสมด้วยสารปฏิชีวนะ Amoxicillin ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด เท่ากับ 3000 ppm ในขณะที่แบคทีเรียสายพันธุ์ SP-TU-2-12Y สามารถเจริญได้บนอาหารที่ผสมด้วยสารปฏิชีวนะ Azithromycin ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด เท่ากับ 50 ppm ส่วนแบคทีเรียที่มีประโยชน์สายพันธุ์ SP-TU-C สามารถเจริญได้ในอาหารที่ผสมสารปฏิชีวนะทั้ง 2 ชนิด คือ Amoxicillin และสารปฏิชีวนะ Azithromycin ที่ระดับความเข้มข้น 3000 ppm

จากการศึกษาพบว่า สารปฏิชีวนะ Amoxicillin จัดเป็นยาปฏิชีวนะในกลุ่มของ Penicillins และ Azithromycin เป็นยาปฏิชีวนะในกลุ่ม Macrolides โดยยาปฏิชีวนะทั้ง 2 กลุ่มจะถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคที่มีสาเหตุการติดเชื้อจากแบคทีเรีย การที่แบคทีเรียที่มีประโยชน์แต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการทนทานต่อสารปฏิชีวนะได้แตกต่างกัน มีความเป็นไปได้ที่แบคทีเรียทั้ง 3 สายพันธุ์จะมียีนต้านทานต่อสารปฏิชีวนะชนิดนั้น จากรายงานวิจัยของ ญัฐพล [8] พบว่าแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ที่มียีน *blaZ* (beta-lactam resistance gene) ควบคุมการสร้างเอนไซม์ β -lactamases ในการเข้าทำลายโครงสร้าง β -lactam ring ในสารปฏิชีวนะกลุ่ม Penicillins เช่นเดียวกับ *S. aureus* ที่มียีน *erm* (erythromycin ribosome methylase) ที่ทำให้เกิดกระบวนการ methylation บริเวณ 23S ribosomal ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป้าหมายของสารปฏิชีวนะกลุ่ม Macrolides, Lincosamide และ Streptogramin B (MLSB)

3.1.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่า อัตราส่วนของการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ผสมหลายสายพันธุ์ระหว่างเชื้อผสมสายพันธุ์ SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2 อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 1 : 1 : 3 มิลลิตร ในอาหาร

ตารางที่ 2 ประชากรเชื้อผสมที่เลี้ยงในอาหาร NGB ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ลำดับที่	กรรมวิธี	อัตราส่วน	ประชากรเชื้อ (cfu/ml)
1	SP-TU-2-12Y	1 : 0 : 0	$1.8 \times 10^{17} : 0 : 0$
2	SP-TU-C	0 : 1 : 0	$0 : 2.3 \times 10^{17} : 0$
3	SP-TU-15-2	0 : 0 : 1	$0 : 0 : 3.3 \times 10^{17}$
4	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 1 : 1	$5.9 \times 10^{10} : 4.4 \times 10^{17} : 2.9 \times 10^{12}$
5	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 1 : 2	$6.1 \times 10^{10} : 5.3 \times 10^{17} : 9 \times 10^{15}$
6	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 1 : 3	$6 \times 10^{17} : 5.5 \times 10^{17} : 2.3 \times 10^{17}$
7	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 2 : 1	$6.5 \times 10^{17} : 4.8 \times 10^{18} : 3.8 \times 10^{14}$
8	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	1 : 3 : 1	$1.8 \times 10^{15} : 3.6 \times 10^{18} : 2.8 \times 10^{12}$
9	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	2 : 1 : 1	$1.6 \times 10^{12} : 9 \times 10^{16} : 3.1 \times 10^{12}$
10	SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2	3 : 1 : 1	$1.9 \times 10^{17} : 9.5 \times 10^{16} : 1 \times 10^{16}$

เพิ่มปริมาณ NGB ปริมาตร 1 ลิตร โดยมีประชากรเชื้อแต่ละสายพันธุ์ เท่ากับ $6 \times 10^{17} : 5.5 \times 10^{17} : 2.3 \times 10^{17}$ โคโลนี/มิลลิลิตร หลังเลี้ยงเชื้อผสมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 2) จากเชื้อตั้งต้นความเข้มข้นประมาณ 1×10^{15} โคโลนี/มิลลิลิตร ในขณะที่อัตราส่วนอื่น ๆ จำนวนประชากรเชื้อที่มีชีวิตมีจำนวนแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน การเลี้ยงเชื้อผสมตั้งแต่ 2 สายพันธุ์ขึ้นไป ต้องศึกษาการเจริญร่วมที่ไม่ยับยั้งซึ่งกันและกัน เพื่อเชื้อผสมจะสามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ปริมาณมากอย่างเหมาะสม ดังเช่นงานวิจัยของสุนันทา และสุดฤดี [9] พบว่า การเลี้ยงเชื้อผสมระหว่างสายพันธุ์ KPS46 และ SP007s ที่เจริญในอาหาร VS medium (vinasse ผสมกากถั่วเหลือง) มีการเจริญของประชากรสูงที่สุด 3×10^{15} cfu/ml หลังเลี้ยงเชื้อผสมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อีกทั้งเชื้อผสมดังกล่าวยังสามารถยับยั้งและลดการติดเชื้อของเมล็ดถั่วเหลืองที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* สาเหตุโรคใบจุดนูน

3.2 การพัฒนาชีวภัณฑ์ในรูปแบบของเม็ดบีดส์

3.2.1 ทดสอบการปลดปล่อยเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในเม็ดบีดส์

นำแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่ถูกเก็บกักในเม็ดบีดส์ มาทดสอบการปลดปล่อยโดยนำไปเลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหาร NB พบว่า เชื้อทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถเจริญบนอาหารทดสอบที่ผสมด้วยสารปฏิชีวนะความเข้มข้นสูงสุดที่เชื้อแต่ละชนิดสามารถเจริญได้โดยมีอัตราส่วนของประชากรเชื้อสายพันธุ์ SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2 เท่ากับ $3.4 \times 10^{17} : 5.1 \times 10^{17} : 2.0 \times 10^{17}$ โคโลนี/มิลลิลิตร โดยจากผลการทดลองพบว่าเชื้อทั้ง 3 สายพันธุ์ถูกปลดปล่อยออกมาจากการกักเก็บในเม็ดบีดส์ได้ดี โดยมีการเจริญได้ดีในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน และเจริญได้ดีเทียบเท่ากับการเลี้ยงเชื้อที่ไม่ถูกกักเก็บในเม็ดบีดส์ สามารถสันนิษฐานได้ว่าแบคทีเรียที่มีประโยชน์ทั้ง 3 สายพันธุ์ อาจมีเอนไซม์ต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ Amoxicillin และ Azithromycin ร่วมกัน เพราะสามารถเจริญได้ดีบนอาหารทดสอบที่ผสมสารปฏิชีวนะทั้ง 2 ชนิดได้ และสัดส่วนที่เหมาะสมของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการเลี้ยงเพิ่มปริมาณเป็นผลทำให้เชื้อแบคทีเรียมีการเจริญเติบโตได้ดีในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

4. บทสรุป

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ [4] สายพันธุ์ SP-TU-C, [5] SP-TU-15-2 และ [6] SP-TU-2-12Y ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารเคมีที่ตกค้างในดินทางการเกษตรในกลุ่มของไพรีทรอยด์ ออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต ตามลำดับ เมื่อนำมาเลี้ยงร่วมกัน พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ SP-TU-2-12Y : SP-TU-C : SP-TU-15-2 อัตราส่วน 1 : 1 : 3 มิลลิลิตร ในอาหารเพิ่มปริมาณ NB ปริมาตร 1 ลิตร มีประชากรที่ใกล้เคียงกันทั้งแบคทีเรียที่เป็นเชื้อสดและแบคทีเรียที่ถูกกักเก็บไว้ในเม็ดบีดส์ เท่ากับ $6 \times 10^{17} : 5.5 \times 10^{17} : 2.3 \times 10^{17}$ และ $3.4 \times 10^{17} : 5.1 \times 10^{17} : 2.0 \times 10^{17}$ โคโลนี/มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังเลี้ยงเชื้อผสมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาชีวภัณฑ์ในรูปแบบหัวเชื้อเพิ่มปริมาณในการย่อยสลายสารเคมีตกค้างและควบคุมโรคพืชต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้รับทุนขอขอบคุณทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 (ตามบันทึกข้อตกลงเลขที่ 19/2562)

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] นิชากรณ ใจดี. 2562. พัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ช่วยย่อยสลายเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินทางการเกษตร. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [2] สุวรรณิ แทนธานี. 2555. จุลินทรีย์เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 60(190): 36-39.
- [3] Viriyawattana N. and S. Surachat. 2014. Biodegradation of paraquat by the novel bacteria strain, *Aeromonas veronii* NK67 from cassava fields in Thailand. Asian Journal Microbiology, Biotechnology & Environmental sciences paper. 16:1. 35-40.

- [4] ฟ้าไพลิน เกียรติชัยภา. 2562. คัดเลือกและจำแนกแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ที่ตกค้างในดินทางการเกษตร. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [5] จุฑารัตน์ พรหมสอน. 2562. คัดเลือกและจำแนกแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตกค้างในดินทางการเกษตร. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [6] ภาวิณี แสงสุข. 2562. คัดเลือกและจำแนกแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตที่ตกค้างในดินทางการเกษตร. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [7] พชร คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล. 2561. การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรด้วยเทคนิครีเวิร์สเฟสเพียรีฟิเคชัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 26(8): 1382-1393. ฟ้าไพลิน เกียรติชัยภา ดุสิต อธิวัฒน์ และ วิลาวรรณ เชื้อบุญ. 2563. คัดเลือกและจำแนกแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายไซเปอร์เมทรินที่ตกค้างในดินทางการเกษตร. ใน ประชุมวิชาการเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ครั้งที่ 7. วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563. ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. (manuscript)
- [8] ณัฐพล มั่งชูเกียรติสกุล. 2559. การศึกษารูปแบบการดื้อยาและยีนดื้อยาของเชื้อ *Staphylococcus aureus*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [9] สุนันทนา นุราภักดิ์ และสุดฤดี ประเทืองวงศ์. 2554. อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มกิจกรรมการยับยั้งโรคของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะสายพันธุ์ผสม. หน้า 131-140. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. วันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.

ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ Intruder Notification System on Line Application

ทิวต์ จังพานิช^{1*} สุวพงศ์ ปั่นงาม¹ และ สมจินต์ จันทระเจษฎากร¹

¹สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*Email: somjin@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ด้วยการเขียนคำสั่งภาษา C เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในการจับภาพด้วยเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวรุ่น HC-SR501 PRI เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวก็จะส่งคำสั่งไปยังกล้อง ESP32CAM ถ่ายภาพและส่งข้อมูลภาพไปยังแอปพลิเคชันไลน์ โดยกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้อยู่อาศัยในบ้านอาคารหรือที่อยู่อาศัย ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก และมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.03 เช่นเดียวกับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ออยู่ในระดับมาก และมีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 3.93

คำสำคัญ: แจ้งเตือนผู้บุกรุก เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว แอปพลิเคชันไลน์

Abstract

The purposes of this research are: to develop the intruder notification system on Line application, and to assess the satisfaction of users toward the intruder notification system on Line application. By writing C-language commands to control the operation of the capture device with the HC-SR501 PRI motion sensor. When the motion sensor detects movement, the command is sent to the ESP32CAM camera for taking pictures, and send them to the LINE application. The target group is home or building residents. The results of the evaluation of the expert user satisfaction of the intruder notification system on Line application was at high level, with an overall average of 4.03, as well as the evaluation of users satisfaction was at a high level, with an overall average of 3.93.

Keywords: Intruder Notification, Motion Sensor, Line Application

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ผู้คนส่วนใหญ่มักทำงานอย่างหนัก ไม่มีเวลาในการดูแลความปลอดภัยของทรัพย์สินภายในบ้าน และไม่อยู่เป็นเวลานาน จึงเป็นเรื่องง่ายที่กลุ่มคนมีเจตนาไม่ดีที่จะมาขโมยทรัพย์สินภายในบ้าน หรือมีคนอยู่ในบ้านก็อาจถูกทำร้ายร่างกายได้ ซึ่งเหตุการณ์ต่างๆ เหล่านี้ ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ดังนั้นจึงควรมีระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกมาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยแจ้งเจ้าของบ้านเมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาในบ้าน และสามารถติดตั้งตามจุดบริเวณต่างๆ ของบ้านได้ง่าย ซึ่งระบบนี้เป็นระบบที่ส่งรูปแจ้งเตือนไปยังเจ้าของบ้านผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ดังนั้นแม้ว่าเจ้าของบ้านจะไม่อยู่ก็สามารถรับรู้สิ่งผิดปกติจากการส่งรูปภาพเตือนเข้าที่โทรศัพท์มือถือ ทำให้ช่วยเฝ้าระวังทรัพย์สินของท่านได้ในระดับหนึ่ง

ดังนั้นคณะผู้จัดทำวิจัยจึงเห็นว่าควรจะนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้กับระบบความปลอดภัยภายในบ้าน คณะผู้ทำวิจัยมีความประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ชีวิตและทรัพย์สินภายในบ้าน โดยการเตือนภัยที่จะเกิดขึ้นภายในบ้านด้วยเซนเซอร์ตรวจจับผู้บุกรุกและถ่ายรูปส่งไปยังเจ้าของบ้าน ผ่านแอปพลิเคชันไลน์

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาและศึกษาระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ให้สำเร็จ
- 2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ [1] ผู้พัฒนาจึงมีแนวคิดในการพัฒนาการแจ้งเตือนความปลอดภัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการแจ้งเตือนสิ่งผิดปกติต่าง ๆ ระบบจะแจ้งเตือนให้กับผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ให้ทราบทันที โดยจะทำงานบนสมาร์ตโฟนที่สั่งการผ่านบอร์ดอาดูโน ใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาโดยเขียนผ่านซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า Arduino IDE1.6.12 และเซนเซอร์ต่าง ๆ ได้แก่ DHT-22 เพื่อรับค่าของอุณหภูมิและความชื้น MQ-2 เพื่อรับค่าควัน และ Adapter เพื่อวัดสถานะของไฟฟ้าเพื่อที่จะได้แก้ปัญหาดังกล่าว

ระบบตรวจจับแก๊สและแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านเครือข่าย GSM กรณีศึกษาเครื่องตรวจจับแก๊สและการแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านเครือข่าย GSM [2] เป็นการประยุกต์ใช้ GSM Module(SIM 300 CZ) กับเซนเซอร์ตรวจจับแก๊ส MQ-5 ซึ่งสั่งการด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (T89C51AC2) โดยใช้ภาษาซีเป็นตัวสั่งการ โดยเมื่อเครื่องสามารถตรวจจับแก๊สได้ก็จะแสดงค่าความเข้มข้นผ่านจอ LCD รวมทั้งจะเกิดเสียง Buzzer แจ้งเตือนด้วย

ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก แจ้งเตือนผ่านไลน์ [3] มีการทำงานโดยใช้ Arduino + wifi ที่การนำ ESP8266 / ESP8285 มาทำการเชื่อมต่อ WiFi และส่งข้อมูลไปที่ Line ของผู้ใช้ ผ่านทาง API ที่ทาง LINE การตรวจจับโดยใช้ระบบเซ็นเซอร์ควบคุมแจ้งสั่งการด้วยเสียงแล้วส่งไปยังไลน์

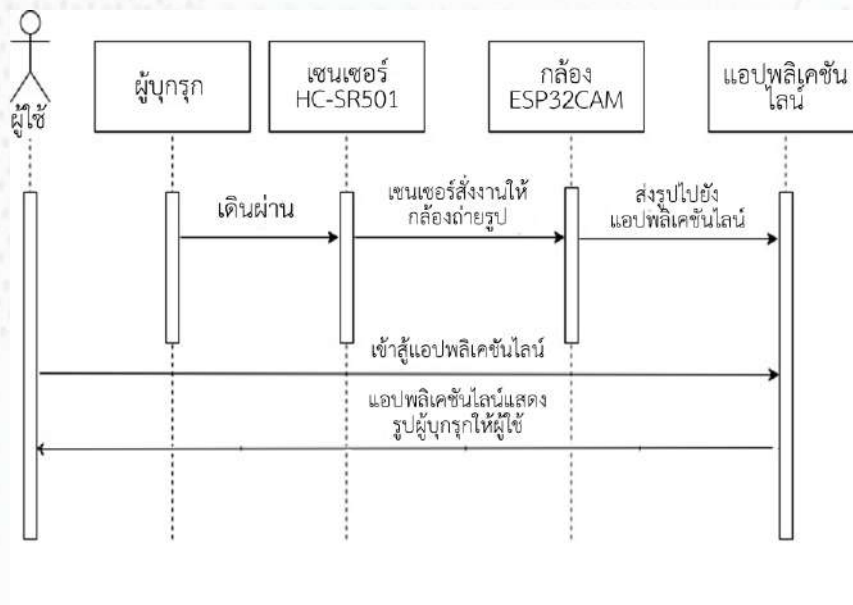
ชุดสาธิตระบบแจ้งเตือนผ่านระบบปฏิบัติการ Android [4] เป็นการสร้างโมเดลจำลองเป็นห้องชุดของคอนโดเพื่อสาธิตระบบแจ้งเตือน จะใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับ 5 ตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจจับความสั่นสะเทือน ระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับเปลวเพลิง ระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว ระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับแสง ระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับวัดแก๊สไวไฟ

ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยภายในบ้านผ่านแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ [5] เป็นการตรวจจับแก๊สกลุ่มควันและตรวจจับความเคลื่อนไหวผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยส่งข้อมูลผ่านไวไฟ ซึ่งแบ่งการทดสอบไว้เป็น 4 ช่วง คือ ทำการตรวจจับในบริเวณที่มีปริมาณแก๊สมาก ทำการตรวจจับในบริเวณที่มีปริมาณควันมาก ทำการตรวจจับในบริเวณมีสิ่งเคลื่อนไหวอยู่ และทำการตรวจทั้งหมดพร้อมกัน หากปริมาณแก๊ส ปริมาณควันและความเคลื่อนไหวมากกว่าค่าที่กำหนดไว้แอปพลิเคชันจะมีการทำงานโดยมีการแจ้งเตือนด้วยข้อความพร้อมเสียงปรากฏขึ้นที่หน้าจอ

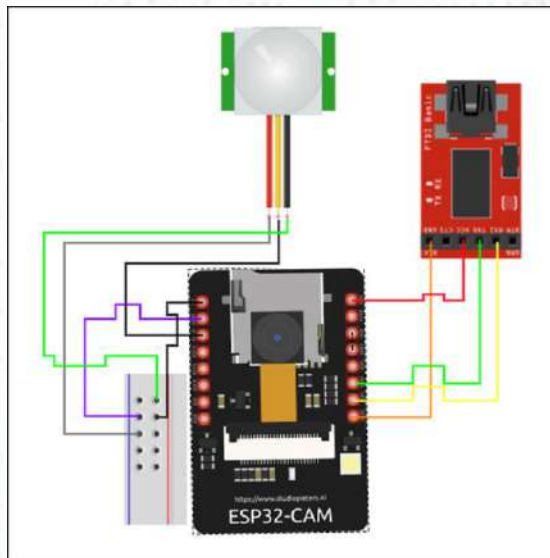
4. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบดังนี้

- 4.1 ศึกษางานวิจัยจากระบบเดิมที่ผ่านมา และปรึกษากับผู้ที่มีประสบการณ์ทางด้าน IoT
- 4.2 วิเคราะห์ระบบงานโดยรวมของระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับผู้บุกรุก Sequence Diagram ดังภาพที่ 1
- 4.3 ออกแบบอุปกรณ์ตรวจเซนเซอร์และกล่องตรวจจับใบหน้า ต่อวงจรโดยเริ่มต่อขา 5V จาก USB TTL FT232 RL ไปยังขา 5V ของบอร์ดESP32CAM ต่อขา 3V จาก USB TTL FT232 RL ไปยังขา 5V ของบอร์ด ESP32CAM ต่อขา GND ไปยังขา GND ของบอร์ด ESP32CAM ต่อขา 5V จาก USB TTL FT232 RL ไปยังขา 5V ของเซนเซอร์ HC-SR501 PRI Sensor ต่อขา GND จาก USB TTL FT232 RL ไปยังขา GND ของเซนเซอร์ HC-SR501 PRI Sensor ต่อขาควบคุมจาก ESP32CAM ไปยังขา Output ของเซนเซอร์ HC-SR501 PRI Sensor เพื่อส่งกระแสไฟควบคุมการทำงานโดยการทำงานจะเริ่มต้นเมื่อมีคนผ่านเซนเซอร์ เซนเซอร์ก็จะส่งค่าไปยังESP32CAM ให้ส่งถ่ายรูปและส่งภาพไปยังแอปพลิเคชันไลน์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับผู้บุกรุก (Sequence Diagram)



ภาพที่ 2 ภาพแสดงขั้นตอนการออกแบบการต่อวงจรอุปกรณ์ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก

4.4 การพัฒนาระบบด้วยการเขียนคำสั่งภาษา C ควบคุมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ HC SR501 ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว เชื่อมต่อกับบอร์ด ESP32-CAM กล้องตรวจจับใบหน้าและทำการถ่ายภาพ และส่งข้อมูลภาพเข้าไปในแอปพลิเคชันออนไลน์ โดยใช้ Line Notify รับภาพและข้อความให้แก่ผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 3

4.5 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์การตรวจสอบระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันออนไลน์ นั้นผู้พัฒนาระบบได้ทำการทดสอบระบบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของอุปกรณ์จับภาพ และส่วนการแสดงผลในแอปพลิเคชันออนไลน์ โดยอิงจากผู้ใช้งาน ในเรื่องของความปลอดภัยและความเข้าใจง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ โดยจำลองสถานการณ์การ ในการทดสอบ



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของผังระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4.5 ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์การตรวจสอบระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ นั้นผู้พัฒนาระบบได้ทำการทดสอบระบบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของอุปกรณ์จับภาพ และส่วนการแสดงผลในแอปพลิเคชันไลน์ โดยอิงจากผู้ใช้งาน ในเรื่องของความปลอดภัยและความเข้าใจง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ โดยจำลองสถานการณ์การ ในการทดสอบ

5. ผลการศึกษา

การทำงานของระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อตรวจจับผู้บุกรุกที่เข้ามาภายในพื้นที่ส่วนตัว โดยจะใช้แอปพลิเคชันไลน์ในการรับรูปภาพที่ถ่ายจากอุปกรณ์และบริการแจ้งเตือน Line Notify สำหรับเข้าระบบเพื่อส่งการแจ้งเตือนผ่านแชทแอปพลิเคชันไลน์ อุปกรณ์จะมีเซนเซอร์ HC-SR501 PIR และกล้องถ่ายรูป ESP32 CAM เมื่อมีผู้บุกรุกผ่านเซนเซอร์กล้องจะทำการถ่ายภาพแล้วส่งไปที่แอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์

รายการ	ผลการทดสอบ	
	ใช้งานได้	ไม่สามารถใช้งานได้
1. ตำแหน่งเสียบจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	✓	
2. กล้องสามารถถ่ายรูปหลังจากเซนเซอร์ทำงาน	✓	
3. เซนเซอร์สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหว	✓	
4. ตำแหน่งเสียบจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อย่างเหมาะสม	✓	
5. ติดตั้งอุปกรณ์ภายในพื้นที่ของผู้ใช้งาน	✓	
6. เข้าสู่ระบบ Line Notify เพื่อ Access Token	✓	
7. อุปกรณ์เชื่อมต่อกับ Line Notify	✓	
8. อุปกรณ์สามารถทำการถ่ายรูป	✓	
9. สามารถดูรูปในแอปพลิเคชันไลน์	✓	

ผลการประเมิน

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ [6]

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

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญต่อระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์

รายละเอียดแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการออกแบบและการตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน			
1. ความเข้าใจในการใช้งาน	4.40	0.65	มาก
2. ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.40	0.89	มาก
3. ความเหมาะสมของพื้นที่ในการติดตั้งระบบ	3.80	0.84	มาก
4. จุดประสงค์ในการทำงานของระบบที่ชัดเจน	4.00	0.71	มาก
5. คุณภาพของการแสดงผลในระบบ	4.00	0.71	มาก
ด้านชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน			
1. ชุดอุปกรณ์ง่ายต่อการใช้งาน	4.40	0.55	มาก
2. ขนาดของอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสม	3.60	0.55	มาก
3. วิธีการใช้งานที่ชัดเจนไม่ซับซ้อน	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความสามารถของระบบเมื่อนำมาใช้งานจริง	3.80	0.84	มาก
5. คุณภาพและความทันสมัยของชุดอุปกรณ์	4.20	0.89	มาก
ด้านประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ			
1. ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.00	0.71	มาก
2. ความเหมาะสมของระบบงาน	4.40	0.89	มาก
3. ความแม่นยำของข้อมูล	3.80	0.84	มาก
4. ความถูกต้องของการออกแบบระบบ	3.60	0.55	มาก
5. ความง่ายต่อการใช้งานระบบ	3.60	0.89	มาก
โดยรวม	4.03	0.77	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจผู้เชี่ยวชาญต่อระบบการแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.03 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77 ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

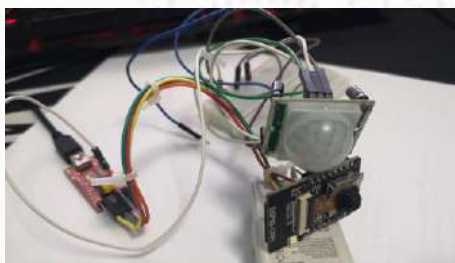
ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์

รายละเอียดแบบสอบถาม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการออกแบบและการตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน			
1. ความเข้าใจในการใช้งาน	3.20	0.84	ปานกลาง
2. ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.40	0.89	มาก
3. ความเหมาะสมของพื้นที่ในการติดตั้งระบบ	3.60	0.55	มาก
4. จุดประสงค์ในการทำงานของระบบที่ชัดเจน	4.00	0.71	มาก
5. คุณภาพของการแสดงผลในระบบ	3.80	0.84	มาก
ด้านชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน			
1. ชุดอุปกรณ์ง่ายต่อการใช้งาน	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ขนาดของอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสม	4.00	0.71	มาก
3. วิธีการใช้งานที่ชัดเจนไม่ซับซ้อน	3.60	0.89	มาก
4. ความสามารถของระบบเมื่อนำมาใช้งานจริง	4.00	0.71	มาก
5. คุณภาพและความทันสมัยของชุดอุปกรณ์	3.60	0.89	มาก

ด้านประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ			
1. ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.20	0.84	มาก
2. ความเหมาะสมของระบบงาน	4.40	0.89	มาก
3. ความแม่นยำของข้อมูล	3.60	0.55	มาก
4. ความถูกต้องของการออกแบบระบบ	3.60	0.55	มาก
5. ความง่ายต่อการใช้งานระบบ	3.60	0.89	มาก
โดยรวม	3.93	0.75	มาก

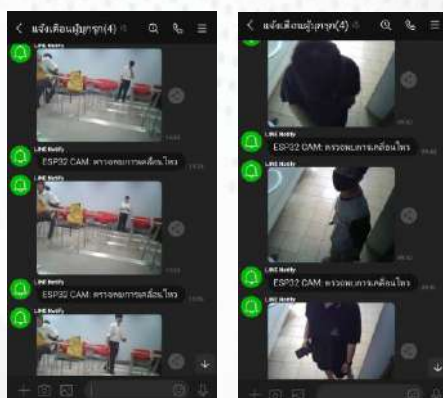
จากตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานต่อระบบการแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 3.93 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.75 ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ผลการศึกษา การทำงานของชุดอุปกรณ์ และการส่งข้อมูลบนแอปพลิเคชันไลน์ เริ่มจากวางบอร์ดกล้องในแนวนอนและวางเซนเซอร์ไว้นอกห้อง จากนั้นเริ่มการทำงานของชุดอุปกรณ์โดยการเสียบ USB อุปกรณ์จะเริ่มทำงานผ่านไป 10 วินาที ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงการต่อวงจรแบบสมบูรณ์

โดยถ้าหากมีผู้บุกรุกเข้ามาในรัศมีของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว จะทำให้กล้องถ่ายภาพผู้บุกรุกและส่งข้อมูลรูปภาพพร้อมข้อความแจ้งเตือนมายังแอปพลิเคชันไลน์ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงผลแอปพลิเคชันไลน์ที่กำลังเตือนผู้บุกรุกโดยรายละเอียด

6. สรุปผลการศึกษา

ระบบการแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เหมาะสำหรับเป็นอุปกรณ์เสริมภายในบ้านเพื่อไว้เป็นอุปกรณ์เสริมภายในบ้าน โดยการทำงานผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตกับตัวอุปกรณ์ โดยมีการทำงานอุปกรณ์จะมีเซนเซอร์ HC-SR501 PIR ตรวจจับการเคลื่อนไหวบริเวณที่ติดตั้ง และบอร์ด ESP 32 CAM ที่มีกล้องติดอยู่ เมื่อมีผู้บุกรุกผ่านเซนเซอร์ก็จะ

ทำการถ่ายภาพแล้วนำไปยังแอปพลิเคชันไลน์บนสมาร์โฟนของผู้ใช้งาน นั้นเป็นภาพที่ส่งมาทันที และสามารถไปดำเนินการคดีตามกฎหมายกับผู้บุกรุกบ้านได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้

โดยจากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานที่มีต่อระบบการแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ มีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.03 อยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 3.93 อยู่ในระดับมาก

7. อภิปรายผลการศึกษา

การทำโครงการครั้งนี้ เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลทั้งหมดถึงความเป็นไปได้ในการทำโครงการขึ้นนี้ว่าต้องใช้อุปกรณ์เพื่อให้รองรับการทำงานให้เป็นไปตามรูปแบบและขอบเขตที่ไดวางแผนไว้ ซึ่งอาจมีการปรับปรุงแก้ไขในส่วนของผู้กรณ์จริงในส่วนของการซอฟต์แวร์ที่นำไปใช้ในการทำงาน นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ทำขึ้นมาใช้งาน เพื่อทดสอบระบบตามแนวคิดที่ออกแบบไว้ นั้นผลที่ได้หลังจากการทดลองสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานปรากฏที่ได้นำพอใจ โดยการพัฒนาระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านแอปพลิเคชันไลน์ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา C โดยใช้อุปกรณ์ HC-SR501 PRI Sensor เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว โดยมีระยะการตรวจจับ 5-7 เมตร ถ้ามีการเคลื่อนไหวตรงเซ็นเซอร์จะส่ง ESP32-CAM ถ่ายภาพไปที่แอปพลิเคชันไลน์ ซึ่งจะส่งได้ 50รูปต่อชั่วโมง จากที่เคยที่เซ็นเซอร์ส่งค่าให้กล้องถ่ายภาพจะอยู่ที่ 5 วินาที และรูปภาพที่ได้มีความชัดพอสมควร ผู้ดูแลระบบติดตั้งอุปกรณ์ให้กับผู้ใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้ และเชื่อม Line Notify ให้กับผู้ใช้งาน จึงจะสามารถทำงาน สอดคล้องกับ [3] โชคชัย หอมสมบัติ และจรรยา ดงใจ (2561) ทำระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก แจ้งเตือนผ่านไลน์การทำงานโดยใช้ Arduino + wifi ที่การนำ USB TTL FT232RLและESP32CAM มาทำการเชื่อมต่อ WiFi และส่งข้อมูลไปที่ Line ของผู้ใช้ ผ่านทาง API ที่ทาง LINE การตรวจจับโดยใช้ระบบเซ็นเซอร์ควบคุมแจ้งสั่งการด้วยเสียงแล้วส่งไปยังไลน์

8. ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรพัฒนาในเรื่องการจับใบหน้าและจดจำใบหน้าคนได้
- 2) ควรพัฒนาแหล่งจ่ายพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่แทนการใช้ปลั๊กเสียบ
- 3) ควรใช้อุปกรณ์กล้องอินฟราเรด จะทำให้ตอนกลางคืนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 4) ควรเพิ่มอุปกรณ์แฟลชให้กับกล้อง จะทำให้การถ่ายภาพตอนกลางคืนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชะห์ลิ้น เหลาหมี่, รุสสัน หะมะ. “ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์”, <http://gg.gg/Lt5l2/1>, 26 สิงหาคม 2563.
- [2] บุญครอง วิวัฒน์วานิชวงศ์, พงศ์ศักดิ์ สุวรรณหา, วิวัฒน์ อุตโยธยา. “ระบบตรวจจับแก๊สและแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านเครือข่าย GSM”, <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/7172/2/Fulltext.pdf>, 26 สิงหาคม 2563.
- [3] ธนดล มลายเวช, ธนัชพล อินุเพท, มนัสนันท์ สิงห์พันธุ์. “ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในบ้านผ่านแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์”, <http://ir.swu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/5085/2/PRO2395.pdf>, 26 สิงหาคม 2563.
- [4] โชคชัย หอมสมบัติ, จรรยา ดงใจ. “ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก แจ้งเตือนผ่านไลน์”, http://sv.mtc.ac.th/inno/files/project_merged.pdf, 25 สิงหาคม 2563.
- [5] ณัฐพล ทิพย์พงศ์ทอง. “ชุดสาธิตระบบแจ้งเตือน ผ่านระบบปฏิบัติการ Android”, <http://gg.gg/Lt5ps>, 26 สิงหาคม 2563.
- [6] วัลลภ รัฐฉัตรานนท์. “เทคนิคการสร้างเครื่องมือและการรวบรวมข้อมูลการวิจัย ลิเคิทสเกล Likert”, http://rlc.nrct.go.th/ewt_dl.php?nid=1176, 3 สิงหาคม 2563.

การออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด Designing of a Hybrid Solar Dryer

กิตติพัฒน์ ศรีเจริญ^{1*} และ กิตติพงศ์ ศรีเจริญ¹

¹สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

*Email: Kittipat-S@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและทดลองเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริดโดยใช้กล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบในการทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พลังงานความร้อนร่วมกับฮีตเตอร์อินฟราเรด โดยผลการทดลองที่ได้จากการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อินฟราเรดใช้ระยะเวลาในการอบแห้งกล้วย 1-3 วันเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ใช้ระยะเวลา 3-5 วัน

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ การใช้ความร้อนร่วม กล้วยน้ำว้า

Abstract

This research is to develop and experiment the hybrid solar dryer by using cultivated banana as the ingredient in the experiment. The objective is to design, create and test the hybrid solar dryer that using heat energy with infrared heater the results obtained from the use of solar heat and infrared heater were used for 1-3 days of drying time compared with 3-5 days of solar heat drying.

Keywords: Solar dryer, combined heat, Bananas

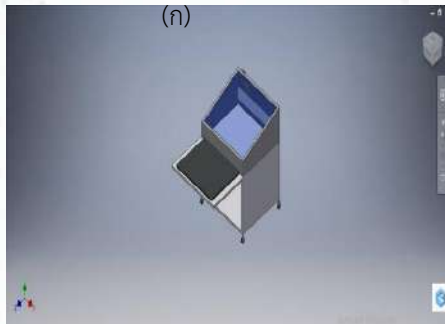
1. บทนำ

ปัจจุบันสินค้าทางการเกษตรจากเกษตรกรเช่น กล้วย มีปัญหาเนื่องจากมีสินค้าเกินความต้องการของตลาด ทำให้ผลผลิตเสื่อมสภาพและเน่าเสียตามกาลเวลา จึงได้ศึกษาทางงานวิจัยเกี่ยวกับการเก็บผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งการอบแห้งถือได้ว่าเป็นวิธีการเก็บรักษาผลผลิตที่คนไทยใช้กันมาอย่างยาวนาน [1] แต่การอบแห้งโดยทั่วไปใช้วิธีการตากแดดซึ่งจะมีปัญหาอยู่ที่สภาพอากาศในฤดูฝนทำให้ไม่สามารถนำผลผลิตมาตากแดดข้างนอกได้ ทำให้สินค้าแห้งช้า และใช้ระยะเวลาในการตากแดดที่นานประมาณ 4-5 วัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดระยะเวลาการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้หลอดฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งความร้อนมีข้อดีคือสามารถให้ความร้อนกับวัตถุได้ถึงเนื้อในของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริดนี้สามารถให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ได้ในขณะที่แสงอาทิตย์อ่อนได้รวมถึงเคลื่อนย้ายได้สะดวก [2] โดยที่คุณสมบัติการนำความร้อนของกล้วยน้ำว้าที่มีความชื้นร้อยละ 45-65 ที่อุณหภูมิ 60-101 องศาเซลเซียสจากการหาค่าความร้อนจำเพาะโดยวิธี Modified method of mixture ค่าสภาพนำความร้อนด้วยวิธี thermal conductivity probe และค่าสภาพแพร่ความร้อนด้วยวิธี thermal diffusivity tube พบว่าในช่วงอุณหภูมิสูง (60-100 องศาเซลเซียส) ค่าความร้อนจำเพาะ ค่าสภาพนำความร้อน และสภาพแพร่ความร้อนของกล้วยน้ำว้ามีค่า 0.5813-0.8154 แคลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส 0.4103-0.9667 วัตต์/เมตร องศาเซลเซียส และ 2.3069×10^{-7} เมตร²/วินาที ตามลำดับ

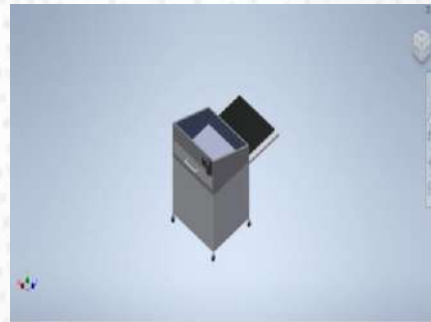
2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการเขียนแบบตัดแปลงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การเขียนแบบเพื่อตัดแปลงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นั้น จะใช้โปรแกรม Autodesk Inventor ในการเขียนแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้ในการติดตั้งหลอดฮีทเตอร์อินฟราเรดกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 55 วัตต์ โดยออกแบบให้ฐานด้านล่างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถวางแบตเตอรี่และอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ โดยขนาดของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความกว้าง 69 cm. สูง 105 cm. และยาว 78 cm โดยวัสดุที่ใช้จะเป็นแผ่นอลูมิเนียม เหล็กกล้าปาวาไนต์ แผ่นโพลีโพรพิลีน โดยแผ่นอลูมิเนียมจะใช้เป็นส่วนตู้อบแห้ง เหล็กกล้าปาวาไนต์ใช้ทำเป็นโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง



(ก)



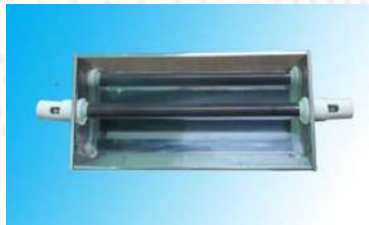
(ข)

ภาพที่ 1 (ก) ภาพด้านหน้าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม Autodesk Inventor

(ข) ภาพด้านหลังเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม Autodesk Inventor

2.2 ขั้นตอนการติดตั้งหลอดฮีทเตอร์อินฟราเรด

นำหลอดฮีทเตอร์อินฟราเรดพร้อมโคมมาติดตั้งในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตัดแปลงให้สามารถติดตั้งโคมพร้อมกับหลอดฮีทเตอร์อินฟราเรดได้



ภาพที่ 2 รูปหลอดฮีทเตอร์อินฟราเรดพร้อมโคม

โดยติดตั้งหลอดฮีทเตอร์อินฟราเรดไว้ที่ด้านในของเครื่องเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 รูปบริเวณที่ติดตั้งหลอดฮีทเตอร์อินฟราเรด

2.3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด

นำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยแผงโซลาร์เซลล์ 55 วัตต์ ผ่านเครื่องโซลาร์ชาร์จเจอร์เพื่อควบคุมให้พลังงานไฟฟ้ามาเก็บไว้ในแบตเตอรี่เมื่อต้องการใช้ความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรด ก็จะนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาผ่านเครื่อง Inverter 500 วัตต์ (เปลี่ยนจากกระแสไฟฟ้าตรงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ) จากนั้นต่อกระแสไฟฟ้าเข้ากับ Temperature Control แล้วตั้งค่าให้ตัว Temperature Control ตัดกระแสไฟฟ้าที่ไปยังหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรด [3] โดยคุณลักษณะการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดนั้น จะเกิดจากการสั่นสะเทือนของพันธะภายในโมเลกุลของน้ำในอาหารเมื่อเกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ที่ตรงกับความถี่ของรังสีอินฟราเรดก็จะเกิดการดูดกลืนรังสีความร้อนขึ้น เมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีอุณหภูมิเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส และให้จ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งจะมีอุณหภูมิที่ประมาณ 40 – 60 องศาเซลเซียส จากนั้นต่อกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ Safety Breaker ขนาด 10 แอมแปร์ แล้วจึงนำมาต่อเข้ากับหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรด

2.4 ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักและอบแห้ง

จะทำการชั่งน้ำหนักกล้วยน้ำว้าก่อนทำการอบโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทุกครั้ง และจะนำกล้วยน้ำว้าออกมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่งทุก ๆ 15 – 20 นาที และหลังจากที่น้ำหนักของกล้วยน้ำว้าลดน้ำหนักซาลง จึงเปลี่ยนเวลาน้ำกล้วยน้ำว้าออกมาชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่งเป็นทุกๆ 30 – 60 นาที แล้วทำการบันทึกผล จากนั้นจึงนำไปอบแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อน อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อให้ความชื้นออกจากกล้วยน้ำว้าจนหมด(ความชื้นในกล้วยน้ำว้าเหลือน้อยที่สุด) แล้วจึงนำกล้วยน้ำว้ามาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วบันทึกผล เพื่อนำน้ำหนักที่ได้สามารถนำไปคำนวณความชื้นฐานแห้งต่อไปได้

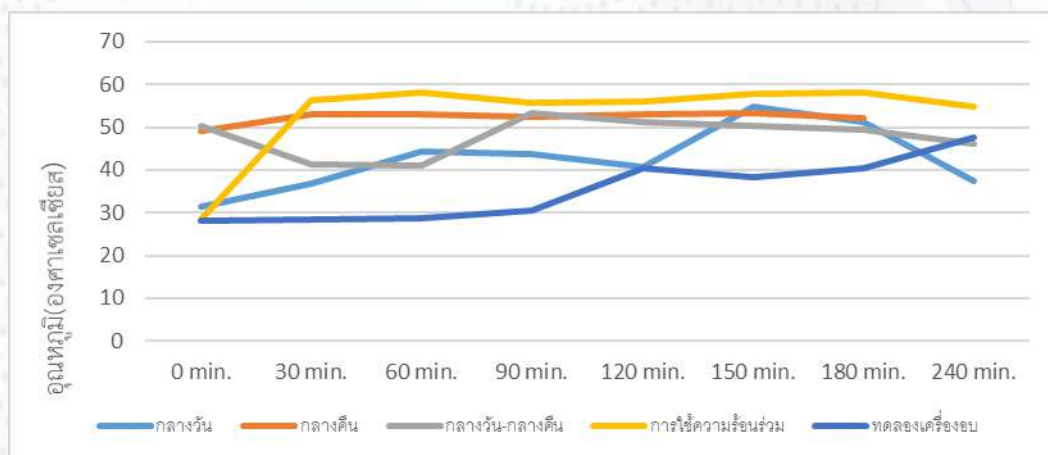
2.5 ขั้นตอนการคำนวณหาค่าความชื้น

ทำการคำนวณน้ำหนักเพื่อหาความชื้นในแต่ละช่วงเวลา

$$[4] \quad M_d (\%) = [(w - d) / d] \times 100 \quad (1)$$

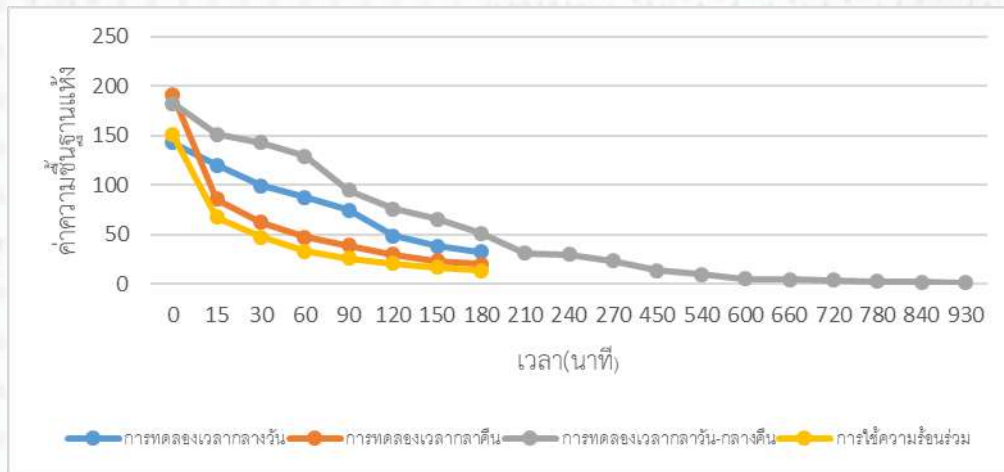
โดยที่ M_d คือ ความชื้นฐานแห้ง (% w.d.)
w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์
d คือ น้ำหนักผลิตภัณฑ์แห้ง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของการทดลอง

กราฟเปรียบเทียบแสดงค่าอุณหภูมิภายในของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของการทดลอง โดยจะเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา นาที 180 ค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งของการทดลองเวลากลางวันสูงสุด คือ 54.7 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งของการทดลองเวลากลางคืนสูงสุด คือ 53.4 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งของการทดลองเวลากลางวัน-กลางคืนสูงสุด คือ 53.2 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งของการทดลองเวลากลางวันที่ใช้หลอดฮีเตอร์อินฟราเรดสูงสุด คือ 58.2 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งปกติในการทดลองเวลากลางวันสูงสุด คือ 47.5 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งของการทดลองเวลากลางวันที่ใช้หลอดฮีเตอร์อินฟราเรดมีอุณหภูมิสูงที่สุด ดังภาพที่ 4



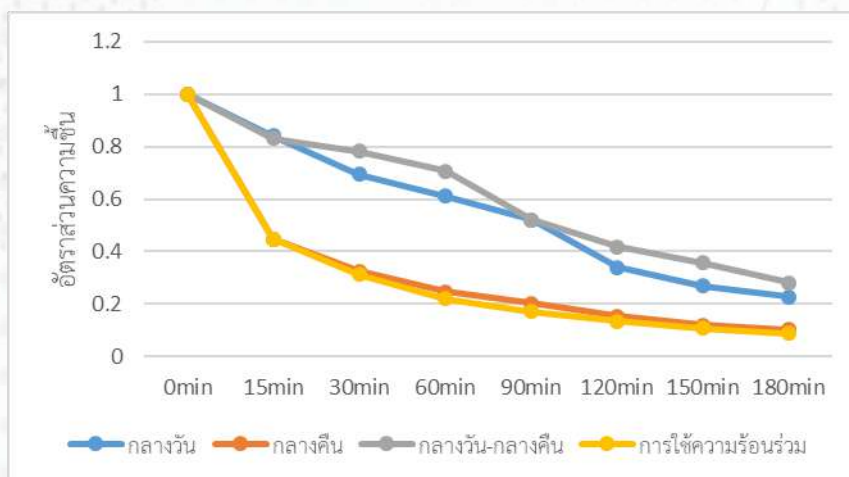
ภาพที่ 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นฐานแห้งเฉลี่ยของการทดลองอบกล้วยน้ำว้าทั้ง 4 การทดลอง

จากการทดลองหาค่าความชื้นฐานแห้งได้ของผลการทดลองในเวลากลางวันมีค่าความชื้นฐานแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 142.937 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ลดลงเหลือ 32.5277 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยค่าความชื้นฐานแห้งที่สูงสูญเสียไปมีค่าเท่ากับ เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง 65.109, ผลการทดลองเวลากลางคืนที่ใช้ความร้อนจากหลอดฮีเตอร์อินฟราเรดมีค่าความชื้นฐานแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 191.318 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งลดลงเหลือ 19.658 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยค่าความชื้นฐานแห้งที่สูงสูญเสียไปมีค่าเท่ากับ 171.66 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง, การทดลองเวลากลางวัน-กลางคืนโดยที่เวลากลางวันจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์และเวลากลางคืนจะใช้พลังงานจากหลอดฮีเตอร์อินฟราเรด มีค่าความชื้นฐานแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 182.59 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ลดลงเหลือ 51.16 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ในนาที่ที่ และค่าความชื้นฐาน 180 แห่งจะลดลงไปจนเมื่อนาทีที่ 930 จะเหลือค่าความชื้นฐานแห้ง เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง 943.0, การทดลองตอนกลางวันโดยใช้ความร้อนจากหลอดฮีเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งความร้อนร่วมมีค่าความชื้นฐานแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 786.150 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้งลดลงเหลือ 12.797 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง โดยค่าความชื้นฐานแห้งที่สูงสูญเสียไปมีค่าเท่ากับ 137.989 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง สรุปจะเห็นได้ว่าผลของการทดลองตอนกลางคืนมีค่าความชื้นฐานแห้งลดลงมากที่สุดในช่วงระยะเวลาเดียวกันในนาที่ที่ ดังแสดงใน 180 ภาพที่ 5

สูตรการคำนวณหาอัตราส่วนความชื้น

$$MR = \frac{M_t}{M_0} \quad (2)$$

โดยที่ MR = อัตราส่วนความชื้น (Decimal)
 M_0 = ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (% d.b.)
 M_t = ความชื้นของวัสดุเวลาใด ๆ (% d.b.)



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบกล้วยทั้ง 4 รูปแบบ

การเปรียบเทียบกราฟแสดงค่าอัตราส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างผล การทดลองเวลากลางวันที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์, เวลากลางคืนที่ใช้ความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรด, เวลากลางวันที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์-กลางคืนที่ใช้ความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรดและเวลากลางวัน ที่ใช้ความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งความร้อนร่วม ในการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนความชื้นโดยใช้กล้วย น้ำหนักประมาณ 20 กรัม และจะเก็บข้อมูลทุก ๆ 15-20 นาที และเมื่อน้ำหนักลดน้อยลงจะเปลี่ยนการจับเก็บข้อมูลเป็นทุก ๆ 30-60 นาที เป็นเวลา 2275.0 นาที โดยผลการทดลองเวลากลางวันมีอัตราส่วนความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 180 เวลากลางคืนมี อัตราส่วนความชื้นสุดท้ายเท่ากับเวลากลางวัน 102.0 -เวลากลางคืนมีอัตราส่วนความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 28และเวลา.0 ซึ่ง 0887.0 กลางวันโดยใช้ความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งความร้อนร่วมมีอัตราส่วนความชื้นสุดท้ายเท่ากับ จากภาพที่ 6 การทดลองเวลากลางวัน-กลางคืนมีอัตราส่วนความชื้นมากที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองเวลากลางวัน เนื่องจากเป็นการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบปกติแต่การทดลองตอนกลางคืนที่ใช้ความร้อนจากหลอด ฮีตเตอร์อินฟราเรดกับการทดลองตอนกลางวันโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมกันใช้พลังงานความร้อนจากหลอดฮีตเตอร์ อินฟราเรดจึงได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

4. บทสรุป

การเขียนแบบและดัดแปลงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบไฮบริด จากการทดลองอบกล้วยน้ำว้าพบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำงานหลอดฮีตเตอร์อินฟราเรดนั้นมีค่าความชื้นฐานแห้งเท่ากับ 171.66% ในขณะที่ เครื่องอบแห้งแบบปกติสามารถทำให้กล้วยน้ำว้าสูญเสียความชื้นฐานแห้งได้เท่ากับ 109.56% ในระยะเวลาที่เท่ากัน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์และได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริม สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่เป็นปรึกษาจนทำให้ งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สีนสุภา จุ้ยจุลเจิม. (2545). การออกแบบและพัฒนาตู้อบลมร้อนพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรฯ.

- [2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. (2537). สมบัติทางความร้อนของกล้วยไข่ (Musa suerier) และกล้วยน้ำว้า (Musa sapientum Linn.). สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2563, จาก https://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ag023
- [3] พัชรีย์ ทับทิมศรี และคณะ. (2559). การผลิตกล้วยน้ำว้าอบด้วยอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน. สืบค้นเมื่อ 13 มีนาคม 2563, จาก <https://research.kpru.ac.th/sac/fileconference/26772018-04-30.pdf>
- [4] อีระศักดิ์ หุดากร. การศึกษาสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผ่นราบแบบร่องรูปตัววี สำหรับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, เชียงใหม่, 2552

การพัฒนาแบบฝึกทักษะรายวิชาการออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก Development of Exercises in Computer Graphic Design Course

สายสุณี โพธิ์ตุ่น^{1*} และ ดวงพร ไม้ประเสริฐ²

¹สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

²สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

*Email: saiyasune@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะรายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา จำนวน 40 คน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก สถิติที่ใช้ประกอบด้วยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาหลังจากการใช้แบบฝึกทักษะ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.61 สูงกว่าก่อนเรียนที่คะแนนเฉลี่ย 7.58 2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก โดยความคิดเห็นภาพรวมอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88

คำสำคัญ: แบบฝึกทักษะ การออกแบบ คอมพิวเตอร์กราฟิก

Abstract

The purposes of the research were 1) To compare the achievement before and after learning using skill exercises. 2) To assess satisfaction of students using skills practice. The sample group is 40 students in education computer program, information technology faculty, Thepsatri Rajabhat University. The research instruments were 1) a learning management plan using skills exercises. 2) Measure of academic achievement in Computer Graphic Design Course. 3) An assessment of student's satisfaction with learning management using a skill exercises in computer graphic design course. The statistics consisted mean value and standard deviation. The result showed that 1) the achievement before and after learning by using skill exercises in computer graphic design courses. The average score of after score equal 8.61 higher than before learning equal 7.58. 2) The satisfaction assessment of skill exercises in computer graphic design courses showed the overall opinion is in a good level, average value of 3.88.

Keywords: Exercises, Design, Computer graphic

1. บทนำ

เนื่องจากการเรียนการสอนวิชา วท 6003204 การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก เป็นหมวดวิชาเฉพาะด้านวิชาเอกเดียว (บังคับเรียน) ที่จัดให้นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษาหลักสูตรปรับปรุง 2560 ต้องเรียน รายวิชานี้เน้นเรื่องการออกแบบภาพกราฟิก 2 มิติ และ 3 มิติ เป็นหลัก ส่วนใหญ่นักศึกษามีระดับความรู้พื้นฐานในการออกแบบไม่เท่ากัน เช่น องค์ประกอบของ จุด, เส้น, รูปทรง, น้ำหนัก, พื้นผิว, ที่ว่าง, สีและตัวอักษร การมอบหมายงานแต่ละครั้งค่อนข้างเกิดปัญหาเนื่องจากนักศึกษบางคนไม่มีทักษะในเรื่องการวาดรูป และการสร้างสรรค์งานตามจินตนาการ ซึ่งต้องใช้สมาธิ การสังเกตทักษะการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ นอกจากนี้ นักศึกษายังไม่มีทักษะในการใช้โปรแกรมสร้างภาพ 2 มิติ เช่น Photoshop, Illustrator และ โปรแกรมสร้างภาพ 3 มิติ เช่น 3D max, Maya ทำให้นักศึกษาขาดความมั่นใจในการออกแบบงานตามที่คุณสอนกำหนด เป็นเหตุให้นักศึกษาเกิดความไม่สนใจในการเรียน และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษายังไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยตระหนักถึงแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนวิชา วท 6003204 การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ และผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษายู่ในเกณฑ์มาตรฐานยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก

2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักศึกษา โดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จันตรา ธรรมแพทย์ (2550 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัย เรื่องการพัฒนาแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ ภายหลังจากใช้แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์และสูงกว่าการใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมหมาย ศุภนิ (2551 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาแบบฝึกทักษะการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าแบบฝึกทักษะการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.69 / 79.61 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ร้อยละ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยแบบฝึกทักษะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อุบลวรรณ ปรงวนิพนธ์ (2551 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้กิจกรรมการอ่านให้คล้อง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่าประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้กิจกรรมการอ่านให้คล้องมีค่าเท่ากับ 81.97 / 84.75 ถือว่ามีประสิทธิภาพดี ความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนหลังการใช้แบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นักเรียนมีความคิดเห็นต่อแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษอยู่ในระดับดีทุกบทเรียน

เนาวรัตน์ เจตคุ (2555 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาแบบฝึกทักษะการเขียนสรุปความ โดยใช้ข้อมูลท้องถิ่นไทยทรงดำอำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนและผู้เกี่ยวข้องต้องการให้สร้างแบบฝึกที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาอาหารและประเพณีของไทยทรงดำ โดยมีรูปแบบที่หลากหลายสีสันสดใสมีภาพประกอบใช้ร่วมกับการไปศึกษานอกสถานที่สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตและสัมภาษณ์ผู้รู้ในท้องถิ่น โดยมีครูนักเรียนและผู้รู้ท้องถิ่นประเมินร่วมกับแบบฝึกเสริมทักษะการเขียนสรุปความ

อัชปาณี นนทสุต (2555 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.40 / 92.50 ความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนหลังจากการใช้แบบฝึกเสริมทักษะอ่านภาษาอังกฤษสูงกว่าความสามารถในการอ่านภาษาอังกฤษก่อนการใช้แบบฝึกเสริมทักษะอ่านภาษาอังกฤษซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ .05

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 เครื่องมือการวิจัย

- 4.1.1 แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก
- 4.1.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก
- 4.1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก

4.2 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เทพสตรี จำนวน 40 คน

4.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

- 4.3.1 เตรียมเนื้อหาบทเรียนและวางแผนการสอน
- 4.3.2 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
 - 1) แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก
 - 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก
 - 3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อแบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก

4.3.3 เก็บรวบรวมข้อมูล

ใช้เครื่องมือกับนักศึกษาภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีที่เรียน รายวิชา การออกแบบ
คอมพิวเตอร์กราฟิก

4.3.4 วิเคราะห์ผลข้อมูล

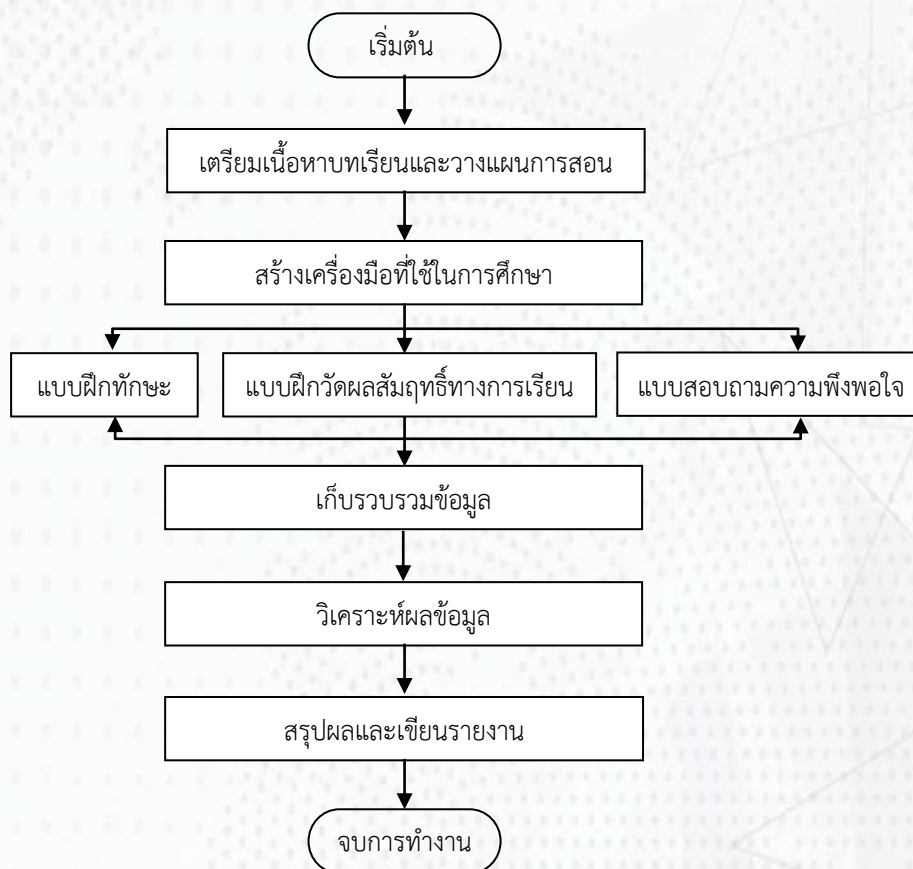
- 1) หาค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)
จากคะแนนการทดสอบก่อนเรียน คะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียน และคะแนนการทดสอบหลังเรียน
- 2) นำคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) จากคะแนนการทดสอบก่อนเรียน และคะแนนจากการปฏิบัติ
กิจกรรมระหว่างเรียน (คะแนนจากกระบวนการ : E1) และคะแนนการทดสอบหลังเรียน (คะแนนจากผลลัพธ์ : E2) ของแบบ
ฝึกทักษะที่จัดทำครั้งนี้มาหาค่าเฉลี่ยร้อยละ (%) เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ
- 3) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนจากการ
ใช้แบบฝึกทักษะ โดยวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ t-test
- 4) การวิเคราะห์ความพึงพอใจใช้ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลความหมาย โดย
ใช้เกณฑ์ดังนี้

ระดับความพึงพอใจ	คะแนนเฉลี่ย
มากที่สุด	4.21 – 5.00
มาก	3.41 – 4.20
ปานกลาง	2.61 – 3.40
น้อย	1.81 – 2.60
น้อยที่สุด	1.00 – 1.80

การวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการหา
สถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า

4.3.5 สรุปผล และเขียนรายงาน

4.3.6 Flowchart การทำงานของระบบ



5. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก ตารางเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิกโดยใช้แบบฝึกทักษะ

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนและหลังเรียน

เรื่อง	คะแนน	$\bar{X}$	S.D.
ขนาดภาพและมุมกล้อง	ก่อนเรียน	7.51	0.69
	หลังเรียน	8.51	0.85
การสร้าง Basic 2D animation	ก่อนเรียน	7.62	0.94
	หลังเรียน	8.37	0.68
การนำภาพวาดไปประยุกต์ใช้กับภาพ 3 มิติ	ก่อนเรียน	7.62	1.31
	หลังเรียน	8.97	0.78
รวม 3 บทเรียน (30 คะแนน)	ก่อนเรียน	7.58	0.98
	หลังเรียน	8.61	0.77

หมายเหตุ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ย และ S.D. แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาหลังจากการใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก ในการเรียนการสอน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.61 สูงกว่าก่อนเรียน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้แบบฝึกทักษะในการเรียนรู้สูงกว่าก่อนใช้แบบฝึกทักษะ แสดงว่า การใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตอนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจต่อแบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก

เกณฑ์การวัดคะแนนเฉลี่ย กำหนดไว้ดังนี้

ระดับความพอใจ	คะแนนเฉลี่ย
มากที่สุด	4.21 – 5.00
มาก	3.41 – 4.20
ปานกลาง	2.61 – 3.40
น้อย	1.81 – 2.60
น้อยที่สุด	1.00 – 1.80

ตารางที่ 2 แสดงความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความคิดเห็น	ลำดับที่
1. ด้านตัวผู้เรียนต่อแบบฝึกทักษะ				
1.1 ผู้เรียนเกิดความภูมิใจต่อการที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง	3.80	1.02	มาก	9
1.2 ผู้เรียนเกิดความสุขสนทนากับการใช้แบบฝึกทักษะ	3.85	0.97	มาก	6
1.3 ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหลังจากใช้แบบฝึกทักษะ	3.82	0.98	มาก	7
1.4 ผู้เรียนมีความสนใจเพิ่มขึ้นเมื่อเรียนด้วยแบบฝึกทักษะ	3.94	0.96	มาก	4
1.5 แบบฝึกทักษะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความรู้	3.80	1.02	มาก	10
1.6 แบบฝึกทักษะให้ผู้เรียนมีทักษะในการเรียนมากขึ้น	4.02	0.95	มาก	2
1.7 แบบฝึกทักษะทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน ตลอดเวลา	3.82	0.95	มาก	8
1.8 แบบฝึกทักษะช่วยให้ผู้เรียนรู้วิธีการใช้สื่อและแหล่งข้อมูล ต่าง ๆ	3.94	1.02	มาก	3
1.9 แบบฝึกทักษะช่วยให้การเรียนการสอนเข้าใจง่ายกว่า การเรียนการสอนปกติ	3.91	0.98	มาก	5
1.10 แบบฝึกทักษะมีความเหมาะสมกับความสนใจของผู้เรียน	4.08	0.98	มาก	1
2. ด้านกระบวนการทำงานกลุ่ม				
2.1 กลุ่มมีการวางแผนและกติกาในการทำงาน	3.91	0.95	มาก	2

2.2 กลุ่มมีการตรวจสอบผลงาน	3.82	0.98	มาก	6
2.3 กลุ่มมีการหาทางแก้ปัญหา	3.80	0.96	มาก	10
2.4 ผู้นำกลุ่มแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล	3.88	0.99	มาก	4
2.5 ผู้นำกลุ่มรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	3.91	0.98	มาก	1
2.6 ผู้นำกลุ่มสร้างบรรยากาศที่ดีให้กลุ่ม	3.82	0.95	มาก	9
2.7 ผู้นำกลุ่มให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือกลุ่ม	3.82	1.04	มาก	5
2.8 สมาชิกกลุ่มให้ความร่วมมือแก่กลุ่มในการทำงาน	3.82	0.98	มาก	7
2.9 สมาชิกกลุ่มรับผิดชอบงานของตน	3.82	0.98	มาก	8
2.10 สมาชิกกลุ่มตัดสินใจอย่างมีเหตุผล	3.91	0.95	มาก	3
รวม	3.88	0.98	มาก	

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก ข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยด้านการจัดการเรียนรู้มีความพึงพอใจสูงสุด คือส่งเสริมให้นักศึกษามีความรับผิดชอบในการศึกษา ($\bar{X} = 4.08$, S.D. = 0.98) ความพึงพอใจอันดับรองลงมาคือ ส่งเสริมให้นักศึกษาได้มีการคิดวิเคราะห์และตัดสินใจ ($\bar{X} = 4.02$, S.D. = 0.95) ความพึงพอใจอันดับที่สามคือ ส่งเสริมให้นักศึกษามีการร่วมระดมความคิดของกลุ่ม ($\bar{X} = 3.94$, S.D. = 1.02) ส่วนข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยด้านกระบวนการกลุ่มมีความพึงพอใจสูงสุดคือ ส่งเสริมให้นักศึกษาได้ฝึกความอดทน/อดกลั้น ($\bar{X} = 3.91$, S.D. = 0.98) ความพึงพอใจอันดับรองลงมาคือ นักศึกษาได้ฝึกการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ($\bar{X} = 3.91$, S.D. = 0.95) ความพึงพอใจอันดับที่สามคือ นักศึกษาสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ ($\bar{X} = 3.91$, S.D. = 0.95) โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{X} = 3.88$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. = 0.98)

6. บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้แบบฝึกทักษะสูงกว่าก่อนใช้แบบฝึกทักษะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.88$, S.D. = 0.98)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทรเพ็ญ สาลี (2550 : บทคัดย่อ) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง รายงานการใช้แบบฝึกพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำ ประกอบแผนการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่ว่า ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนการใช้แบบฝึกพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำ ประกอบการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อแบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก โดยรวมอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. การเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชา การออกแบบคอมพิวเตอร์กราฟิก เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่มีประสิทธิภาพรูปแบบหนึ่ง ผู้สอนในกลุ่มวิชาเทคโนโลยีที่ใกล้เคียงกัน เช่น รายวิชา การออกแบบบทเรียนมัลติมีเดียและแอนิเมชัน สามารถนำรูปแบบนี้ไปเป็นแนวทาง และปรับให้เหมาะสมกับวิธีการสอนของตน เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนได้

2. องค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งต่อความสำเร็จของรูปแบบการสอนนี้ คือผู้สอนต้องมีเอกสารประกอบการสอนที่บรรจุเนื้อหาที่ได้บรรยายในชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนไม่ต้องกังวลในเรื่องการจดเนื้อหาระหว่างบรรยาย และมีความเหลือในการฝึกปฏิบัติมากขึ้น

3. ในระหว่างการบรรยาย การใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดตามเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนตลอดเวลา และเป็นการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาที่เรียนไป ดังนั้นการเตรียมคำถามต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้าจึงเป็นสิ่งจำเป็น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] จันตรา ธรรมแพทย์. (2550). การพัฒนาแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- [2] จันทรเพ็ญ สาสี. (2550). รายงานการใช้แบบฝึกพัฒนาทักษะการเขียนสะกดคำประกอบแผนการเรียนรู้อ่านรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. ลำพูน : โรงเรียนอนุบาลลำพูน อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน.
- [3] เนาวรัตน์ เจตตุ. (2555). การพัฒนาแบบฝึกทักษะการเขียนสรุปความ โดยใช้ข้อมูลท้องถิ่นไทยทรงดำ อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [4] สมหมาย ศุภพินิ. (2551). การพัฒนาแบบฝึกทักษะกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- [5] อัชปานิ นนทสุต. (2555). การพัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะการอ่านภาษาอังกฤษที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับท้องถิ่นจังหวัดกาญจนบุรี เพื่อพัฒนาการอ่านเพื่อความเข้าใจ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีสวัสดิ์พิทยาคม จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [6] อุบลวรรณ ปรุจวนิชพงษ์. (2551). การพัฒนาแบบฝึกทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้กิจกรรมการอ่านให้กล่อง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชินีบูรณะ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

หลักสูตรการคิดและการแก้ปัญหา: มุมมองความต้องการของการเปิดหลักสูตร

Thinking and Problem Solving Course:

The point of view in the Requirements for Opening Course

ณิศรา สุทธิสังข์^{1*} และ พิษญา พุกผาสุข¹

¹หมวดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*Email: nisara.s@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาความต้องการของการเปิดหลักสูตรวิชาการคิดและการแก้ปัญหา ใช้วิธีการสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง 160 คน ทั้ง 9 คณะ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถาม โดยใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและลิงค์กับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเบื้องต้น (ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อการเปิดสอนรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหามีค่าเฉลี่ยรวม 4.10 (ระดับความคิดเห็นมาก) โดยเรียงจากค่าเฉลี่ยมากไปหาน้อย ดังนี้ การคิดแก้ปัญหาที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.26 รองลงมา คือ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอนาคต การคิดประยุกต์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงกลยุทธ์ การคิดเปรียบเทียบ การคิดบูรณาการ การคิดสังเคราะห์ การคิดเชิงมนทัศน์ และการคิดวิพากษ์

คำสำคัญ: หลักสูตรคณิตศาสตร์ รายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา

Abstract

The study of the requirements for opening thinking and problem solving course uses a questionnaire method from a sample of 160 people from all 9 faculties. Using a QR code questionnaire/ link with students of Rajamangala University of technology Phra Nakhon to analyze the basic statistical results (percentage, mean, standard deviation). The research results were found that the student's opinion on the teaching of thinking and problem solving course had a total average of 4.10 (high opinion level). By means of descending mean as follows problem solving had the highest average value at 4.26, followed by creativity thinking, future thinking, applied thinking, critical thinking, analytical thinking, strategic thinking, analogy thinking, integration thinking, synthetic thinking, conceptual thinking and critical thinking.

Keywords: Mathematics course, Thinking and problem solving course

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ประชาคมโลกก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 อันเป็นศตวรรษที่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และการศึกษา ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการศึกษาซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของประเทศ ซึ่งจะต้องพัฒนาผู้เรียนในทุกกระดับให้มีทักษะความสามารถเพียงพอสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิตในศตวรรษที่ 21

ทิศทางการจัดการศึกษายุค “Thailand 4.0” ให้การศึกษาในวันนี้เพื่อให้เป็นคนที่มีการศึกษา (educated people) อีก 15 ปี ข้างหน้า ซึ่งแสดงถึงเป็นคนที่ดูแลสุขภาพตนเองได้ไม่เป็นภาระของครอบครัว ดำเนินชีวิตแบบมีคุณธรรม จริยธรรม พอเพียง มีวินัย มีน้ำใจ มีความรับผิดชอบ รอบรู้ในเรื่องต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อการดำเนินชีวิตประกอบอาชีพหรือมีสัมมาอาชีพ

สำหรับสถาบันอุดมศึกษาซึ่งมีภารกิจหลายประการทั้งด้านผลิตบัณฑิต การวิจัย การบริการวิชาการและการทำนุบำรุง ศิลปวัฒนธรรมไทย ภารกิจหลักของสถาบันอุดมศึกษาคือ การผลิตบัณฑิตให้มีคุณภาพตอบสนองกับความต้องการของ ประเทศและประชาคมโลก ทุกสถาบันจึงเปิดสอนหลักสูตรปริญญาในระดับต่างๆ ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลมีหลักสูตรการเรียนการสอนโดยมุ่งเน้นการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีควบคู่กับ ภาคปฏิบัติ ดังปณิธานและวิสัยทัศน์ที่ว่า “มหาวิทยาลัยผู้สร้างแรงบันดาลใจพัฒนาทักษะการคิดเป็นระบบ ปฏิบัติเป็นเลิศด้าน เทคโนโลยีและเป็นพี่เลี้ยงของสังคม สร้างคนสูงส่ง เชี่ยวชาญเทคโนโลยี” และในส่วนของการจัดการศึกษาในกลุ่มวิชา วิทยาศาสตร์ในหมวดวิทยาศาสตร์ทั่วไป อันประกอบด้วยรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอง รายวิชาดังกล่าว ยังไม่เพียงพอต่อการฝึกให้นักศึกษาคิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

ดังนั้นหากมีรายวิชาเพื่อฝึกให้นักศึกษาได้คิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบเพิ่มขึ้นจะทำให้ นักศึกษามีรากฐานในการ เรียนในการพัฒนาทักษะการคิดให้เป็นระบบต่อไป

ด้วยเหตุนี้ทีมวิจัยจึงสนใจศึกษาความต้องการในการเปิดหลักสูตรรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหาว่ามีความจำ เป็นมากน้อยเพียงใดและลักษณะรายวิชาควรประกอบไปด้วยเนื้อหาใดบ้าง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อสำรวจสภาพปัญหาของหลักสูตรรายวิชาเดิมที่มีอยู่เดิม
- 2.2 เพื่อศึกษาความต้องการเปิดหลักสูตรรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา

3. ขอบเขตของการวิจัย

นักศึกษาที่เคยผ่านการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันและนักศึกษาที่ไม่เคยผ่าน การเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

4.1 หลักสูตรคณิตศาสตร์ (Mathematics Course) หมายถึง ประมวลวิชาและกิจกรรมต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ใน การศึกษาเพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งในการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์

4.2 วิชาการคิดและการแก้ปัญหา (Thinking and Problem Solving Course) หมายถึง รูปแบบของการคิดที่ สอดคล้องกับการคิด ดังต่อไปนี้ การคิดวิเคราะห์ การคิดเปรียบเทียบ การคิดวิพากษ์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ไข ปัญหา การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดประยุกต์ การคิดสังเคราะห์ การคิดเชิงมนทัศน์ การคิดบูรณาการ การคิดอนาคต การ คิดเชิงกลยุทธ์

5. กรอบแนวคิด

หลักสูตรคณิตศาสตร์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

รายวิชาศึกษาทั่วไปในรายวิชาคณิตศาสตร์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แบ่งเป็นรายวิชา ดังต่อไปนี้
คณิตศาสตร์พื้นฐาน จำนวน 3 หน่วยกิต (3-0-6)
คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน จำนวน 3 หน่วยกิต (3-0-6)
ปณิธานคณิตศาสตร์ จำนวน 2 หน่วยกิต (2-0-4)

รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน (Fundamental Mathematics)

รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานเป็นรายวิชาศึกษาทั่วไป มีรหัสวิชา คือ GE2600101 จำนวน 3 หน่วยกิต (3-0-6) มี คำอธิบายรายวิชา คือ ตรรกศาสตร์เบื้องต้น เมทริกซ์และตัวกำหนด กฎการนับ การเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ ความน่าจะเป็น

เป็นเบื้องต้น ทฤษฎีบททวินาม ลำดับและอนุกรม (Introduction to logic; matrices and determinants; counting rules, permutation and combination; introduction to probability; binomial theorem; sequences and series) วัตถุประสงค์ของรายวิชา เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์อันจะนำไปสู่การคิด วิเคราะห์ในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล เป็นพื้นฐานในการเรียนรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องและเพื่อเป็นการปรับปรุงเนื้อหา โจทย์ตัวอย่างให้ทันสมัยเพื่อสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบการศึกษา อีกทั้งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยมีจุดมุ่งหมายของรายวิชา เพื่อนำตรรกศาสตร์ไปใช้ รู้จักเมทริกซ์และการหาค่าดีเทอร์มิแนนต์ เข้าใจเทคนิคการนับ การเรียงสับเปลี่ยน การจัดหมู่ เข้าใจความน่าจะเป็นเบื้องต้น เข้าใจทฤษฎีบททวินาม เข้าใจการหาลำดับและอนุกรมและปลูกฝังการมีระเบียบและขั้นตอนการคิดอย่างมีเหตุผล ประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

1. ตรรกศาสตร์ ประกอบด้วย ประพจน์ การเชื่อมประพจน์ ตารางแสดงค่าความจริงของประพจน์ การวิเคราะห์ค่าความจริงของประพจน์ ประพจน์ที่สมมูล ประพจน์ที่เป็นนิเสธ สัจนิรันดร์ ประโยคเปิด การอ้างเหตุผล
 2. เมทริกซ์ ประกอบด้วย ความหมายของเมทริกซ์ (สมาชิกและมิติของเมทริกซ์ ชนิดของเมทริกซ์ การเท่ากันของเมทริกซ์) การดำเนินการบนเมทริกซ์ (การบวกของเมทริกซ์ การลบของเมทริกซ์ การคูณเมทริกซ์ด้วยค่าคงที่ การคูณเมทริกซ์ด้วยเมทริกซ์) ตัวกำหนดหรือดีเทอร์มิแนนต์ (การหาดีเทอร์มิแนนต์ขนาด 2×2 การหาดีเทอร์มิแนนต์ขนาด 3×3 การหาดีเทอร์มิแนนต์ขนาด $n \times n$ สมบัติของดีเทอร์มิแนนต์) เมทริกซ์ผกผันหรืออินเวอร์สการคูณของเมทริกซ์ (การหาเมทริกซ์ผกผันโดยใช้สูตรสำเร็จ สมบัติของเมทริกซ์ผกผันการคูณ) การใช้ เมทริกซ์ในการแก้ระบบสมการเชิงเส้น (การแก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยใช้เมทริกซ์ผกผัน การแก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยใช้กฎของคราเมอร์)
 3. กฎการนับ การเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ ประกอบด้วย กฎการนับเบื้องต้น (กฎการคูณ กฎการบวก แฟกทอเรียลและความหมายของแฟกทอเรียล การหาค่าแฟกทอเรียล) การเรียงสับเปลี่ยน (การเรียงสับเปลี่ยนสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดแบบเชิงเส้นตรง การเรียงสับเปลี่ยนสิ่งของที่แตกต่างกันทั้งหมดเป็นวงกลม) การจัดหมู่ (วิธีการหาค่าการจัดหมู่ สมบัติบางประการของการจัดหมู่ วิธีการจัดหมู่กับการแก้โจทย์ปัญหา การจัดหมู่กับแนวคิดที่เกี่ยวข้อง)
 4. ความน่าจะเป็น ประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความน่าจะเป็น (ความหมายของความน่าจะเป็น การทดลองสุ่ม ปริภูมิตัวอย่าง เหตุการณ์ ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ การนับจุดตัวอย่าง) การคำนวณความน่าจะเป็น (การหาค่าความน่าจะเป็นโดยการนับจุดตัวอย่าง การหาค่าความน่าจะเป็นด้วยกฎของความน่าจะเป็น การหาค่าความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข การหาค่าความน่าจะเป็นด้วยกฎของเบย์)
 5. ทฤษฎีบททวินาม ประกอบด้วย ลักษณะทฤษฎีบททวินาม (สามเหลี่ยมปาสคาล ทฤษฎีบททวินามกับการจัดหมู่) รูปแบบของการกระจายทวินาม (ข้อสังเกตของการกระจายทวินาม พจน์ทั่วไปของการกระจายทวินาม)
 6. ลำดับและอนุกรม ประกอบด้วย ลำดับ (ความหมายของลำดับ การเขียนลำดับ ชนิดของลำดับ ลิมิตของลำดับ ลำดับลู่เข้าและลำดับลู่ออก การหาลำดับลิมิต) อนุกรม (ความหมายของอนุกรม อนุกรมเลขคณิต อนุกรมเรขาคณิต)
- รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานเป็นรายวิชาที่ผู้เรียนนำความรู้พื้นฐานทางเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้เรียนในเนื้อหาคณิตศาสตร์ระดับสูงต่อไป

รายวิชาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (Mathematics in Daily Life)

รายวิชาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันเป็นรายวิชาศึกษาทั่วไป มีรหัสวิชา คือ GE2600103 จำนวน 3 หน่วยกิต (3-0-6) มีคำอธิบายรายวิชา คือ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมาตราชั่ง ตวง วัด อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ และการประยุกต์ พื้นที่และปริมาตร ดอกเบี้ยและเงินผ่อนชำระ ภาษีมูลค่าเพิ่มและภาษีเงินได้ เลขดัชนี ตรรกศาสตร์เบื้องต้น และการให้เหตุผล และความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ (Introduction to weights and measurement; ratio, proportion, percentage and applications; area and volume; interest and installment payment; value added tax and income tax; index; introduction to logic and reasoning; introduction to statistics) วัตถุประสงค์ของรายวิชา เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้พื้นฐานทางด้านคณิตศาสตร์อันจะนำไปสู่การคิด วิเคราะห์ ในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้และเพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยมีจุดมุ่งหมายของรายวิชา เพื่อเข้าใจมาตราชั่ง ตวง วัด นำผลการคำนวณอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละและการประยุกต์ไปใช้ นำผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรไปใช้ เข้าใจการคำนวณค่าสาธารณูปโภค นำผลการคำนวณดอกเบี้ย และเงินผ่อนชำระไปใช้ เข้าใจภาษีมูลค่าเพิ่มและภาษีเงินได้ นำผลการ

คำนวณเลขดัชนีไปใช้ เข้าใจตรรกศาสตร์เบื้องต้น เข้าใจความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ ปลุกฝังการมีระเบียบและขั้นตอนการคิดอย่างมีเหตุผล ประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

1. มาตราชั่ง ตวง วัด ประกอบด้วย มาตราไทย (การคำนวณมาตราชั่งไทย การคำนวณมาตราตวงไทย การคำนวณมาตราวัดไทย) มาตราเมตริก (การคำนวณมาตราชั่งเมตริก การคำนวณมาตราตวงเมตริก การคำนวณมาตราวัดเมตริก) มาตราอังกฤษ (การคำนวณมาตราชั่งอังกฤษ การคำนวณมาตราตวงอังกฤษ การคำนวณมาตราวัดอังกฤษ) การเทียบมาตรา (การเทียบมาตราไทยกับมาตราเมตริก การเทียบมาตราไทยกับมาตราอังกฤษ การเทียบมาตราเมตริกกับมาตราอังกฤษ)
 2. อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ และการประยุกต์ ประกอบด้วย อัตราส่วน (การคำนวณอัตราส่วน การนำอัตราส่วนไปใช้ในชีวิตประจำวัน) สัดส่วน (การคำนวณสัดส่วน การนำสัดส่วนไปใช้ในชีวิตประจำวัน) ร้อยละ (การคำนวณร้อยละ การนำร้อยละไปใช้ในชีวิตประจำวัน)
 3. พื้นที่และปริมาตร ประกอบด้วย พื้นที่ (การคำนวณพื้นที่ การนำการคำนวณพื้นที่ไปใช้ในชีวิตประจำวัน) ปริมาตร (การคำนวณปริมาตร การนำการคำนวณปริมาตรไปใช้ในชีวิตประจำวัน)
 4. ดอกเบี้ยและเงินผ่อนชำระ ประกอบด้วย การคำนวณดอกเบี้ย (การคำนวณหาดอกเบี้ย การคำนวณหาดอกเบี้ยทบต้น) เงินผ่อนชำระ (การคำนวณหาราคาเงินผ่อน การคำนวณหาดอกเบี้ยผ่อนชำระ การคำนวณหาเงินผ่อนชำระรายงวด)
 5. ภาษีมูลค่าเพิ่มและภาษีเงินได้ ประกอบด้วย ภาษีมูลค่าเพิ่ม (ความรู้เกี่ยวกับภาษีมูลค่าเพิ่ม การคำนวณภาษีมูลค่าเพิ่ม) ภาษีเงินได้ (ความหมายของภาษีเงินได้ ชนิดของภาษีเงินได้ การคำนวณหาภาษีเงินได้)
 6. เลขดัชนี ประกอบด้วย การคำนวณหาเลขดัชนี (ความหมายของเลขดัชนี ชนิดของเลขดัชนี สัญลักษณ์ของเลขดัชนี) ดัชนีราคา (ดัชนีราคาแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก ดัชนีราคาแบบถ่วงน้ำหนัก) ดัชนีปริมาณ (ดัชนีปริมาณแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก ดัชนีปริมาณแบบถ่วงน้ำหนัก) ดัชนีมูลค่า
 7. ตรรกศาสตร์เบื้องต้น ประกอบด้วย ประพจน์ (นิยามของประพจน์ การเชื่อมประพจน์ การหาค่าความจริงของประพจน์ การสมมูลของประพจน์ สัจนิรันดร์ของประพจน์) ประพจน์ที่มีลิสป์ปริมาณ (ประโยคเปิดและลิสป์ปริมาณ การหาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ) การให้เหตุผล (การให้เหตุผลแบบนิรนัย การตรวจสอบการอ้างเหตุผลแบบนิรนัย)
 8. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ ประกอบด้วย ข้อมูลทางสถิติ (ความหมายและประโยชน์ของสถิติ ความหมายและชนิดของข้อมูล) ระเบียบวิธีการทางสถิติ (การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผลข้อมูล) การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน ฐานนิยม) การวัดการกระจายข้อมูล (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน)
- รายวิชาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันเป็นรายวิชาที่ผู้เรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้าไปผสมผสานกับข้อมูล ตัวเลข การคำนวณในชีวิตประจำวัน แต่ยังไม่เน้นเนื้อหาซึ่งเป็นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

รายวิชาปิกณกคณิตศาสตร์ (Miscellaneous Mathematics)

รายวิชาปิกณกคณิตศาสตร์เป็นรายวิชาบูรณาการ มีรหัสวิชา คือ GE2820101 จำนวน 2 หน่วยกิต (2-0-4) มีคำอธิบายรายวิชา คือ เทคนิคและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ คณิตคิดเร็ว คณิตศิลป์ คณิตพยากรณ์ คณิตกับการลงทุน คณิตกับสุขภาพ (Technique and mathematical concepts; mathematical tricks; mathematical art; mathematics for forecasting; mathematics and investment; mathematics and health) มีจุดมุ่งหมายของรายวิชา เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจและประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในคณิตคิดเร็ว คณิตศิลป์ คณิตพยากรณ์ คณิตกับการลงทุน และคณิตกับสุขภาพ โดยวัตถุประสงค์ของรายวิชา เพื่อสอดแทรกแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่างๆ ประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

1. เทคนิคและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย เทคนิคทางคณิตศาสตร์ (การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์) แนวคิดทางคณิตศาสตร์ (กำเนิดคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่างๆ)
2. คณิตคิดเร็ว ประกอบด้วย หลักการคิดเลขเร็ว (ความหมายและประโยชน์) เทคนิคการคิดเลขเร็ว (พิชคณิตพื้นฐาน เรขาคณิตพื้นฐาน) การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (การเงิน มาตราชั่ง ตวง วัด พื้นที่และปริมาตร)
3. คณิตศิลป์ ประกอบด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และศิลป์ (การค้นหาคณิตศาสตร์ในศิลป์ การค้นหาศิลป์ในคณิตศาสตร์) แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในศิลป์ (การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในงานศิลป์ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ใน

งานศิลป์) ตัวอย่างการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในงานศิลป์ (ยกตัวอย่างการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในงานศิลป์ สร้างงานศิลป์โดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์)

4. คณิตศาสตร์พยากรณ์ ประกอบด้วย ความหมายและประเภทของการพยากรณ์ (ความหมายของการพยากรณ์ ประเภทของการพยากรณ์ ขั้นตอนและวิธีการพยากรณ์) การพยากรณ์เชิงคุณภาพ การพยากรณ์เชิงปริมาณ (รูปแบบอนุกรมเวลา วิธีหาค่าแบบตรงตัว วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล วิธีคาดคะเนแนวโน้ม) รูปแบบปัจจัยสาเหตุ หรือรูปแบบเชิงเหตุผล) การวัดค่าคาดเคลื่อนของการพยากรณ์

5. คณิตศาสตร์การลงทุน ประกอบด้วย ลักษณะการลงทุน (รูปแบบของการลงทุน [การลงทุนแบบไม่มีความเสี่ยง การลงทุนแบบมีความเสี่ยง] วิธีการลงทุนชนิดต่าง [วิธีการลงทุนแบบไม่มีความเสี่ยง วิธีการลงทุนแบบมีความเสี่ยง]) การคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุน (ผลตอบแทนจากการลงทุนแบบไม่มีความเสี่ยง ผลตอบแทนจากการลงทุนแบบมีความเสี่ยง การวางแผนการตัดสินใจในการลงทุน)

6. คณิตศาสตร์กับสุขภาพ ประกอบด้วย สุขภาพกาย (ดัชนีมวลกาย เปอร์เซนต์ไขมันในร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ) อาหารและยา (สัดส่วนการบริโภคอาหารแต่ละหมู่ การคำนวณปริมาณแคลอรีในการบริโภคอาหาร ปริมาณการกินยากับน้ำหนักตัว)

รายวิชาปณิกคณิตศาสตร์เป็นรายวิชาซึ่งทำให้ผู้เรียนได้ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้าไปเกี่ยวข้องกับผสมผสานกับศาสตร์ต่างๆ เช่น การลงทุน การพยากรณ์ ศิลป์ สุขภาพ

รายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา (Thinking and Problem Solving)

รายวิชาการคิดและการแก้ปัญหาเป็นรายวิชาศึกษาทั่วไป มีรหัสวิชา คือ GE26001xx จำนวน 3 หน่วยกิต (3-0-6) มีคำอธิบายรายวิชา คือ ระบบการคิดและการทำงานของสมอง การคิดพื้นฐาน การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดองค์รวม การคิดสู่ความสำเร็จ และการแก้ปัญหา (The system of thinking and function of the brain; Basic of thinking; Logical of thinking; Creative of thinking; Heuristic of thinking; The success of thinking; and The problem solving) ประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

1. ระบบการคิดและการทำงานของสมอง
2. การคิดพื้นฐาน ประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ การคิดเปรียบเทียบ
3. การคิดอย่างมีเหตุผล ประกอบด้วย การคิดวิพากษ์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ไขปัญหา
4. การคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย การคิดประยุกต์ การคิดสังเคราะห์
5. การคิดองค์รวม ประกอบด้วย การคิดเชิงมนทัศน์ การคิดบูรณาการ
6. การคิดสู่ความสำเร็จ ประกอบด้วย การคิดอนาคต การคิดเชิงกลยุทธ์
7. การแก้ปัญหา

รายวิชาการคิดและการแก้ปัญหาเป็นรายวิชาที่ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ

6. วิธีดำเนินการวิจัย

6.1 กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครจำนวน 160 คน ใช้วิธีการเลือกแบบสุ่ม

6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความต้องการการเปิดหลักสูตรรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหาจำนวน 1 ฉบับ แบ่งออกเป็น 5 ส่วน

- ส่วนที่ 1 คำชี้แจงแบบสอบถาม
- ส่วนที่ 2 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม
- ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นในการเปิดสอนรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา
- ส่วนที่ 4 ความคิดเห็นต่อรูปแบบการคิดและการแก้ปัญหา
- ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

6.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 สํารวจสภาพปัญหาของหลักสูตรรายวิชาเดิม (คณิตศาสตร์พื้นฐาน คณิตศาสตร์ใน
ชีวิตประจำวัน ปกิณกคณิตศาสตร์)

ระยะที่ 2 สํารวจความต้องการการเปิดหลักสูตรรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา

ระยะที่ 3 จัดทำแบบสอบถามความต้องการการเปิดหลักสูตรรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา

ระยะที่ 4 แจกแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 5 วิเคราะห์ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และอภิปรายผลการวิจัย

ระยะที่ 6 สรุปผลการวิจัย

6.4 สถิติและเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

6.4.1 สูตรการหาค่าร้อยละ

$$P = \frac{f \times 100}{n}$$

เมื่อ	P	แทน	ร้อยละ
	f	แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลค่าให้เป็นร้อยละ
	n	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

6.4.2 สูตรการหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum x$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของความถี่ คูณ คะแนน
	n	แทน	ผลรวมทั้งหมดของความถี่ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนข้อมูลทั้งหมด

6.4.3 สูตรการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	n	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด
	x	แทน	คะแนนแต่ละตัวในข้อมูล
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละ

เกณฑ์ในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.49	แปลความว่า	มีความคิดเห็นด้วยน้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	แปลความว่า	มีความคิดเห็นด้วยน้อย
คะแนนเฉลี่ย	2.50 – 3.49	แปลความว่า	มีความคิดเห็นด้วยปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	3.50 – 4.49	แปลความว่า	มีความคิดเห็นด้วยมาก
คะแนนเฉลี่ย	4.50 – 5.00	แปลความว่า	มีความคิดเห็นด้วยมากที่สุด

7. การวิเคราะห์ผล

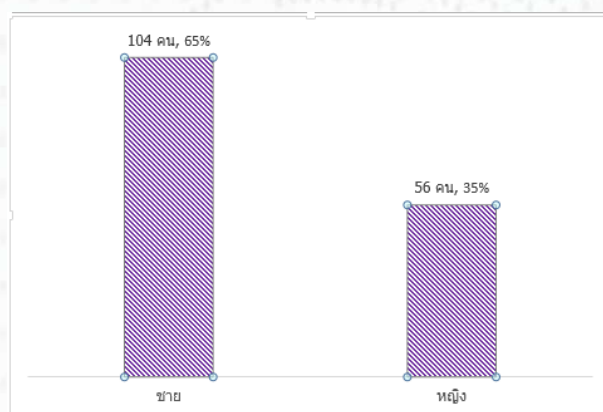
7.1 การวิเคราะห์ผลค่าร้อยละจากสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

7.1.1 เพศของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 7.1.1 แสดงร้อยละเพศของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ชาย	104	65.00
หญิง	56	35.00
รวม	160	100.00

จากตารางที่ 7.1.1 แสดงให้เห็นว่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 160 คน แบ่งเป็นเพศดังนี้ เพศชาย จำนวน 104 คน คิดเป็นร้อยละ 65 และเพศหญิงจำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 35 ตามลำดับ และแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

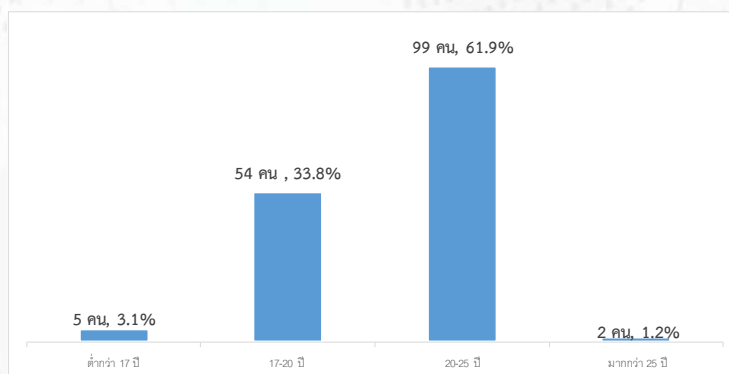


7.1.2 อายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 7.1.2 แสดงร้อยละอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม

อายุ (ปี)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ต่ำกว่า 17 ปี	5	3.10
17-20 ปี	54	33.80
20-25 ปี	99	61.90
มากกว่า 25 ปี	2	1.20
รวม	160	100.00

จากตารางที่ 7.1.2 แสดงให้เห็นว่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 160 คน แบ่งเป็นอายุดังนี้ อายุต่ำกว่า 17 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 3.10 อายุ 17-20 ปี จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 33.80 อายุ 20-25 ปี จำนวน 99 คน คิดเป็นร้อยละ 61.90 และอายุมากกว่า 25 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.20 ตามลำดับ และแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



7.1.3 สาขาวิชาที่เรียน/จบ

ตารางที่ 7.1.3 แสดงจำนวนสาขาที่เรียน/จบของผู้ตอบแบบสอบถาม

สาขาวิชาที่เรียน/จบ	จำนวนที่ระบุ
อาหารและโภชนาการ	12
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	12
วิศวกรรมอุตสาหการ	6
วิศวกรรมไฟฟ้า	7
วิศวกรรมเครื่องกล	3
วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	1
วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม	2
วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์	3
วิศวกรรมโยธา	1
วัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม	3
นวัตกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ	2
คอมพิวเตอร์ธุรกิจ	1
การบัญชี	2
ออกแบบผลิตภัณฑ์	4
วิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ	2
วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	4
เทคนิคการผลิต	1
เทคโนโลยีเสื้อผ้า	1
มัลติมีเดีย	1
โฆษณาประชาสัมพันธ์	1

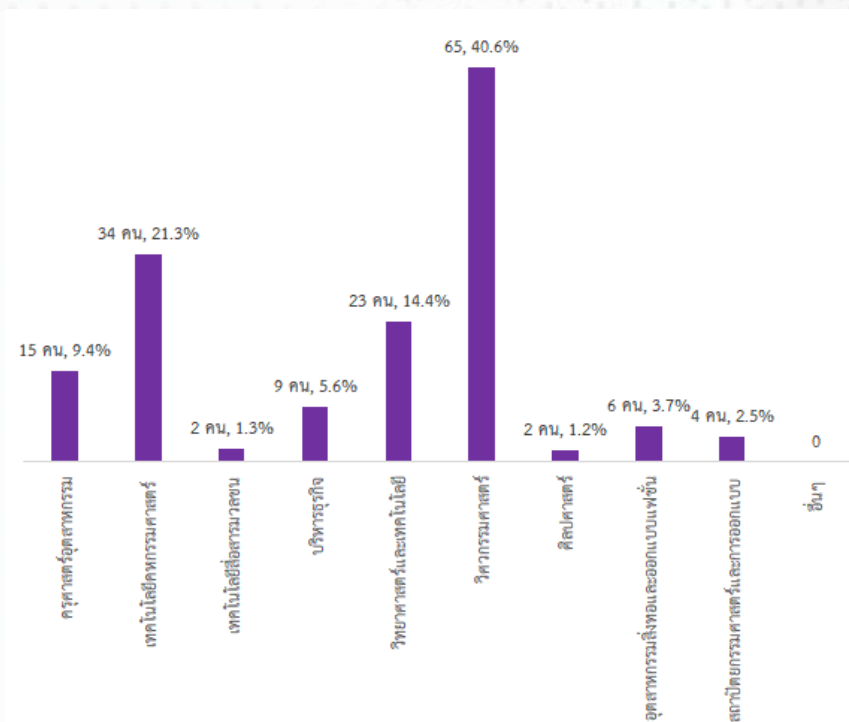
จากตารางที่ 7.1.3 แสดงให้เห็นว่าจำนวนการเก็บแบบสอบถามมาจากหลากหลายสาขาวิชา ดังนี้ อาหารและโภชนาการ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ วิศวกรรมโยธา วัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม นวัตกรรมและ

ตารางที่ 7.1.4 แสดงร้อยละคณะวิชาที่เรียน/จบของผู้ตอบแบบสอบถาม

คณะวิชาที่เรียน/จบ	จำนวน	ร้อยละ
ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	15	9.40
เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์	34	21.30
เทคโนโลยีสื่อสารมวลชน	2	1.30
บริหารธุรกิจ	9	5.60
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	23	14.40
วิศวกรรมศาสตร์	65	40.60
ศิลปศาสตร์	2	1.20
อุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น	6	3.70
สถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ	4	2.50
อื่นๆ	-	-
รวม	160	100.00

เทคโนโลยีสิ่งทอ คอมพิวเตอร์ธุรกิจ การบัญชี การออกแบบผลิตภัณฑ์ วิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ เทคนิคการผลิต เทคโนโลยีเสื้อผ้า มัลติมีเดีย และโฆษณาประชาสัมพันธ์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 7.1.4 แสดงให้เห็นว่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 160 คน แบ่งเป็นคณะวิชาที่เรียน
 จบดังนี้ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 9.40 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 21.30 คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.30 คณะบริหารธุรกิจ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 5.60 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 14.40 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 40.60 คณะศิลปศาสตร์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.20 คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 3.70 และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 ตามลำดับ และแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



7.1.5 รายวิชาคณิตศาสตร์ที่เคยเรียน

ตารางที่ 7.1.5 แสดงจำนวนรายวิชาคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนของผู้ตอบแบบสอบถาม

คณะวิชาที่เรียน/จบ	จำนวน
แคลคูลัส	29
คณิตศาสตร์พื้นฐาน	22
สถิติเบื้องต้น	10
คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน	6

จากตารางที่ 7.1.5 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามผ่านการเรียนรายวิชาแคลคูลัส คณิตศาสตร์พื้นฐาน สถิติเบื้องต้น และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ตามลำดับ

7.1.6 รายวิชาคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนควรปรับปรุง/เพิ่มเติมหรือมีข้อเสนอแนะอย่างไร

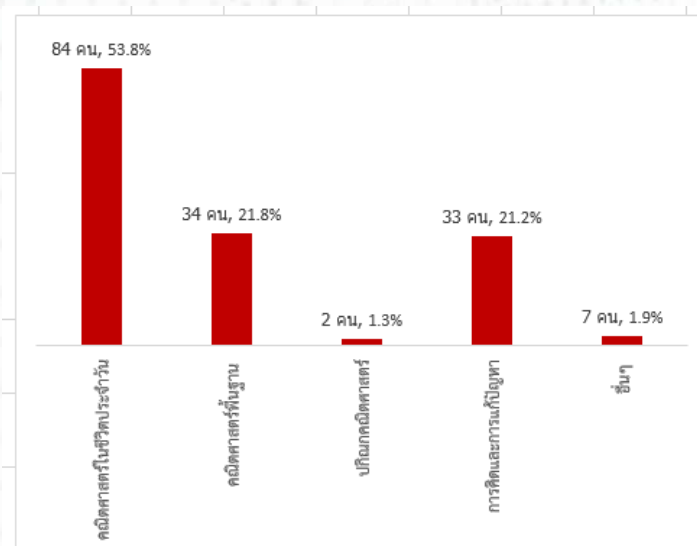
1. ควรนำเรื่องที่น่าสนใจหรือเกี่ยวข้องกับสายงานมาสอน/ควรปรับให้เข้ากับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
2. ควรสอนปรับพื้นฐาน
3. ควรใช้วิดีโอประกอบการสอน/ สื่อการสอน

7.1.7 รายวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องการเลือกเรียน

ตารางที่ 7.1.7 แสดงร้อยละรายวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องการเลือกเรียนของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องการเลือกเรียน	จำนวน	ร้อยละ
คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน	84	53.80
คณิตศาสตร์พื้นฐาน	34	21.80
ปิกนคณิตศาสตร์	2	1.30
การคิดและการแก้ปัญหา	33	21.20
อื่นๆ	7	1.90
รวม	160	100.00

จากตารางที่ 7.1.7 แสดงให้เห็นว่าร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 160 คน แบ่งเป็นรายวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องการเลือกเรียนดังนี้ คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน จำนวน 84 คน คิดเป็นร้อยละ 53.80 คณิตศาสตร์พื้นฐาน จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 21.80 ปิกนคณิตศาสตร์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.30 การคิดและการแก้ปัญหา จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 21.20 และอื่นๆ จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 1.90 ตามลำดับ และแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



7.2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากความคิดเห็นในการเปิดสอนรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา

จากตารางที่ 7.2 แสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 160 คน มีความคิดเห็นต่อการเปิดสอนรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหามีค่าเฉลี่ยรวม 4.10 (ระดับความคิดเห็นมาก) แบ่งออกเป็นรายข้อ ดังนี้ มีการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันมีค่าเฉลี่ย 3.90 (ระดับความคิดเห็นมาก) วิชาการคิดและการแก้ปัญหาก่อให้เกิดต่อการใช้ชีวิตและสังคมมีค่าเฉลี่ย 4.15 (ระดับความคิดเห็นมาก) การฝึกให้เกิดการเรียนรู้เรื่องการคิดและการแก้ปัญหามีความจำเป็นมีค่าเฉลี่ย 4.32 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดและการแก้ปัญหามือในการเรียนรู้รายวิชาอื่นๆมีค่าเฉลี่ย 4.18 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดและการแก้ปัญหามือในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ย 4.26 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ย 4.22 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดประยุกต์มีค่าเฉลี่ย 4.09 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดสังเคราะห์มีค่าเฉลี่ย 3.75 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดเชิงมนทัศน์มีค่าเฉลี่ย 3.66 (ระดับความคิดเห็นมาก)

ตารางที่ 7.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็นในการเปิดสอนรายวิชาการคิดและการแก้ปัญหา

ข้อความความเห็น	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันมากน้อยเพียงใด	3.90	0.93	มาก
2. ท่านคิดว่าวิชาการคิดและการแก้ปัญหาค่อให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตในสังคม	4.15	0.85	มาก
3. ท่านคิดว่าการฝึกให้เกิดการเรียนรู้เรื่องการคิดและการแก้ปัญหามีความจำเป็น	4.32	0.79	มาก
4. ท่านคิดว่าการคิดและการแก้ปัญหาคือเครื่องมือในการเรียนรู้รายวิชาอื่นๆ	4.18	0.86	มาก
5. ท่านคิดว่าการคิดและการแก้ปัญหาคือกระบวนการในการเรียนรู้รายวิชาอื่นๆ	4.13	0.83	มาก
6. ท่านคิดว่าการคิดและการแก้ปัญหาคือพัฒนาการหรือต่อยอดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์	4.31	0.76	มาก
รวม	4.10	0.15	มาก

การคิดบูรณาการมีค่าเฉลี่ย 3.76 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดอนาคตมีค่าเฉลี่ย 4.15 (ระดับความคิดเห็นมาก) และการคิดเชิงกลยุทธ์มีค่าเฉลี่ย 3.98 (ระดับความคิดเห็นมาก) ตามลำดับ

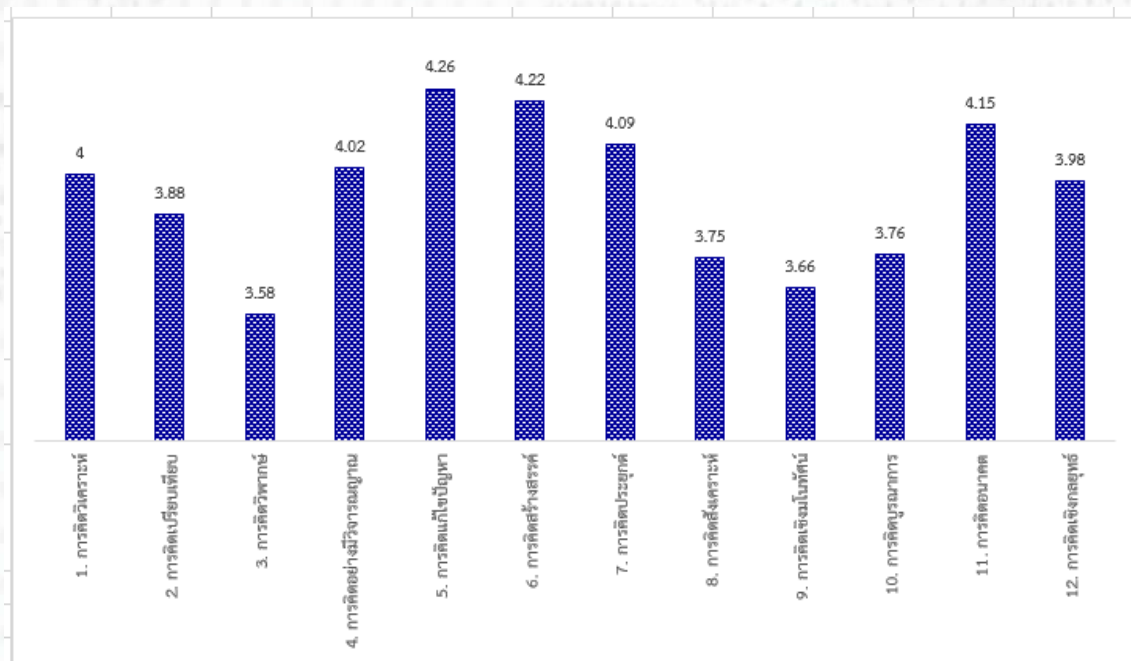
7.3 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากความสนใจต่อรูปแบบการคิดและการแก้ปัญหา

ตารางที่ 7.3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อรูปแบบการคิดและการแก้ปัญหา

ข้อความความเห็น	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1. การคิดวิเคราะห์	4.00 ⁶	0.81	มาก
2. การคิดเปรียบเทียบ	3.88 ⁸	0.84	มาก
3. การคิดวิพากษ์	3.58 ¹²	1.01	มาก
4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	4.02 ⁵	0.89	มาก
5. การคิดแก้ไขปัญหา	4.26 ¹	0.82	มาก
6. การคิดสร้างสรรค์	4.22 ²	0.84	มาก
7. การคิดประยุกต์	4.09 ⁴	0.88	มาก
8. การคิดสังเคราะห์	3.75 ¹⁰	0.97	มาก
9. การคิดเชิงมนทัศน์	3.66 ¹¹	1.00	มาก
10. การคิดบูรณาการ	3.76 ⁹	0.99	มาก
11. การคิดอนาคต	4.15 ³	0.84	มาก
12. การคิดเชิงกลยุทธ์	3.98 ⁷	1.03	มาก
รวม	3.94	0.22	มาก

จากตารางที่ 7.3 แสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้นจำนวน 160 คน มีความคิดเห็นต่อรูปแบบการคิดและการแก้ปัญหามีค่าเฉลี่ยรวม 3.94 (ระดับความคิดเห็นมาก) แบ่งออกเป็นรายข้อ ดังนี้ การคิดวิเคราะห์มีค่าเฉลี่ย 4.00 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดเปรียบเทียบมีค่าเฉลี่ย 3.88 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดวิพากษ์มีค่าเฉลี่ย 3.58 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ย 4.02 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดแก้ไขปัญหามีค่าเฉลี่ย 4.26 (ระดับ

ความคิดเห็นมาก) การคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ย 4.22 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดประยุกต์มีค่าเฉลี่ย 4.09 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดสังเคราะห์มีค่าเฉลี่ย 3.75 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดเชิงโน้ตส์มีค่าเฉลี่ย 3.66 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดบูรณาการมีค่าเฉลี่ย 3.76 (ระดับความคิดเห็นมาก) การคิดอนาคตมีค่าเฉลี่ย 4.15 (ระดับความคิดเห็นมาก) และการคิดเชิงกลยุทธ์มีค่าเฉลี่ย 3.98 (ระดับความคิดเห็นมาก) ตามลำดับ และเมื่อเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากน้อยไปหามากเรียงได้ ดังต่อไปนี้ คือ การคิดแก้ไขปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดอนาคต การคิดประยุกต์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงกลยุทธ์ การคิดเปรียบเทียบ การคิดบูรณาการ การคิดสังเคราะห์ การคิดเชิงโน้ตส์ การคิดวิพากษ์ ตามลำดับ และแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



จากตารางแสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อรูปแบบ การคิดแก้ไขปัญหา มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 4.26 รองลงมา คือ การคิดสร้างสรรค์ มีค่าเฉลี่ย คือ 4.22 การคิดอนาคต มีค่าเฉลี่ย 4.15 การคิดประยุกต์มีค่าเฉลี่ย 4.09 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าเฉลี่ย 4.02 การคิดวิเคราะห์ มีค่าเฉลี่ย 4.00 การคิดเชิงกลยุทธ์ มีค่าเฉลี่ย 3.98 การคิดเปรียบเทียบ มีค่าเฉลี่ย 3.88 การคิดบูรณาการ มีค่าเฉลี่ย 3.76 การคิดสังเคราะห์มีค่าเฉลี่ย 3.75 การคิดเชิงโน้ตส์ มีค่าเฉลี่ย 3.66 และการคิดวิพากษ์ มีค่าเฉลี่ย 3.58 ตามลำดับ

7.4 การวิเคราะห์ข้อเสนอแนะ

ควรเปิดสอนเพราะจะได้ฝึกแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและวางแผนแก้ปัญหาในอนาคตได้

7.5 สรุปผลการวิเคราะห์

จากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 160 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย เฉลี่ยอายุ 20 ถึง 25 ปี มาจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ต้องการเลือกเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันมากที่สุด รองลงมาคือ คณิตศาสตร์พื้นฐานและวิชาการคิดและการแก้ปัญหา มีความคิดเห็นว่ารายวิชาการคิดและการแก้ปัญหามีความจำเป็นต่อสังคมและนำไปใช้เป็นเครื่องมือและกระบวนการเรียนรู้ในรายวิชาอื่นๆ และพัฒนาหรือต่อยอดกระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยหัวข้อการคิดและการแก้ปัญหาผู้เรียนมีความสนใจสูงสุด

8. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยทุนงบประมาณรายได้ประจำปี 2563 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] เกษม สหายทิพย์. (2542). **ระเบียบวิธีวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์นิวเสรินคร.
- [2] ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2556). **การพัฒนาหลักสูตร : ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] Taba, Hilda. (1962). **Curriculum Development: Theory and Practice**. New York: Harcourt, Brace and World.

ผลของเจลสมุนไพรต่อองค์การเคลื่อนไหวในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อม The Effects of Herbal Gel on Range of Motion in Knee Osteoarthritis Patients

ณัฏฐกวี บุญวิจิตร^{1*} ดาวิณี ชินวงศ์¹ อาทิตย์ สีประโคน¹ อัมพาพรรณ พงศ์ผลาดิสัย¹
นพวรรณ บานชื่น² และ อรสา มีเหมาะ³

¹อาจารย์ สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

²แพทย์แผนไทยปฏิบัติการ กลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุรินทร์

³ผู้ช่วยแพทย์แผนไทย บริษัท ตำรับไทยสมุนไพร จำกัด

*Email: natthakawee.b@sru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเจลสมุนไพรที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากสมุนไพร 2 ชนิด คือ ขิงและผักเสี้ยนผี ในผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อม โดยเปรียบเทียบองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือผู้ป่วยที่เริ่มมีอาการเสื่อมของข้อเข่า โดยใช้แบบประเมินระดับความรุนแรงของภาวะข้อเข่าเสื่อม และได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคข้อเข่าเสื่อม อายุระหว่าง 40-60 ปี ที่มาทำการรักษาที่โรงพยาบาลศรีณรงค์ อำเภอศรีณรงค์ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้ใช้เจลสมุนไพรพอกบริเวณข้อเข่า หลังจากนั้นประเมินองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่า ในขณะที่ข้อเข่าและเหยียดข้อเข่าเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้เจลสมุนไพร ผลการวิจัยพบว่า การใช้เจลสมุนไพรพอกข้อเข่าขนาด 10 กรัม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที จำนวน 3 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างมีองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าขณะข้อเข่าและเหยียดข้อเข่าก่อนและหลังการใช้เจลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ยขององค์การเคลื่อนไหวก่อนและหลังการใช้เจลขณะข้อเข่า (mean $\pm$ S.D.) เท่ากับ 98.07 ± 15.46 , 93.113 ± 14.7 และในขณะที่เหยียดข้อเข่า (mean $\pm$ S.D.) เท่ากับ 90.8 ± 37.1 , 6.20 ± 0.71 สรุปได้ว่า การใช้เจลสมุนไพรที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากสมุนไพรมีผลต่อองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าของผู้ป่วยที่เริ่มมีอาการข้อเข่าเสื่อม และช่วยให้สามารถเคลื่อนไหวข้อเข่าขณะเหยียดและงอได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: เจลสมุนไพร ข้อเข่าเสื่อม องค์การเคลื่อนไหว

Abstract

This quasi-experimental research aimed to effected of herbal gel with *Zingiber officinale* Rosceo. and *Cleome viscosa* Linn. extract. The herbal gel was used in knee osteoarthritis patients and compared the range of motion of knee. The 30 patients aged 40-60 years are the beginning arthritis and have been diagnosed with Knee Osteoarthritis by a doctor. At Sri-Narong hospital, Sri-Narong district, Surin province. The samples were applied with herbal gel on knee for once a week. After that assessed the range of motion of the knee joint while flexion and extension the knee, comparing before and after applying the herbal gel. The results demonstrated that using herbal gel 10 gram 3 time for once a week, the sample have a range of motion when flexion and extension the knee was significantly differenced ($p \leq 0.05$). The average of range of motion when knee flexed (mean $\pm$ S.D.) = 98.07 ± 15.46 , 93.113 ± 14.7 respectively, and knee extended (mean $\pm$ S.D.) = 90.8 ± 37.1 , 6.20 ± 0.71 respectively. It is concluding that herbal gel with *Zingiber officinale* Rosceo. and *Cleome viscosa* Linn. extract have the effect on the range of motion in Knee Osteoarthritis Patients.

Keywords: herbal gel, knee osteoarthritis, range of motion

1. บทนำ

ภาวะข้อเข่าเสื่อม (knee osteoarthritis) เป็นโรคข้ออักเสบชนิดหนึ่งที่พบบ่อยที่สุดในประชากรสูงอายุ ความชุกของโรคสูงขึ้นในกลุ่มประชากรที่มีอายุมากขึ้นเนื่องจากโรคข้อเข่าเสื่อมเป็นโรคที่ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ [1] เนื่องจากข้อเข่าเป็นข้อที่รับน้ำหนักตัวเป็นส่วนใหญ่และมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา [2] สาเหตุเกี่ยวข้องกับอายุที่เพิ่มขึ้นและการใช้งาน ข้อเข่าเสื่อมเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดความพิการ และส่งผลกระทบต่อภาวะสุขภาพในผู้สูงอายุและผู้สูงอายุ [3] ภาวะข้อเข่าเสื่อมเกิดจากการที่มีพยาธิสภาพขึ้นบริเวณกระดูกอ่อนผิวข้อ ทำให้บริเวณผิวข้อนั้นขรุขระและมีรอยแตก และส่งผลให้ช่องว่างระหว่างข้อเข่ามีขนาดแคบลง เวลาที่มีการเคลื่อนไหวจะทำให้มีเสียงดังที่บริเวณข้อซึ่งเกิดขึ้นในระยะหลังของการเสื่อม รอยแตกอาจจะเกิดถึงกระดูกอ่อน หรือในบางครั้งมีบางส่วนแตกหักหลุดเข้าไปในข้อ ทำให้เยื่อข้อเกิดการอักเสบเมื่อเป็นนาน ๆ มักมีอาการข้อติดซึ่งส่งผลให้องศาการเคลื่อนไหวของข้อเข่าไม่เป็นปกติ เมื่อมีการดำเนินโรคต่อไปเรื่อย ๆ ทำให้เกิดการอักเสบเรื้อรังและมีการ หดตัวของเยื่อหุ้มเส้นเอ็นยึดข้อและผนังข้อ [4] การรักษาภาวะข้อเข่าเสื่อมสามารถทำได้หลายวิธีแต่ยังไม่มีวิธีที่สามารถรักษาอาการได้ให้หายขาด เพราะเนื่องจากเมื่อมีอายุที่เพิ่มมากขึ้นร่างกายก็มีการเสื่อมสภาพลงตามธรรมชาติ ดังนั้นการรักษาภาวะข้อเข่าเสื่อมแบบประคับประคองจึงเป็นอีกวิธีที่จะช่วยปรับสมรรถนะของข้อเข่าให้มีความเคลื่อนไหวที่คล่องตัวมากขึ้น ร่วมกับการใช้ยาเพื่อบรรเทาอาการเจ็บปวด ซึ่งเป็นการรักษาตามอาการโดย หรือการใช้ความร้อนประคบหรือแช่น้ำร้อน รวมไปถึงการบริหารออกกำลังกายกล้ามเนื้อเพื่อให้กล้ามเนื้อพุงกระดูกให้มีความแข็งแรง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาเจลที่มีส่วนผสมจากสมุนไพร โดยมีส่วนผสมจากสารสกัดพืชที่มีการรายงานถึงสรรพคุณและมีการใช้เกี่ยวข้องกับการลดการอักเสบ ได้แก่ ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe.) และผักเสี้ยนผี (*Cleome viscosa* Linn.) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการรักษา ป้องกัน และเป็นทางเลือกในการดูแลภาวะข้อเข่าเสื่อมของผู้ป่วย ที่ส่งผลให้มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเข่าที่เป็นปกติ

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมสารสกัดสมุนไพรและเจลสมุนไพร

สมุนไพร 2 ชนิด ได้แก่ ขิง และผักเสี้ยนผี นำไปยั่นสายพันธุ์ที่ถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นนำสมุนไพรมาล้างทำความสะอาด ลดขนาดของสมุนไพรหลักจากนั้นนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนแห้งสนิทแล้วจึงนำสมุนไพรที่ได้ไปบดให้ละเอียด และนำไปหมักต่อใน 50% เอทานอล (อัตราส่วน ผงสมุนไพร 100g : ตัวทำละลาย 200 ml) เก็บที่อุณหภูมิห้องจนครบ 5 วันแล้วจึงนำมากรอง หลังจากนั้นนำไประเหยเอทานอลด้วยเครื่อง Vacuum rotary evaporator (Tokyo Rolakikai Co.,Ltd., Japan) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำสารละลายที่ได้ไปทำแห้งโดยใช้ Spray dried จนได้เป็นสารสกัดหยาบของสมุนไพร [5-6] หลังจากนั้นเตรียมเจลที่มีความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพร 1% โดยละลาย cabopol 940 ในน้ำกลั่น หลังจากนั้นเติม Triethanolamine (TEA) ลงไป 1-2 หยด เพื่อให้เนื้อเจลเข้มข้นขึ้น เติม glycerin เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น จากนั้นใส่สารสกัดสมุนไพรที่เตรียมไว้แล้วคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปบรรจุในหลอด ขนาด 10 กรัม เพื่อใช้ในการทดลอง

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 1 ตารางแสดงการประเมินความรุนแรงของโรคข้อเข่าเสื่อม Oxford Knee Score

คะแนน	ผลการประเมิน	ข้อบ่งชี้
0-19	เป็นโรคข้อเข่าเสื่อมระดับรุนแรง	ควรได้รับการรักษาจากศัลยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ
20-29	เป็นโรคข้อเข่าเสื่อมระดับปานกลาง	ควรปรึกษาศัลยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญกระดูกและข้อ เพื่อรับการตรวจรักษาเอกซเรย์ข้อเข่า
30-39	เริ่มมีอาการของโรคข้อเข่าเสื่อม	ควรได้รับคำแนะนำจากศัลยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญกระดูกและข้ออย่างเหมาะสม
40-48	ไม่พบอาการผิดปกติ	ควรตรวจร่างกายเป็นประจำทุกปี

ผู้ที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อมเพศชายและหญิงอายุ 40-60 ปี ที่รับบริการในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ตำบลนครนทร์ อำเภอสรีนครินทร์ จังหวัดสุรินทร์ ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 30 คน คัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นบุคคลที่เริ่มมีอาการของภาวะข้อเข่าเสื่อม โดยใช้แบบประเมินระดับความรุนแรงของโรคเข่าเสื่อม (Oxford Knee Score) อยู่ในระดับคะแนน 30-39 คะแนน [7] กลุ่มตัวอย่างทุกรายยินดีเข้าร่วมวิจัย ได้รับการทำความเข้าใจและลงนามใบยินยอมให้เข้าร่วมวิจัยก่อนการเข้าร่วมวิจัย

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ เจลสมุนไพร ความเข้มข้นสารสกัด 1% บรรจุหลอดขนาด 10 กรัม จำนวน 3 หลอด/คน และคู่มือ รายละเอียดต่าง ๆ ในการใช้เจล

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ วันเดือนปีเกิด สถานภาพ ระดับการศึกษา ที่อยู่ปัจจุบัน อาชีพ โรคประจำตัว

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกองศาการเคลื่อนไหวของข้อเข่า สร้างขึ้นให้เหมาะสมกับลักษณะการเก็บข้อมูล โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวน 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการใช้เจลสมุนไพร โดยใช้เจลสมุนไพรพอกเข่าขนาด 10 กรัม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที จำนวน 3 สัปดาห์ ทำการวัดองศาการเคลื่อนไหวโดยใช้เครื่องมือวัดมุม (Goniometer) ในขณะเหยียดข้อเข่า (Extension) และงอข้อเข่า (Flexion) แล้วบันทึกผลการประเมิน

2.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไปใช้สถิติบรรยาย (Descriptive Statistics) และการประเมินองศาการเคลื่อนไหวของข้อเข่า มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การทดสอบทีรายคู่ (Paired t-test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 2 ตารางแสดงข้อมูลทั่วไป ($n = 30$)

	ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	7	23.33
	หญิง	23	76.67
อายุ (ปี)	46 - 50	5	16.67
	51 - 55	7	23.33
	56 - 60	18	60.00
สถานภาพ	สมรส	26	86.66
	หม้าย	2	6.67
	โสด	2	6.67
ศาสนา	พุทธ	30	100.00
ระดับการศึกษา	ประถมศึกษา	29	96.67
	มัธยมศึกษา	0	0.00
	ปริญญาตรี	1	3.33
อาชีพ	แม่บ้าน	3	10.00
	เกษตรกร	20	66.67
	รับจ้าง	6	20.00
	รับราชการ	1	3.33
ดัชนีมวลกาย (BMI.)	18.5 - 22.9 น้ำหนักปกติ	20	66.67
	0.23-น้ำหนักเกิน 9.24	3	10.00
	25.0 - 29.9 อ้วนระดับ 1	7	23.33

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ข้อมูลทั่วไป

จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลทั่วไปทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน พบว่า เป็นเพศหญิง จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 ส่วนมากมีอายุอยู่ในช่วง 56-60 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 สถานภาพสมรส จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 86.66 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดนับถือศาสนาพุทธ มีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 96.67 ระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ซึ่งประกอบอาชีพมีอาชีพเกษตรกรกรรม จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 อาชีพรับจ้าง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ส่วนใหญ่จะมีดัชนีมวลกายเท่ากับ 18.5 - 22.9 จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ และอ้วนระดับ 1 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33

3.2 องค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าก่อนและหลังการใช้เจลสมุนไพร จำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 3 แสดงการทดสอบองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าขณะเหยียดข้อเข่า (Extension) ก่อน-หลังการใช้เจลสมุนไพร

การเก็บข้อมูล	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสถิติทดสอบที	ค่าพี
ก่อนการใช้เจลสมุนไพร	8.90 $\pm$ 1.37	8.89	0.000*
หลังการใช้เจลสมุนไพร	6.20 $\pm$ 0.71		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางแสดงให้เห็นถึงความองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าขณะเหยียดข้อเข่า (Extension) เมื่อใช้เจลสมุนไพรขนาด 10 กรัม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที จำนวน 3 สัปดาห์ พบว่า องค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าขณะเหยียดข้อเข่า (Extension) ก่อนและหลังการใช้เจลสมุนไพรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 แสดงการทดสอบองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าขณะงอข้อเข่า (Flexion) ก่อน-หลังการใช้เจลสมุนไพร

การเก็บข้อมูล	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสถิติทดสอบที	ค่าพี
ก่อนการใช้เจลสมุนไพร	98.07 $\pm$ 15.46	6.74	0.000*
หลังการใช้เจลสมุนไพร	113.93 $\pm$ 7.14		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางแสดงให้เห็นถึงความองค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าขณะงอข้อเข่า (Flexion) เมื่อใช้เจลสมุนไพรขนาด 10 กรัม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที จำนวน 3 สัปดาห์ พบว่า องค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าขณะงอข้อเข่า (Flexion) ก่อนและหลังการใช้เจลสมุนไพรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่า การใช้เจลสมุนไพรที่มีความเข้มข้น 1% ที่มีส่วนผสมของสารสกัดขิงและผักเสี้ยนผี มีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อเข่าของผู้ที่เริ่มมีอาการข้อเข่าเสื่อม จากการใช้เจลสมุนไพร ปริมาณ 10 กรัม/ครั้ง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ทำให้องค์การเคลื่อนไหวของข้อเข่าทั้งขณะเหยียดและงอข้อเข่าก่อนและหลังการใช้เจลสมุนไพร มีการเคลื่อนไหวดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้คุณภาพมากยิ่งขึ้น และศึกษาเปรียบเทียบในข้อต่อบริเวณอื่น ๆ ของร่างกาย นอกจากนั้นควรมีการประเมินลักษณะทางกายภาพและทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงการประเมินความพึงพอใจของการใช้เจลสมุนไพรเพื่อนำผลการประเมินไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยที่สนับสนุนการดำเนินการวิจัยตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมสมุนไพร ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณผู้อำนวยการ เจ้าหน้าที่ และกลุ่มตัวอย่างผู้มารับบริการ ณ โรงพยาบาลศรีณรงค์ อำเภอศรีณรงค์ จังหวัดสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลงานวิจัยแล้วเสร็จ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Wajajamroen, N. Kapol, S. Lochid-amnuay. Quality of Life of Knee Osteoarthritis Patients in Nopparat Rajathanee Hospital. Thai Journal of Pharmacy Practice. 2(2016)230-236.
- [2] วิไล ชินธเนศ, ชันวา ต้นสฤติย์ และมนตกานต์ ต้นสฤติย์. Human Anatomy. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 2539.
- [3] S. Aree-ue, I. Roopsawang, B. Belza. Self-regulation in older Thai women with self-reported knee osteoarthritis: A path analysis. Journal of Women and Aging. 29(2016)1-12.
- [4] สุรศักดิ์ นิลกานวงศ์ และสุรวิทย์ ปรีชานนท์. ตำราโรคข้อ. พิมพ์ครั้งที่ 2. เอส พี เอ็น การพิมพ์, กรุงเทพมหานคร. 2548.
- [5] J. Bunwijit, K. Sripanidkulchai, B. Sripanidkulchai, W. Pannanarong, M. Wichai. Anti-gastric erosion effect of brassica juncea extract in rats. In Proceedings The 5th Annual Northeast Pharmacy Research Conference of 2013, Faculty of Pharmacy Mahasarakham University, 2013. 113-117
- [6] จารุวัฒน์ บุญวิจิตร. (2556). ผลป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารที่ชักนำโดย HCl/EtOH ในหนู ของโหระพา แมงลัก และผักกาดฮีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขากายวิภาคศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [7] T. Chuaychan, S. Moolsart, D. Heebthamai. The Development of a Management Model for Knee Osteoarthritis. Songklanagarind Journal of Nursing. 2(2018)43-59.

**การวิเคราะห์ข้อสอบออนไลน์ วิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 สาขาวิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**
**Items Analysis of Physics for Engineering 2 for the online examination,
Department of Physics Rajamangala University of Technology Thanyaburi**

ชนกนันท์ บางเลี้ยง¹ และ จันทน์ อุทธิสินธุ์^{1*}

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

*E-mail: janthanee_a@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความยากง่าย และ ค่าอำนาจจำแนก เป็นรายข้อของข้อสอบออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับ วิศวกร 2 ภาคการศึกษาที่ 2/2562 จำนวน 720 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือข้อสอบออนไลน์วิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 จำนวน 129 ข้อ การวิเคราะห์ข้อสอบพิจารณาจากค่าความยากง่าย และ ค่าอำนาจจำแนก ผลการวิจัยพบว่า ข้อสอบมีค่า ความยากง่าย ที่ระดับค่อนข้างยาก มีคุณภาพดีพอใช้ จำนวน 40 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 31.01 ระดับความยากปานกลาง มี คุณภาพดีมาก จำนวน 60 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46.51 ระดับค่อนข้างง่าย มีคุณภาพดีพอใช้ จำนวน 21 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 16.28 ส่วนข้อสอบที่ไม่มีคุณภาพตามเกณฑ์ความยากง่าย ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง มีจำนวน 8 ข้อ คือข้อสอบระดับยาก จำนวน 7 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 5.43 และข้อสอบระดับง่ายจำนวน 1 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 0.78 ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก มากกว่า 0.2 ขึ้นไป มีจำนวน 104 ข้อ โดยแยกเป็นอำนาจจำแนกสูง จำนวน 12 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 9.30 อำนาจจำแนก ค่อนข้างสูง จำนวน 42 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 32.56 และอำนาจจำแนกปานกลาง จำนวน 50 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 38.76 ส่วน ข้อสอบที่ไม่มีคุณภาพตามเกณฑ์อำนาจจำแนก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง มีจำนวน 25 ข้อ คือมีอำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ จำนวน 14 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 10.85 ไม่มีอำนาจจำแนก ($r=0.00$) จำนวน 8 ข้อ คิดเป็น ร้อยละ 6.20 และค่าอำนาจ จำแนกติดลบ จำนวน 3 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 2.33

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ข้อสอบ ข้อสอบออนไลน์ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก

Abstract

The purposes of this research are to analyze the difficulty and discrimination of online exam. The samples were 720 Engineering students of Rajamangala University of Technology Thanyaburi who registered to study Physics for engineering 2 course in the academic year 2019. The data collection tools consisted of the 129 items of Physics for Engineering 2. The item analysis was based on difficulty and discrimination. The results of this research revealed that the difficulty levels of the items contain 40 questions (31.01%) with almost difficulty level, 60 questions (46.51%) with Medium difficulty level, and 21 questions (16.28%) with almost easy level. We found 8 questions do not meet the difficulty criteria. For the discrimination level analysis, there are 104 questions for the items with the discrimination levels of more than 0.2, 12 questions (9.30%) with high discrimination level, 42 questions (32.56%) with almost high

discrimination level and 50 questions (38.76%) with medium discrimination level. We found 25 questions that did not meet the discrimination criteria.

Keywords: item analysis , online exam, difficulty, discrimination

1. บทนำ

เนื่องมาจากการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด 19 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้ประกาศแนวทางการจัดการเรียนการสอน โดยให้คณะ และวิทยาลัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีผสมผสาน ที่ไม่ ต้องมีการเรียนการสอนในห้องเรียน ซึ่งสามารถใช้วิธีการใช้โปรแกรมสำหรับการสอนรูปแบบออนไลน์ ส่วน การวัดผล ประเมินผลสามารถดำเนินการผสมผสานกับวิธีการอื่น เช่นการสอบแบบออนไลน์ การมอบหมายงาน การทำข้อสอบนอกห้อง สอบ เป็นต้น สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี รับผิดชอบจัดการ เรียนการสอน วิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 ให้แก่นักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในแต่ละภาคการศึกษา จะมีนักศึกษา ลงทะเบียนเรียน ประมาณ 1,300-1,500 คน ซึ่งในการสอบวัดผลแต่ละครั้ง ต้องจัดทำข้อสอบจำนวนมาก ใช้ผู้คุมสอบใช้ห้อง สอบจำนวนมาก ทั้งนี้ภาคการศึกษา ที่ 2/2562 สาขาวิชาฟิสิกส์ จึงได้ดำเนินการสอบออนไลน์ ในรายวิชา 09410143 ฟิสิกส์ สำหรับวิศวกร 2 อาจารย์ผู้สอนต้องออกข้อสอบจำนวนมาก เพื่อใช้ในการสอบออนไลน์

การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัยเป็นการใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์คำตอบที่ผู้สอบตอบข้อสอบปรนัยในการสอบครั้งหนึ่ง เพื่อประเมินว่าข้อสอบที่นำมาใช้ในการสอบครั้งนั้นมีคุณสมบัติอย่างไร ทำงานได้ตามที่ต้องการหรือไม่ มีระดับความยากง่าย ของข้อสอบเหมาะสมหรือไม่ มีข้อบกพร่องหรือไม่ และควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างไร [1] ประโยชน์ของการวิเคราะห์ ข้อสอบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ให้ข้อมูลแก่ผู้สอนว่าจุดบกพร่องในการเรียนการสอน อยู่ที่ไหน ให้ข้อมูลที่จำเป็นในการจัดทำแบบฝึกหัดหรือบทเรียนซ่อมเสริม ให้ข้อมูลที่น่าสนใจแก่ผู้เรียนและผู้สอนสำหรับการ อภิปรายผลของการสอบแต่ละข้อในภายหลัง ให้ประสบการณ์โดยตรงแก่ผู้สอนในการเขียนและปรับปรุงข้อสอบให้ดียิ่งขึ้น [2] การพัฒนาระบบคลังข้อสอบ และการสอบออนไลน์ เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ประยุกต์เอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการ การวัดผลการศึกษาให้มีความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้องเที่ยงตรง อีกทั้งยังเป็นวิธีการในการพัฒนาตัวข้อสอบให้ได้มาตรฐาน จัดเก็บใน รูปแบบของฐานข้อมูล แบ่งหมวดหมู่ของแต่ละวิชา แต่ละจุดประสงค์ [3] สอดคล้องกับ ทรงวุฒิ แซ่อึ้ง [4] ได้วิจัยเรื่อง ระบบ การสอบออนไลน์โดยวิธีเลือกจากความยากง่าย พบว่า ระบบคลังข้อสอบ เป็น กิจกรรมที่มีประโยชน์ช่วยในการเก็บข้อสอบที่ เป็นมาตรฐานให้เป็นหมวดหมู่ สะดวกในการนำ มาใช้หรือ การปรับปรุงก่อนนำมาใช้ใหม่ ส่วนระบบการสอบออนไลน์ ช่วยให้ การสอบนักเรียนมีความสะดวกสบาย มากขึ้น ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกข้อสอบ นักเรียนได้สอบกับแบบสอบที่เป็น มาตรฐาน ส่งผลให้ ครูผู้สอนต้องจัดการเรียนการสอนให้ครอบคลุมและตรงมาตรฐานยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะวิเคราะห์ข้อสอบที่ได้ดำเนินการสอบออนไลน์ เพื่อหาคุณภาพข้อสอบ จัดเก็บรวบรวม ข้อสอบที่มีคุณภาพไว้บนระบบออนไลน์ โดยแยกเป็นหมวดหมู่ ตรงตามมาตรฐานตัวชี้วัด ให้ครูผู้สอนสามารถเข้าถึงข้อสอบได้ สะดวก สามารถนำไปใช้ในการวัดผลประเมินผลในครั้งต่อไป

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบออนไลน์ ด้านค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่าย (p)

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

1.2.1 เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างข้อสอบวิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 มีทั้งหมด 8 เรื่องดังนี้ อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทศนศาสตร์เรขาคณิต ทศนศาสตร์กายภาพ ทฤษฎีสัมพัทธภาพ ฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์อะตอม และ ฟิสิกส์นิวเคลียร์

1.2.2 การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ พิจารณาจาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ข้อสอบออนไลน์ วิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี ” ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา 09410143 ฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 ภาคการศึกษาที่ 2/2562 จำนวน 1,334 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้เทคนิค 27% [5] จากนักศึกษากลุ่มคะแนนสูงจำนวน 360 คน และกลุ่มคะแนนต่ำ 360 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 720 คน

2.2 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการจัดทำข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การจัดทำข้อสอบ

2.2.1.1 ศึกษารายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3) จุดมุ่งหมายของรายวิชา คำอธิบายรายวิชา การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา แผนการประเมินผลการเรียนรู้ ของวิชา 09140143 ฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2

2.2.1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระที่ใช้ในการสอนจากหนังสือและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชา 09140143 ฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 เรื่อง อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทัศนศาสตร์เรขาคณิต ทัศนศาสตร์กายภาพ ทฤษฎีสัมพัทธภาพ ฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์อะตอม และ ฟิสิกส์นิวเคลียร์

2.2.1.3 ทำการออกข้อสอบโดยคำนึงถึง จุดประสงค์การเรียนรู้ การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา แผนการประเมินผลการเรียนรู้ ตามเนื้อหาสาระที่กำหนด เป็นข้อสอบปรนัย จำนวน 129 ข้อ

2.2.1.4 ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา ตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของคำถาม และตัวเลือก โดยคณะกรรมการออกข้อสอบ

2.2.1.5 จัดทำข้อสอบ แกะข้อสอบและพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์

2.2.2 การจัดการทดสอบ

แจ้งกำหนดการสอบปลายภาคเรียนให้นักเรียนทราบ การสอบครั้งนี้จะเก็บคะแนนที่คะแนนและมีเนื้อหาสาระอะไรบ้าง กำหนดวันทดสอบ โดยประกาศให้นักศึกษาทราบรายละเอียด

2.2.3 การวิเคราะห์ข้อสอบ

วิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) [6] โดยการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ ด้านค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย

ระดับความยากง่ายของข้อสอบ (p) (Level of difficulty of the items) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก

อำนาจจำแนกของข้อสอบ (r) (Discrimination power of the items) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างผู้สอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน

2.3 สถิติที่ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ [6] จากสูตร

$$2.3.1 \text{ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ} \quad p = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L} \quad (1)$$

เมื่อ p คือ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

R_H คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H คือ จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การแปลความหมายของความยากง่ายของข้อสอบ [7]

ระดับความยากง่าย (p)	ความหมาย	เกณฑ์พิจารณา
0.91 ถึง 1.00	ง่ายมาก	ไม่มีคุณภาพ
0.81 ถึง 0.90	ง่าย	
0.61 ถึง 0.80	ค่อนข้างง่าย	มีคุณภาพ
0.40 ถึง 0.60	ปานกลาง	
0.20 ถึง 0.39	ค่อนข้างยาก	
0.10 ถึง 0.19	ยาก	ไม่มีคุณภาพ
0.00 ถึง 0.09	ยากมาก	

$$2.3.2 \text{ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ} \quad r = \frac{R_H - R_L}{N} \quad (2)$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_H คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง หรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก [7]

อำนาจจำแนกของข้อสอบ(r)	ความหมาย	เกณฑ์พิจารณา
0.61 ถึง 1.00	สูง	มีคุณภาพ
0.41 ถึง 0.60	ค่อนข้างสูง	
0.20 ถึง 0.40	ปานกลาง	
0.10 ถึง 0.19	ค่อนข้างต่ำ	ไม่มีคุณภาพ
0.01 ถึง 0.09	ต่ำ	
0.00	ไม่มีอำนาจจำแนก	
ค่าลบ	ใช้ไม่ได้	

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ข้อสอบออนไลน์ วิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกร 2 สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 129 ข้อ ผู้วิจัยนำเสนอตามลำดับดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบแบ่งตามระดับความยากง่าย (p)

ผลการวิเคราะห์ระดับความยากง่าย (p) พบว่าข้อสอบที่ระดับยากถึงยากมาก ($p = 0.00 - 0.19$) ไม่มีคุณภาพ ควรตัดทิ้ง หรือปรับปรุง จำนวน 7 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 5.43 ระดับค่อนข้างยาก ($p = 0.20 - 0.39$) มีคุณภาพดีพอใช้ เก็บไว้ใช้ จำนวน 40 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 31.01 ระดับความยากปานกลาง ($p = 0.40 - 0.60$) มีคุณภาพดีมาก เก็บไว้ใช้ จำนวน 60 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46.51 ระดับค่อนข้างง่าย ($p = 0.61 - 0.80$) มีคุณภาพดีพอใช้ เก็บไว้ใช้ จำนวน 21 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 16.28 และข้อสอบที่มีระดับง่ายถึงง่ายมาก ($p = 0.81 - 1.00$) ไม่มีคุณภาพ ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง จำนวน 1 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 0.78 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลวิเคราะห์ข้อสอบแบ่งตามระดับความยากง่าย (p)

เนื้อหา	จำนวนข้อสอบแบ่งตามระดับความยากง่าย (p)				
	ยาก	ค่อนข้างยาก	ปานกลาง	ค่อนข้างง่าย	ง่าย
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	1	3	7	1	0
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	2	2	5	6	0
ทัศนศาสตร์เรขาคณิต	1	10	6	7	0
ทัศนศาสตร์กายภาพ	0	4	14	2	0
ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	0	6	9	0	0
ฟิสิกส์ควอนตัม	0	7	10	1	0
ฟิสิกส์อะตอม	2	4	4	4	1
ฟิสิกส์นิวเคลียร์	1	4	5	0	0
รวมข้อ	7	40	60	21	1
รวมร้อยละ	5.43	31.01	46.51	16.28	0.78

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบข้อสอบแบ่งตามค่าอำนาจจำแนก (r)

ผลการวิเคราะห์ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์มากกว่า 0.2 ขึ้นไป มีจำนวน 104 ข้อ โดยแยกเป็นอำนาจจำแนกสูง ($r = 0.61-1.00$) คุณภาพดีมาก เก็บไว้ใช้ จำนวน 12 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 9.30 อำนาจจำแนกค่อนข้างสูง ($r = 0.41-0.60$) คุณภาพดี เก็บไว้ใช้ จำนวน 42 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 32.56 อำนาจจำแนกปานกลาง ($r = 0.20-0.40$) คุณภาพดีพอใช้ เก็บไว้ใช้ จำนวน 50 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 38.76 อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ ($r = 0.10-0.19$) ไม่มีคุณภาพ ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง จำนวน 14 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 10.85 ไม่มีอำนาจจำแนก ($r=0.00$) ไม่มีคุณภาพ ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง จำนวน 8 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 6.20 และมีข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกติดลบ ไม่มีคุณภาพ ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้งจำนวน 3 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 2.33 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์ข้อสอบแบ่งตามค่าอำนาจจำแนก (r)

เนื้อหา	จำนวนข้อสอบแบ่งตามค่าอำนาจจำแนก (r)					
	สูง	ค่อนข้างสูง	ปานกลาง	ค่อนข้างต่ำ	ไม่มีอำนาจจำแนก	ใช้ไม่ได้
อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	0	4	5	1	2	0
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	1	4	8	1	1	0
ทัศนศาสตร์เรขาคณิต	4	8	4	4	2	2
ทัศนศาสตร์กายภาพ	4	9	6	1	0	0
ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	1	6	7	0	0	1
ฟิสิกส์ควอนตัม	1	3	10	3	1	0
ฟิสิกส์อะตอม	1	2	9	2	1	0
ฟิสิกส์นิวเคลียร์	0	6	1	3	0	0
รวมข้อ	12	42	50	14	8	3
รวมร้อยละ	9.30	32.56	38.76	10.85	6.20	2.33

4. บทสรุป

ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบจำนวน 129 ข้อ พบว่ามีคุณภาพตามเกณฑ์ระดับความยากง่าย จำนวน 121 ข้อ แบ่งเป็นระดับค่อนข้างยาก จำนวน 40 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 31.01 ระดับปานกลางจำนวน 60 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46.51 และระดับค่อนข้างง่ายจำนวน 21 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 16.28 ข้อสอบมีคุณภาพตามเกณฑ์อำนาจจำแนก จำนวน 104 ข้อ แบ่งเป็นอำนาจจำแนกสูง จำนวน 12 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 9.30 อำนาจจำแนกค่อนข้างสูงจำนวน 42 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 32.56 และอำนาจจำแนกปานกลางจำนวน 50 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 38.76

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ควรนำมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อใช้ข้อสอบในปีการศึกษาต่อไป
2. ข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ ควรจัดทำเป็นคลังข้อสอบออนไลน์ เพื่อใช้ในโอกาสต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] เชิดศักดิ์ ไธรมณรัตน์. การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัย.วารสารเวชบันทึกศิริราช. 2(2552)31-37.
- [2] สุพัฒน์ สุกมสันต์. การวิเคราะห์ข้อสอบและการตัดเกรดด้วยคอมพิวเตอร์. วิทยพัฒน์, กรุงเทพฯ. 2542.
- [3] จงภพ ชูประทีป. การพัฒนาคลังข้อสอบและระบบการสอบออนไลน์. <https://www.gotoknow.org/posts/118316>) สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2563
- [4] ทรงวุฒิ แซ่ฮึง. (2551). ระบบการทดสอบออนไลน์โดยวิธีเลือกจากความยากง่าย. ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.
- [5] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ. 2543.
- [6] ศิริชัย กาญจนวาสี. ทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม.โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2556.
- [7] สมนึก ภัททิยธนี. การวัดผลการศึกษา. โรงพิมพ์ประสานการพิมพ์, กาฬสินธุ์. 2546.

**ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการศึกษาระดับ
มหาวิทยาลัยของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**
**Relationship among core competencies, learning achievement and grade
point average of the third year Applied Physics students of Rajamangala
University of Technology Thanyaburi**

จันทน์ อุทธิสินธุ์^{1*} ศราวุธ ใจเย็น¹ และ นิธิวัฒน์ ชูสกุล¹

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

*Email: janthane_e_a@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ชั้นปีที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2561 จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) คะแนนสอบสมรรถนะทางวิชาชีพ 2) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) ผลการเรียนตลอดหลักสูตร ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ การวิเคราะห์ข้อมูลของผลการวิจัยโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนสมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนสะสม (GPAX) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับมาก ($r = .787$) คะแนนสมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการวัสดุศาสตร์และการวิเคราะห์วัสดุ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับน้อย ($r = .680$) คะแนนสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการมาตรวิทยาและเครื่องมือวัด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับมาก ($r = .793$) คะแนนสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนสะสม (GPAX) โดยมีความสัมพันธ์ระดับน้อย ($r = .522$)

คำสำคัญ: สมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการเรียนสะสม

Abstract

This research aimed to study the relationship between core competencies, learning achievement and grade point average of the third year Applied Physics students of Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The sample was 27 of the third year Applied Physics students in academic year 2018. The data collection tools consisted of 1) raw scores of core competencies 2) raw scores of learning achievement and 3) grade point average (GPAX) of the third year Applied Physics students. Data were analyzed by using Pearson's product moment correlation coefficient. The results were as follows. There was positive correlation at the high level with the significant level of .01 between raw scores of Applied

Physics instrumental competency and GPAX ($r = .787$). There was positive correlation at the low level with the significant level of .01 between raw scores of materials characterization competency and raw scores of Materials Science and Materials Characterization Laboratory course ($r = .680$). There was positive correlation at the high level with the significant level of .01 between raw scores of Scientific instrumental calibration competency and raw scores of Metrology and Instrumentation Laboratory course ($r = .793$). There was positive correlation at the low level with the significant level of .01 between raw scores of scientific instrumental calibration competency and grade point average ($r = .522$).

Keywords: core competencies, learning achievement, grade point average (GPAX)

1. บทนำ

การศึกษาเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะการศึกษาในระดับอุดมศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาบัณฑิตให้มีความเจริญงอกงามทางสติปัญญาและความคิดเพื่อความก้าวหน้าทางวิชาการและวิชาชีพชั้นสูง เศรษฐกิจในปัจจุบันและอนาคตมีการเปลี่ยนแปลงและพึ่งพาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีชั้นสูงเพิ่มมากขึ้น ทำให้สถาบันอุดมศึกษาต้องมุ่งผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ทันตามยุคสมัยด้วย

แผนยุทธศาสตร์ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) [1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีปรัชญาคือ “มุ่งเน้นการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้มีทักษะความชำนาญด้านวิชาชีพ เสริมสร้าง ทุณมนุษย์ ที่มีมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศ” คุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ คือมุ่งผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติมืออาชีพ (Hand-on) ที่มีความรู้ ทักษะวิชาชีพ ทักษะสังคม (Soft skills) และประสบการณ์ในการทำงานจริง

บัณฑิตนักปฏิบัติ หมายถึง บัณฑิตที่มีสมรรถนะตามสาขาวิชาชีพ คิดเป็น ทำเป็น สร้างเป็น แก้ปัญหาเป็น สื่อสารเป็น ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการ ความรู้ หมายถึง ศาสตร์ด้านต่าง ๆ ที่สอนอยู่ในสาขานั้น ๆ โดยสอนหลักการ ที่สำคัญ (Principle) ของศาสตร์นั้น ๆ และการประยุกต์ใช้งานในชั้นสูง ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของอาจารย์ผู้สอนที่ผ่านการอบรมแนวทางการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติในลักษณะบูรณาการองค์ความรู้มาแล้ว

ทักษะวิชาชีพ หมายถึง การฝึกปฏิบัติทักษะทางวิชาชีพพื้นฐานและขั้นสูงให้ สอดคล้องสมรรถนะสาขาวิชาชีพที่สถานประกอบการต้องการ

อุกฤษณ์ กาญจนเกตุ [2] กล่าวว่า “สมรรถนะ หมายถึง ความสามารถความชำนาญด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้บุคคลสามารถกระทำการหรือดเว้นการกระทำในกิจการใดๆ ให้ประสบความสำเร็จ หรือล้มเหลว ซึ่งความสามารถเหล่านี้ได้มาจากการ เรียนรู้ ประสบการณ์ การฝึกฝน และการปฏิบัติจนเป็นนิสัย

หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ [3] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติทางด้านฟิสิกส์ประยุกต์ ที่เน้นการฝึกปฏิบัติเพื่อใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและมีเหตุผลเพื่อรองรับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี สามารถนำความรู้ทางวิชาชีพไปประยุกต์ใช้และแก้ปัญหาในการประกอบอาชีพได้ ดังนั้นหลักสูตรได้นำแนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะมาใช้ในการกำหนด และพัฒนาคุณภาพของบัณฑิตให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ความรู้ ทักษะ และสมรรถนะทางวิชาชีพตรงกับความต้องการของสถานประกอบการ และตลาดแรงงาน รวมทั้งนำมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนแต่ละชั้นปีให้สอดคล้องกับ แผนการศึกษา บรรลุตามวัตถุประสงค์รายวิชา เมื่อดำเนินการเรียนการสอน ครบตามหลักสูตรแล้ว จะมีการประเมินนักศึกษาว่าสามารถบรรลุเป้าประสงค์ในด้านสมรรถนะที่กำหนดไว้ หรือไม่อย่างไร และนำผลที่ได้มาประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษามี สมรรถนะตรงตามเป้าหมายที่หลักสูตรกำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นการเตรียมความพร้อมของนักศึกษาก่อนจะสำเร็จการศึกษาเข้าสู่ตลาดแรงงานให้สามารถปฏิบัติงานให้ตรงตามความต้องการขององค์กรและตลาดแรงงานได้ในอนาคต

จากความเป็นมาและ ความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของประเมินสมรรถนะของนักศึกษา จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ผลการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในปรับปรุงหลักสูตรให้มีคุณภาพเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันและการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 คะแนนสมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นสูง

1.2.2 คะแนนสมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการวัสดุศาสตร์และการวิเคราะห์วัสดุ

1.2.3 คะแนนสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการมาตรวิทยาและเครื่องมือวัด

1.3 ขอบเขตเนื้อหา

สมรรถนะทางวิชาชีพ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย สมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ สมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ สมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะการนำเสนอผลงานเชิงวิชาการทางฟิสิกส์ประยุกต์ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่

1.3.1 คะแนนสอบภาคปฏิบัติสมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ สมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ สมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะการนำเสนอผลงานเชิงวิชาการทางฟิสิกส์ประยุกต์

1.3.2 คะแนนสอบข้อเขียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นสูง วิชาปฏิบัติการวัสดุศาสตร์และการวิเคราะห์วัสดุ และวิชาปฏิบัติการมาตรวิทยาและเครื่องมือวัด

1.3.3 ผลการเรียนสะสม(GPAX) ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ชั้นปีที่ 3

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะทางวิชาชีพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี” ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ตัวอย่างประชากรของการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 27 คน

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 คะแนนสอบภาคปฏิบัติสมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ สมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ สมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะการนำเสนอผลงานเชิงวิชาการทางฟิสิกส์ประยุกต์

2.2.2 คะแนนสอบข้อเขียนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นสูง วิชาปฏิบัติการวัสดุศาสตร์และการวิเคราะห์วัสดุ และวิชาปฏิบัติการมาตรวิทยาและเครื่องมือวัด

2.2.3 ผลการเรียนสะสม(GPAX) ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ชั้นปีที่ 3

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.3.1 ขออนุมัติดำเนินการวิจัยจากหน่วยงาน คือ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2.3.2 ศึกษาข้อมูลคะแนนสอบภาคปฏิบัติ และคะแนนสอบข้อเขียนของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ชั้นปีที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2561

2.3.3 ศึกษาผลการเรียนสะสม(GPAX) ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ชั้นปีที่ 3

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของผลการวิจัยโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson 's Product Moment Correlation Coefficient) [4] ใช้เกณฑ์การแปลความหมายระดับของความสัมพัธ์ดังนี้

- 0.84 - 1.00 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด
- 0.71 - 0.83 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันมาก
- 0.51 - 0.70 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันน้อย
- 0.00 - 0.50 หมายถึง มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 คะแนนสมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนสะสม (GPAX) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับมาก ($r = .787$) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการเรียนสะสม (GPAX)

สมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	การแปลผลระดับความสัมพันธ์
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	.290	ระดับน้อยที่สุด
ผลการเรียนสะสม(GPAX)	.787**	ระดับมาก

** $p < .01$

3.2 คะแนนสมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการวัสดุศาสตร์และการวิเคราะห์วัสดุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับน้อย ($r = .680$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการเรียนสะสม(GPAX)

สมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	การแปลผลระดับความสัมพันธ์
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	.680**	ระดับน้อย
ผลการเรียนสะสม(GPAX)	.369	ระดับน้อยที่สุด

** $p < .01$

3.3 คะแนนสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการมาตรวิทยาและเครื่องมือวัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับมาก ($r = .793$) และคะแนนสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนสะสม(GPAX) โดยมีความสัมพันธ์ระดับน้อย ($r = .522$) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการเรียนสะสม(GPAX)

สมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	การแปลผลระดับความสัมพันธ์
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	.793**	ระดับมาก
ผลการเรียนสะสม(GPAX)	.522**	ระดับน้อย

** $p < .01$

4. บทสรุป

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของคะแนนสมรรถนะ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการเรียนสะสม ของนักศึกษา ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ แยกประเด็นอภิปรายได้ดังนี้

คะแนนสมรรถนะที่นำมาศึกษาวิจัยครั้งนี้มี 3 สมรรถนะ คือ สมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ สมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ และสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

4.1 คะแนนสมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนสะสม (GPAX) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับมาก ($r = .787$) ทั้งนี้สมรรถนะการใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ประยุกต์ มี สมรรถนะย่อย 3 สมรรถนะ ได้แก่ 1) สามารถใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ เช่น มัลติมิเตอร์ ออสซิลโลสโคป เครื่องกำเนิดความถี่ 2) สามารถเขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าและต่อวงจรไฟฟ้าตามแผนภาพได้ สามารถใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ชั้นกลางและวิเคราะห์ผลได้ เช่น ไมเคิลสัน อินเตอร์ฟีรอมิเตอร์ เครื่องวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุ ไมโครเวฟ-ออปติก 3) สามารถใช้เครื่องมือทางฟิสิกส์ชั้นสูงและวิเคราะห์ผลได้ เช่น เครื่องวัดมุมสัมผัส เครื่องวัดรังสีแกมมา และเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคการเรืองรังสี

4.2 คะแนนสมรรถนะการวิเคราะห์วัสดุ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการวัสดุศาสตร์และการวิเคราะห์วัสดุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับน้อย ($r = .680$)

4.3 คะแนนสมรรถนะการสอบเทียบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติการมาตรวิทยาและเครื่องมือวัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) โดยมีความสัมพันธ์ระดับมาก ($r = .793$) และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนสะสม (GPAX) โดยมีความสัมพันธ์ระดับน้อยที่สุด ($r = .522$)

ทั้งนี้ผลการวิจัยอาจเนื่องมาจาก ความรู้พื้นฐานเดิม มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อุษณีย์ เทพรชัย และนิชดา สารถวัลย์แพศย์ [5] ที่พบว่าคะแนนเฉลี่ยสะสมภาคทฤษฎี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องจากนักศึกษา จะต้องนำความรู้พื้นฐานเดิม หรือความรู้ภาคทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ในการเรียนภาคปฏิบัติ เมื่อมีความรู้ภาคทฤษฎีทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาคปฏิบัติที่ดีไปด้วยกัน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ควรนำผลการวิจัยไปใช้ในการวิเคราะห์ ประเมินผลสำเร็จของหลักสูตร ตลอดจนการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสมรรถนะที่พึงประสงค์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.แผนยุทธศาสตร์ 20 ปี (2561-2580) และแผนพัฒนา มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปีงบประมาณ 2562
- [2] อุทกษณีย์ กาญจนเกตุ. (2543). การใช้ Competency ในการบริหารบุคคล. วารสารการบริหารคน, 12, 11-13
- [3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559
- [4] กัลยา วานิชย์บัญชา (2548) สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 7 ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .กรุงเทพมหานคร.
- [5] อุษณีย์ เทพรชัย และนิชดา สารถวัลย์แพศย์. (2551). รายงานวิจัย เรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาวิทยาลัย พยาบาล สังกัดสถาบันพระบรมราชชนก กระทรวง สาธารณสุข.

การบำบัดสีในน้ำเสียจากการย้อมผ้าด้วยกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน Color removal from dye wastewater by used paper from office

สิรินารี เงินเจริญ

สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
254 หมู่ 4 ถนนสุวรรณศร ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว
Email: sirinaree.th@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าด้วยการใช้กระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน ดำเนินการโดยนำกระดาษขนาด A4 80 แกรม ที่เหลือใช้ในสำนักงานมาย่อยเป็นเส้น จากนั้นแช่น้ำแล้วบรรจุลงในขวดน้ำพลาสติก อัดให้แน่นด้วยมือ ติดตั้งตามแนวตั้งเป็นชุดบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าอย่างง่าย เหน้้น้ำเสียจากการย้อมผ้าที่สังเคราะห์ขึ้น 4 สี ได้แก่ สีเหลือง สีชมพู สีน้ำเงิน และสีดำ ผ่านชุดบำบัดสีดังกล่าวแบบกะ (Batch) แล้ววิเคราะห์ผลการบำบัดสีด้วยแถบวัดระดับความเข้มสีที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมประเภทฟรีแวร์ พบว่าชุดบำบัดสีของน้ำเสียสามารถบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้โดยสามารถลดความเข้มสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้ 58-62 ระดับเมื่อเทียบกับสีของน้ำเสียเริ่มต้น ความแตกต่างของสีไม่มีผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดสีดังกล่าวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานที่บรรจุในชุดดูดซับจะมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีด้วย

คำสำคัญ: การบำบัดสี สีย้อมผ้า น้ำเสีย กระดาษ

Abstract

This research aims to study the feasibility of the color removal from dyeing wastewater using used-office paper. Procedure was operated by steps as follows, shredded the 80 gram A4 used paper then soaked in the water, packed into the plastic bottle by hand then installed vertically as the color removal of wastewater kit. Next, poured each synthetic dyes wastewater consisted of yellow, pink, blue and black by batch through the absorbed kit. Finally, the analytical step by color-scale band easily created from freeware was proceeded. The result was shown that the used paper from office was able to eliminate every dyes equals 58-62 levels compared to the original of dyes color. Color variation was not different affected on color removal significantly (P value 0.05). Anyway, it was found that the density of sorbent material had an effect on the color removal efficiency.

Keywords: color removal, dye, wastewater, paper

1. บทนำ

ผ้าไทยเป็นหนึ่งในมรดกทางวัฒนธรรมที่สะท้อนความงดงามประณีตตามวิถีที่สืบทอดต่อมาจากโบราณจนถึงปัจจุบัน ผ้าไทยเป็นผลิตภัณฑ์ทางภูมิปัญญาที่สร้างสรรค์ขึ้นเพื่อประโยชน์ในการใช้สอยควบคู่กับความงาม [1] ทั้งยังสร้างรายได้ให้กับท้องถิ่น ด้วยเหตุนี้ภาครัฐจึงมุ่งส่งเสริมหัตถกรรมทอผ้าไทยในทุกพื้นที่ให้เป็นหนึ่งในกระบวนการผลิตบนฐาน

ศักยภาพและความเข้มแข็งของชุมชนอย่างสมดุล [3] กระบวนการสร้างสรรค์ผ้าไทยประกอบด้วยหลายขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมเส้นใย การย้อมเส้นใย และการทอผ้า ในขั้นตอนการย้อมเส้นใยนั่น เดิมใช้สีจากธรรมชาติเป็นสำคัญ แต่ปัจจุบันผู้ผลิตบางรายเลือกใช้สีสังเคราะห์ซึ่งให้สีที่หลากหลาย มีราคาปานกลาง ให้สีที่คงทน [2] และเตรียมได้ง่าย อย่างไรก็ตามพบว่าสีย้อมบางชนิดเป็นพิษ กัดกร่อน อีกทั้งน้ำย้อมจากสีเคมีที่ปล่อยทิ้งส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป [6] เนื่องจากสีย้อมมีองค์ประกอบของสารอันตรายหลายชนิด น้ำสีที่เหลือจากการย้อมมีสารเคมีปริมาณมาก น้ำทิ้งจากสีย้อมบางชนิดมีค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ได้สูงถึง 100,000 มิลลิกรัมต่อลิตร [7] ทั้งยังทำลายทัศนียภาพตลอดจนบดบังแสงซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ งานวิจัยนี้จึงดำเนินการเพื่อหาแนวทางการบำบัดสีจากการย้อมผ้าดังกล่าว ทดสอบโดยการนำกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานเป็นวัสดุดูดซับ ด้วยสมมติฐานว่ากระดาษเป็นเซลลูโลสที่มีความพรุน [9] จึงมีความเป็นไปได้ในการดูดซับสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้า ทั้งนี้งานวิจัยมุ่งหมายดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสีของน้ำเสียจากย้อมผ้าซึ่งชุมชนสามารถนำไปใช้ได้ง่าย ต้นทุนต่ำ ตลอดจนเพิ่มมูลค่ากระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน อันเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าและยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเตรียมกระดาษเพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับ

เตรียมกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานโดยการนำมาย่อยด้วยเครื่องย่อยกระดาษหรือเครื่องทำลายเอกสารยี่ห้อ Fellowers รุ่น PS-70S ได้กระดาษเหลือใช้สำนักงาน ขนาด 0.4×29.4 ซม. นำไปแช่น้ำ 30 นาที ดังภาพที่ 1 นำมาผึ่งให้หมาดน้ำ 20 นาที



ภาพที่ 1 การแช่กระดาษเหลือใช้สำนักงานในน้ำเพื่อเตรียมชุดดูดซับสีของน้ำเสีย

2.2 การเตรียมน้ำเสียจากการย้อมผ้า

ซึ่งผงสีย้อมผ้าสีเหลือง ชมพู น้ำเงิน และดำ สีละ 2 กรัม ละลายในน้ำสะอาดปริมาตร 1,500 มิลลิลิตร คนให้สีละลายเป็นเนื้อเดียว

2.3 การเตรียมชุดดูดซับสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้า

เตรียมชุดดูดซับสีของน้ำเสียอย่างง่ายโดยใช้ขวดน้ำพลาสติกที่ใช้แล้วรูปทรงสี่เหลี่ยม เส้นรอบวง 19.5 เซนติเมตร (ซ.ม.) นำมาตัดฐานขวดเพื่อเป็นช่องทางบรรจุวัสดุดูดซับ ที่ปากขวดดังกล่าวซึ่งมีฝาปิดให้เจาะเป็นรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. กึ่งกลางฝาขวด แล้วนำไปตรึงด้วยเชือกกับชุดขาตั้ง หลังจากนั้นนำกระดาษจากข้อ 2.1 บรรจุในขวดพลาสติกที่เตรียมไว้ด้วยมือ ให้กระดาษดังกล่าวมีความสูงจากปากขวด 11 ซม. ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชุดดูดซับสีของน้ำเสีย

2.4 การทดสอบการดูดซับสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้า

เทน้ำเสียจากการย้อมผ้าที่เตรียมไว้ในข้อ 2.2 ลงไปในชุดบำบัดสีของน้ำเสียอย่างง่าย ทดสอบแบบกะ ครั้งละ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบเปรียบเทียบ 4 สี คือ สีเหลือง สีนํ้าเงิน สีชมพู และสีดำ จากนั้นทดสอบเปรียบเทียบเพิ่มเติมโดยการเทน้ำเสียผ่านชุดดูดซับสีที่เตรียมจากขวดพลาสติกลักษณะเดียวกันแต่ขนาดแตกต่างกัน คือ ขนาดเส้นรอบวง 19.5 ซม. และ 28 ซม. ปริมาณกระดาษที่ใช้ในขวดขนาดเล็กและขวดขนาดใหญ่ เท่ากับ 150 และ 250 กรัมตามลำดับ ดังภาพที่ 3 ทดสอบ 4 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่กรองผ่านชุดดูดซับสีของน้ำเสียลงในหลอดทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์สี

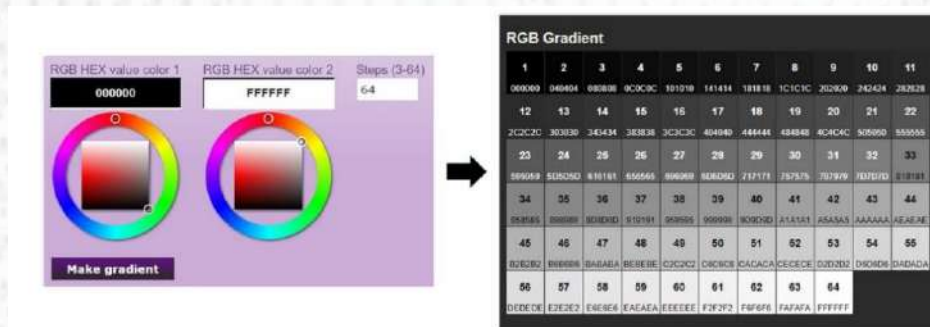


ภาพที่ 3 ขวดพลาสติกสำหรับเตรียมชุดดูดซับสี

2.5 การวัดระดับสีและวิเคราะห์ผลการบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้า

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีค่าใช้จ่าย (Freeware) คือ RGB Color Gradient Maker (เข้าถึงได้จากเว็บไซต์ www.perbang.dk/rgbgradient/) กำหนดค่าสีก่อนการบำบัดสีหรือระดับสีตั้งต้น (RGB HEX value color 1) เท่ากับระดับสีของน้ำเสียแต่ละสีก่อนการบำบัดสี และกำหนดค่าสีหลังการบำบัดสี (RGB HEX value color 2) เท่ากับสีขาว (RGB HEX value color 2 เท่ากับ FFFFFFFF) จำนวนระดับ (Steps) เท่ากับ 64 ระดับ ได้แถบวัดระดับความเข้มสี ตัวอย่างการปรับค่าและแถบวัดระดับสี แสดงได้ดังภาพที่ 4 ใช้แถบสีดังกล่าวเปรียบเทียบสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าหลังผ่านชุดบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้า บันทึกผลเป็นตัวเลขระดับสีที่ปรากฏในแถบสี จากนั้นรายงานผลเป็นจำนวนระดับสีที่ลดลงจากสีตั้งต้นซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{จำนวนระดับสีที่ลดลง} = \text{ค่าระดับสีที่อ่านได้จากแถบสี} - 1 \quad (1)$$



ภาพที่ 4 แถบวัดระดับสีสร้างจากโปรแกรม RGB Color Gradient Maker

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

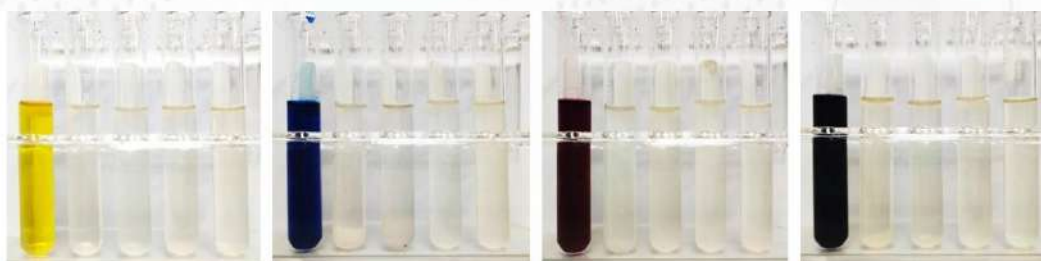
ชุดดูดซับสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าที่จัดเตรียมได้ง่ายจากกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน ด้วยเหตุที่กระดาษค่อนข้างหนาและแข็ง จึงทำการย่อยและแช่น้ำเพื่อให้กระดาษอ่อนตัวลงและบรรจุลงในขวดพลาสติกซึ่งทำหน้าที่เสมือนคอลัมน์ได้ง่ายยิ่งขึ้น การเลือกใช้ขวดพลาสติกที่ใช้แล้ว มีข้อดี คือ หาได้ง่าย ไม่มีต้นทุน พลาสติกมีความเหนียว การบรรจุกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานและอัดให้แน่นทำได้ง่ายและไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก

สำหรับการเลือกสีของสีย้อมที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ พิจารณาจากค่า RGB ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 ทั้งนี้พบว่าสีเหลืองมีค่า RGB เท่ากับ 255,255,255 และสีดำมีค่า RGB เท่ากับ 0,0,0 เป็นสีที่เหมาะสมสำหรับการนำมาเลือกใช้เนื่องจากเป็นสีอ่อนและเข้มตามลำดับและมีค่า RGB ที่ง่ายต่อการนำมาสร้างแถบวัดระดับสี นอกจากนี้ได้ศึกษาวิจัยโดยใช้สีย้อมผ้าเพิ่มเติมอีก 2 สี คือ สีชมพู และสีน้ำเงิน เนื่องจากเป็นสีซึ่งเป็นที่ยอมรับ มีความเข้มสีอยู่ระหว่างความเข้มสีของสีเหลืองและสีดำ

การทดสอบดำเนินการโดยเทน้ำเสียจากการย้อมผ้าผ่านชุดดูดซับสีน้ำเสียอย่างง่ายที่เตรียมได้ดังภาพที่ 5 กระดาษเหลือใช้ในสำนักงานจะดูดซับสีของน้ำเสียไว้ที่ผิว การดูดซับดังกล่าวเกิดขึ้นที่ด้านบนสุดของขวดพลาสติกก่อนด้านล่าง ตัวอย่างน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดสีดังกล่าวมีความใสเพิ่มขึ้น สังเกตได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน แสดงได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ตัวอย่างลักษณะการดูดซับสีของชุดดูดซับสีของน้ำเสีย



ก.

ข.

ค.

ง.

ภาพที่ 6 สีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าหลังผ่านชุดดูดซับสีของน้ำเสียเปรียบเทียบกับสีตั้งต้น

ก. สีเหลือง ข. สีน้ำเงิน ค. สีชมพู ง. สีดำ

เมื่อใช้แถบวัดระดับสี ซึ่งเตรียมตามวิธีการในข้อ 2.5 กำหนดระดับสีตั้งต้นเป็นสีน้ำเสียเสียก่อนผ่านชุดบำบัดสีและระดับสีสุดท้ายเป็นสีขาวเช่นเดียวกันทั้ง 4 สี เพื่อลดความไม่เที่ยงของการวิเคราะห์ผล การกำหนดจำนวนระดับสีของแถบสีนั้นสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 3-64 ระดับ ในการวิจัยนี้ได้กำหนดให้จำนวนระดับเท่ากับ 64 ระดับ เนื่องจากสังเกตสีหลังทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก จำเป็นต้องใช้แถบสีที่มีความละเอียดสูง การกำหนดจำนวนระดับยิ่งมากจะวิเคราะห์ผลได้ละเอียดมากขึ้น เมื่อนำแถบสีดังกล่าวไปวิเคราะห์ผล สามารถรายงานผลเป็นจำนวนระดับสีที่ลดลง ทั้งนี้ ประสิทธิภาพการบำบัดสีจะแปรผันตามกับค่าตัวเลขที่ระบุจำนวนระดับสี ผลการศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนระดับสีที่ลดลงเมื่อบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าด้วยชุดดูดซับสีของน้ำเสีย

สีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าก่อนผ่านชุดบำบัดสี	จำนวนระดับสีที่ลดลงเมื่อบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าด้วยชุดดูดซับสี
สีเหลือง 	61.75 ± 0.50
สีน้ำเงิน 	60.75 ± 1.26
สีชมพู 	61.75 ± 0.50
สีดำ 	61.00 ± 0.82

พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าด้วยกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานในชุดดูดซับสีนั้นสูงมาก กล่าวคือ กระดาษเหลือใช้ในสำนักงานสามารถบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้ 58-62 ระดับสี เป็นไปตามสมมติฐานตั้งต้นของการวิจัย จึงเป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้ เช่นเดียวกับวัสดุที่มีความพรุนหรือวัสดุธรรมชาติราคาต่ำ [5] ที่สามารถใช้บำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้ ประสิทธิภาพการบำบัดจากการมองด้วยตาเปล่าพบว่ามีความแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ชุดดูดซับสีนี้สามารถบำบัดสีเหลืองได้ดีกว่าสีน้ำเงิน สีชมพู และสีดำตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าชุดบำบัดสีนี้สามารถบำบัดสีย้อมอ่อนได้ดีกว่าสีย้อมเข้ม อย่างไรก็ตามการทดสอบซ้ำและวิเคราะห์ผลทางสถิติจากการใช้แถบวัดระดับสีให้ผลว่าการบำบัดสีแต่ละสี ทั้งสีเหลือง สีฟ้า สีชมพู และสีดำ มีประสิทธิภาพที่ดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value}=0.25$; $\alpha=0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแถบวัดระดับสีที่สร้างขึ้นนั้นมีความเข้มสีแต่ละระดับใกล้เคียงกัน

เมื่อทดสอบเพิ่มเติมกรณีใช้คอลัมน์ขนาดแตกต่างกัน คือ คอลัมน์จากขวดน้ำขนาดใหญ่และขนาดเล็กที่บรรจุปริมาณกระดาษแตกต่างกัน ให้ผลว่าขนาดคอลัมน์ที่แตกต่างกันส่งผลให้การบำบัดสีแตกต่างกัน การใช้คอลัมน์ขนาดใหญ่ที่บรรจุกระดาษมากกว่าสามารถบำบัดสีได้ 58-60 ระดับ อีกนัยหนึ่งคือ การใช้คอลัมน์หรือขวดขนาดเล็กกว่าให้ผลการบำบัดสูงกว่าชุดบำบัดสีที่ใช้ขวดขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value}=7.04\text{E-}08$; $\alpha=0.05$) เป็นที่น่าสังเกตประสิทธิภาพการบำบัดสีแปรผกผันกับปริมาณกระดาษหรือขนาดคอลัมน์ วิเคราะห์จากผลทดสอบพบว่าชุดดูดซับสีบนกระดาษเหลือใช้ดังกล่าวในชุดบำบัดสีที่จัดเตรียมนั้นจะเกิดขึ้นที่บริเวณด้านบนของวัสดุชุดดูดซับก่อนกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานด้านบนชุดทดสอบมีสีย้อมที่ถูกดูดซับมากกว่าด้านล่าง แสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ลักษณะการดูดซับของสีย้อมผ้าบนกระดาษเหลือใช้ในสำนักงาน

ปริมาณน้ำเสียที่หลงไปทดสอบไม่ได้มีปริมาณมากจนกระทั่งกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานที่บรรจุลงไปในขวดพลาสติกของชุดบำบัดสีทั้งหมดติดสีย้อมจากน้ำเสียที่นำมาทดสอบ ปริมาณกระดาษและปริมาตรขวดพลาสติกจึงไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีหากใช้น้ำเสียในปริมาณไม่มาก ความเป็นไปได้ของประสิทธิภาพการบำบัดสีดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับ ความหนาแน่นของกระดาษที่บรรจุลงในขวดพลาสติก จากการสังเกตพบว่าในขั้นตอนบรรจุวัสดุดูดซับด้วยมือกับขวดพลาสติก ขนาดเล็กกว่าจะดำเนินการอัดวัสดุดูดซับให้แน่นได้ง่ายกว่า ความหนาแน่นดังกล่าวส่งผลให้การไหลของน้ำเสียช้าลง การดูดซับสีที่เกิดขึ้นจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. บทสรุป

กระดาษเหลือใช้ในสำนักงานสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุดูดซับสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านกรรมวิธีการเตรียมอย่างง่าย ได้แก่ การนำกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานมาแช่น้ำจากนั้นบรรจุลงในขวดพลาสติกที่ทำหน้าที่เสมือนคอลัมน์ เมื่อเทน้ำเสียลงไปแบบกะ น้ำเสียจากการย้อมผ้าสามารถไหลผ่านวัสดุดูดซับดังกล่าวโดยกระดาษเหลือใช้ในสำนักงานทำหน้าที่เป็นวัสดุดูดซับสีไว้ น้ำเสียหลังผ่านชุดบำบัดสีอย่างง่ายนี้เมื่อวิเคราะห์ด้วย การใช้แถบวัดระดับสีที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม RGB Color Gradient Maker เป็น 64 ระดับสี พบว่าระดับสีลดลงจึงมีความเข้มสีลดลง 58-62 ระดับ ผลการวิจัยยังบ่งชี้ว่าประสิทธิภาพการบำบัดสีแปรผันกับความหนาแน่นของวัสดุดูดซับ

5. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นจึงควรดำเนินการศึกษาต่อไปโดยวิเคราะห์ปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการบำบัดสีของน้ำเสียจากการย้อมผ้าเพิ่มเติม อาทิ อัตราการไหลของน้ำเสีย ความหนาแน่นของวัสดุดูดซับ และจำนวนครั้งที่วัสดุดูดซับสามารถใช้งานได้ นอกจากนี้ควรวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความเค็ม หรือค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง แม่นยำ และเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้มากขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] จรัสพิมพ์ วังเย็น. แนวคิดหลังสมัยการย้อนสู่โลกแห่งภูมิปัญญา. *วารสารสถาบันวัฒนธรรมและศิลปะ*. 13(2554) 20-23.
- [2] ดวงรัตน์ อินทร. การกำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอโดยการดูดซับด้วยรูปลูกชีและหญ้าแอมแปร์ปรับสภาพ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 2548.
- [3] พิษณุภรณ์ บัวสระ ฌนฤฤ ทวีสุทธิ์ และกฤตติกา แสนโกชน์. ยุทธศาสตร์การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ผ้าทอพื้นเมืองของกลุ่มทอผ้า จังหวัดหนองบัวลำภู. *วารสารมหาจุฬานาครธรรมศาสตร์*. 6(10) 5259-5271.
- [4] ไพฑูริย์ ธีระพญาน สิรินทรเทพ เต่าประยูร ดวงรัตน์ อินทร เพ็ชรพร เขาวงกตเจริญ ประไพ ธุระกิจ. การกำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี. 2549.
- [5] ไพรัตน์ แก้วสาร. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้วัสดุธรรมชาติที่มีราคาต่ำจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย .กรุงเทพฯ ,2548.
- [6] ตะวัน ตันยะแหละ รวิเทพ มุสิกะปาน และสิริมา สัตยาธาร. *การสร้างสรรค์สีย้อมธรรมชาติและลายผ้าเพื่อพัฒนาผ้าบาติกสู่ชุมชน*. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ครั้งที่ 9, นครบุรี, 2560. 103-113.
- [7] วิโรจน์ สารการโกศล. มลภาวะ และอันตรายของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า. *วารสารสิ่งแวดล้อม*. 21(1) 7-14.
- [8] อรุณ นาคชาติ ธีระพงษ์ แกมแก้ว รัตนา แสนแสง นวรัตน์ พัวพันธ์ และศิริกุล อัมพะวะสิริ. การย้อมสีไหมด้วยเม็ล็ดมะขามและเปลือกหุ้มเม็ล็ดมะขาม. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*. 5(2560) 59-70.
- [9] S. Tanpichai, S. Witayakran, Y. Srimarut, W. Woraprayote, Malila, Y, Porosity, density and mechanical properties of the paper of steam exploded bamboo microfibrils controlled by nanofibrillated cellulose. *Journal of Materials Research and Technology*. 8(2019) 3612-3622.

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาสถิติวิศวกรรม Development Computer-Assisted Instruction Subject Engineering Statistics

นิกร สุขชาติ^{1*} และ ประวิทย์ ตฤณรัชตเมธี²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

7/1 ถนนนนทบุรี 1 ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

²สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

7/1 ถนนนนทบุรี 1 ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

*Email: Niko440@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในรายวิชาสถิติวิศวกรรม ให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และ 2) เปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาที่เรียนระหว่าง ก่อน – หลังการเรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใน รายวิชาสถิติวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในรายวิชาสถิติวิศวกรรม แบบประเมินคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และ t-test dependent ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในรายวิชาสถิติวิศวกรรม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.49/80.91 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 2) หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติวิศวกรรม

Abstract

The purposes of this research were 1) to develop computer-assisted instruction on “Engineering Statistics” on basis of efficiency criteria 80/80 and 2) to compare students’ learning achievement between before and after using the developed CAI. The sample was industrial engineering students of Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Nonthaburi Campus amount 11 persons. The research Instruments were CAI, assessment form of CAI quality, pre-test and post-test, and practical assessment form. Data was statistically analyzed in percentage, mean, standard deviation, and t-test dependent. The findings revealed as follows: 1) The efficiency of the developed CAI involving measured 84.49/80.91, which was higher than the specified criteria. 2) The students’ learning achievement after learning through the developed CAI was high than that before the experiment at significance level 0.05.

Keywords: Computer-assisted instruction , Learning achievement , Engineering Statistics

1. บทนำ

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมของไทยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทั้งจากการลงทุนภายในและภายนอกประเทศ ทำให้มีความต้องการบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านกระบวนการผลิตสูง ประเทศจึงต้องมีการเตรียมความพร้อมในการสร้างบุคลากรที่มีคุณภาพและปรับปรุงพัฒนาการผลิตสินค้า ให้ได้มาตรฐานในการรองรับการเติบโตของภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมเติบโตไปได้อย่างไม่ติดขัดในการพัฒนาการผลิตสินค้าและผลิตบุคลากรให้มีคุณภาพ จำเป็นต้องได้รับความรู้เกี่ยวกับวิชาสถิติวิศวกรรม เนื่องจากเนื้อหาวิชานี้มีความสำคัญและเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงาน

วิชาสถิติวิศวกรรม (Engineering Statistics) มีบทบาทสำคัญหลายด้าน อาทิ ด้านอาหาร ด้านผลิตภัณฑ์สินค้า ด้านโรงงานต่างๆ วิชาสถิติวิศวกรรม เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการเก็บข้อมูล เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในด้านต่างๆ เช่น ใช้วิเคราะห์ปริมาณสินค้าว่ามีข้อดีของเสีย มากน้อยเท่าไร ใช้เปรียบเทียบรายรับ รายจ่ายที่เกิดขึ้น หรือใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่างสินค้าที่ผลิตออกมา และเป็นวิชาที่พบคั้งในหลักสูตร เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาอื่นๆ ต่อไป เช่น วิชาการควบคุมคุณภาพ และ วิชาการวางแผนและควบคุมการผลิต ของหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560) ดังนั้นนักศึกษาทุกคนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดี สำหรับเนื้อหาในรายวิชานี้บางบทเรียนมีเนื้อหาที่ซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ หากมีสื่อที่ช่วยให้นักศึกษาสามารถกลับมาทบทวนได้ด้วยตนเองตลอดเวลา ทำให้นักศึกษาเข้าใจในบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นแนวทางในการนำมาทำการวิจัยแบบบูรณาการเพื่อพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถการใช้สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยการเรียนรู้ด้วยตนเองวิชาสถิติวิศวกรรม (Engineering Statistics) รหัสวิชา 106 -12- 01 เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และทำความเข้าใจกับเนื้อหาได้ประสบผลสัมฤทธิ์มากขึ้น จะส่งผลโดยรวมต่อการเรียนการสอน อีกทั้งยังเป็นแนวทางให้ผู้สอนและผู้สนใจได้ศึกษาและพัฒนาต่อไปในอนาคต

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาวิชาที่นำมาสร้างบทคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นเนื้อหาในวิชาสถิติวิศวกรรม ตามหลักสูตร ครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ [1] ได้แก่ ความน่าจะเป็น การแจกแจงความน่าจะเป็นที่ใช้ทั่วไป การสุ่มตัวอย่าง การประมาณค่าทางสถิติ การทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน การประยุกต์สถิติกับงานอุตสาหกรรม ระยะเวลาคือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 15 สัปดาห์ๆ ละ 3 ชั่วโมงรวม 45 ชั่วโมง

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต(ค.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาสถิติวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 11 คน

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน ในวิชาสถิติวิศวกรรม จำนวน 1 ชุด

2.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสถิติวิศวกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียน

2.4 วิธีการสร้างเครื่องมือ

2.4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) วิเคราะห์ด้านผู้เรียน วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.4.2 ขั้นตอนการออกแบบ(Design) เขียนแผนโครงเรื่อง(Storyboard) เพื่อกำหนดขอบเขต เนื้อหา และเวลาให้เหมาะสม

2.4.3 ขั้นตอนการผลิตและพัฒนา (Development)สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน

2.4.4 ขั้นตอนการนำไปทดลองใช้ (Implementation) ด้วยการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นไปใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพสื่อดังนี้ ทดสอบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing) ทดสอบกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) และ การทดลองภาคสนาม (Field Testing)

2.4.5 ขั้นตอนการประเมินและปรับปรุง (Evaluate and Improve) นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน วิชาสถิติวิศวกรรม ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

2.4.6 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบคู่ขนานแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตร เนื้อหา และวิเคราะห์หลักสูตร [1] โดยพบว่าคำอธิบายรายวิชาและจุดประสงค์ของรายวิชาของหลักสูตรระบุไว้กว้างเกินไป และรายละเอียดเกี่ยวกับหัวข้อเรื่อง และเรื่องย่อยมีไม่เพียงพอ

2) นำแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบให้คะแนนหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่าข้อสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมระหว่าง 0.60-1.00 [2]

3) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองกับนักศึกษาที่เคยเรียนวิชาสถิติวิศวกรรมมาแล้วจำนวน 20 คน แล้วนำมาวิเคราะห์รายข้อ พบว่าแบบทดสอบ มีความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.20-0.9 มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.26-0.60 [3] และมีค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) มีค่า 0.73 [2]

2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.5.1 ผู้วิจัยแนะนำการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้แก่ผู้เรียนเกี่ยวกับวิธีใช้โปรแกรม จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาที่เรียน เวลาที่ใช้ในการเรียน และมอบแผ่นโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน ให้ผู้เรียนเพื่อใช้ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.5.2 ผู้เรียนทำแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบก่อนเรียน หลังจากนั้นเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยทำแบบฝึกหัดเมื่อจบหน่วยเรียน และทำแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบหลังเรียน เมื่อเรียนจบเนื้อหาบทเรียนตามที่ผู้วิจัยนัดหมาย

2.5.3 นำข้อมูลจากการทดลองไปวิเคราะห์

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน วิชาสถิติวิศวกรรม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.49/80.91 ดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการวิจัยหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาสถิติวิศวกรรม บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.49/80.91 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น มีการจัดทำอย่างมีระบบและขั้นตอนการเรียนรู้ มีการประเมินผลที่ตรงกับเนื้อหาวิชาตามหลักสูตร ซึ่งสอดคล้องกับชนม์ขนิษฐ วัชรวิทย์สมบัติ [4] ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การออกแบบโฮมเพจ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80) เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร เนื้อหาสาระที่นำเสนอสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหา

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน

แบบฝึกหัดระหว่างเรียน			คะแนนสอบ			ประสิทธิภาพ ของบทเรียน
คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	
180	152.09	84.49	40	32.36	80.91	84.49/80.91

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนที่ด้วยเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (ค่าเฉลี่ย 16.55 คะแนน) สูงกว่า ก่อนเรียน(ค่าเฉลี่ย 12.73 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนที่ด้วยเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอนที่สร้างขึ้น พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจาก การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอนมีส่วนกระตุ้นให้นักศึกษามีความตั้งใจ และสนใจเรียน มีการใช้สื่อหลายชนิดมาประกอบทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย และยังมีแบบฝึกหัด ที่จะทำให้นักศึกษาสามารถทราบผลความก้าวหน้าทางการเรียนของ

ตนเอง อีกทั้งสามารถเรียนได้อย่างไม่จำกัดเวลา และทบทวนได้ตามที่ต้องการ สอดคล้องกับ นรินทร์ อินทรี และคณะ [5] ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างเว็บเพจ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีเนื้อหาสาระตรงตามหลักสูตร ให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์มีเนื้อหาถูกต้องตามลำดับขั้นตอน เนื้อเรื่องมีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสนใจและตั้งใจเรียนมากขึ้นจึงทำให้ผลการเรียนสูงขึ้น

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนที่ด้วยเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอน

	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของ ผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	12.73	1.618	3.82	2.316	5.468 *	10	0.000
หลังเรียน	16.55	1.508					

**p<0.05

4. บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในรายวิชาสถิติวิศวกรรม แบบประเมินคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test dependent ผลการวิจัยพบว่า บทเรียน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.49/80.91 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งหากมีการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนในวิชาอื่นๆ ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ตรงตามความต้องการของผู้เรียน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ได้ให้ความสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ และให้ทุนอุดหนุนการวิจัย งบกองทุนส่งเสริมงานวิจัย พ.ศ.2563 ขอขอบคุณคณะผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำปรึกษาและตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิทุกๆ ท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในทุกๆ ด้าน เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้ขับเคลื่อนไปได้โดยไม่ติดขัด รวมถึงนักศึกษาที่มีส่วนร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. สำนักวิทยบริการ,นนทบุรี.2559
- [2] พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. สำนักทดสอบทางการศึกษาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, กรุงเทพมหานคร.2540
- [3] บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. การวิจัย การวัดและการประเมินผล. โรงพิมพ์ศรีอนันต์, กรุงเทพมหานคร.2543
- [4] ชนม์ชนิษฐ์ วิศิษฐ์สมบัติ. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การออกแบบโฮมเพจ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์. 1(2015) 204-212.
- [5] นรินทร์ อินทรี และคณะ. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การสร้างเว็บเพจ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์. 2(2015) 63-74.

การใช้เทคนิค QFD ช่วยในการออกแบบ เพื่อความอยู่รอดของผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพและปริมณฑล กรณีศึกษาการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ประเภทโต๊ะทำงาน

The Use of QFD for Product Design to Survival of Small Furniture Entrepreneurs in Bangkok and Perimeter: Case Study of Desk Design

ชาคริต ศรีทอง^{1*} และ อรวิกา ศรีทอง¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

*Email: charcrit@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยแบบประสาณวิธี มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงานด้วยการใช้เทคนิค Quality Function Deployment (QFD) ได้แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอน
ที่ 1 ของการศึกษาคือการค้นหาความต้องการของผู้ใช้ เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพโดยการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก
ผู้ให้ข้อมูลได้ดังนี้ ผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพและปริมณฑล จำนวน 2 ท่าน ตัวแทนกลุ่มลูกค้าที่ใช้
เฟอร์นิเจอร์จากร้านขนาดเล็ก 2 ท่าน นักออกแบบเฟอร์นิเจอร์ จำนวน 2 ท่าน และตัวแทนจำหน่ายสินค้า จำนวน 2 ท่าน รวม
ทั้งสิ้น 8 ท่าน ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนการวิจัยเชิงปริมาณ โดยการสร้างแบบสอบถามเพื่อใช้ในเทคนิค QFD โดยสำรวจความ
ต้องการจากผู้ที่เคยซื้อเฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงานในเขตกรุงเทพและปริมณฑลจำนวน 400 คน ผลที่ได้จากการศึกษา
พบว่าจุดเน้นในการออกแบบให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามีอยู่ 3 ข้อ ได้แก่ 1 วัสดุต้องเรียบและไม่มีเสี้ยน 2 ความยืดหยุ่น
ของวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการกระแทก และ 3 การออกแบบที่เข้ากันได้กับหลายๆ พื้นที่ และได้นำเอาความต้องการจาก
ลูกค้ามาแปลเป็นองค์ประกอบเพื่อผลิตให้ได้ตามความต้องการ

คำสำคัญ: เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงาน ผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์
ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

Abstract

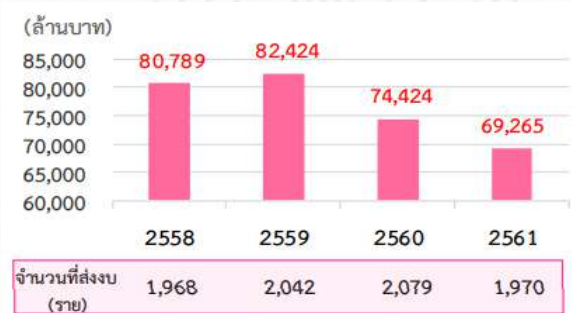
This study was a mixed methods research. The purpose of this study was to provide the design and development approaches for desk furniture by using Quality Function Deployment (QFD). The study steps categorized as follows: step 1 of this study was to seek the needs of users. This step was a qualitative research which collected the data by in-depth interview. The respondents consisted of two small furniture entrepreneurs in Bangkok and perimeter, two representatives of small furniture customers, two furniture designers, and two representatives of small furniture distributors, total eight persons. Step 2 was the step of a quantitative research which constructed the questionnaires for QFD process by surveying the needs of 400 who used to buy the desk furniture in Bangkok and perimeter. The study results showed that there were three important points in designing process in order to meet the customer needs: 1 materials must be smooth and free of burrs, 2 the flexibility of materials which had no harm from

crushing, and 3 the design was compatible with many areas and used the needs of customers to translate into the elements of production to meet the customer needs.

Keywords: Quality Function Deploymen, Desk furniture design, Small furniture entrepreneurs in Bangkok and perimeter

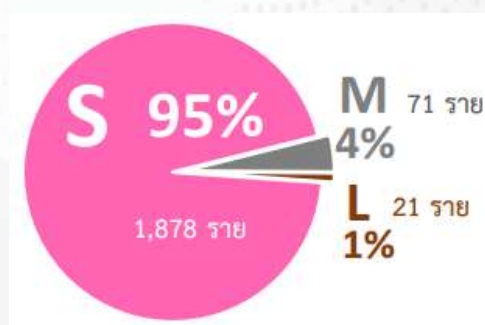
1. บทนำ

จากการคาดการณ์ของศูนย์วิจัยกสิกรไทย [4] พบว่ากลุ่มธุรกิจซึ่งต้องพึ่งระวัง ประกอบด้วย 5 ธุรกิจ ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วน เสื้อผ้าสำเร็จรูป ของเด็กเล่น อ้อยและน้ำตาล และสถานบริการน้ำมัน ทั้งนี้ เนื่องจากตัวแปรด้านอัตราดอกเบี้ย ราคาเชื้อเพลิง และเสถียรภาพการเมืองจะยังคงเป็นตัวแปรหลักที่จะมีผลต่อความต้องการซื้อเฟอร์นิเจอร์ในประเทศ ส่วนตลาดส่งออกก็อาจจะฟื้นตัวลำบาก เพราะคู่ค้าหลัก อาทิ สหรัฐฯ ญี่ปุ่น และประเทศในแถบยุโรปประสบกับภาวะเศรษฐกิจชะลอตัว ผู้ประกอบการจึงต้องเร่งแสวงหาตลาดใหม่ ๆ เพื่อลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาตลาดหลักเพียงไม่กี่ตลาด และจากการวิเคราะห์สถานการณ์ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ของหน่วยวิเคราะห์เศรษฐกิจภาคการค้าส่วนเศรษฐกิจรายสาขาของธนาคารออมสิน [5] พบว่ารายได้รวมของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ตั้งแต่ปี 2558-2561 ปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2559 ดังภาพที่ 1 แสดงภาพรวมของรายได้จากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์



ภาพที่ 1 แสดงภาพรวมของรายได้จากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสัดส่วนจำนวนผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์แยกตามขนาดธุรกิจในปี 2561 พบว่าอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์มีผู้ประกอบการขนาดเล็กอยู่เป็นจำนวนมากประมาณร้อยละ 95 ดังภาพที่ 2 แสดงสัดส่วนของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ซึ่งทำให้เกิดการแข่งขันที่ค่อนข้างสูง



ภาพที่ 2 แสดงสัดส่วนของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยเห็นว่าผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ต้องเน้นพัฒนาสินค้านวัตกรรมหรือรูปแบบใหม่ ๆ ที่มีความโดดเด่นตรงตามความต้องการและไลฟ์สไตล์การใช้ชีวิตของกลุ่มลูกค้าจึงจะสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันจากบริษัท

เฟอร์นิเจอร์ขนาดใหญ่และเฟอร์นิเจอร์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ประเทศเวียดนาม จึงเป็นที่มาของการใช้เทคนิค QFD เพื่อการออกแบบสินค้าให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้บริษัทขนาดเล็กของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์รอดจากสภาวะทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงานด้วยการใช้เทคนิค QFD และขั้นตอนการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. การกำหนดรายละเอียดเพื่อการออกแบบการศึกษา [1] เป็นการวิจัยแบบผสมวิธี โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ของการศึกษา คือ การค้นหาความต้องการของผู้ใช้ (Customer Requirement) โดยขั้นตอนนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยคัดเลือกจากผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล ตัวแทนกลุ่มลูกค้าที่ใช้เฟอร์นิเจอร์จากร้านขนาดเล็ก และผู้เกี่ยวข้อง เช่น นักออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ตัวแทนจำหน่ายสินค้า และกลุ่มผู้ให้ข้อมูลจะต้องสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกได้ครบตามที่ผู้วิจัยต้องการ โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสโนว์บอลล์ซึ่งมีจำนวนผู้ให้ข้อมูลดังนี้ ผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล จำนวน 2 ท่าน ตัวแทนกลุ่มลูกค้าที่ใช้เฟอร์นิเจอร์จากร้านขนาดเล็ก 2 ท่าน นักออกแบบเฟอร์นิเจอร์ จำนวน 2 ท่าน และตัวแทนจำหน่ายสินค้า จำนวน 2 ท่าน รวมทั้งสิ้น 8 ท่าน เพื่อระบุความต้องการของผู้ใช้เฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงาน หลังจากนั้นทำการรวบรวมความต้องการทั้งหมดและนำมาทำการจัดกลุ่มและจัดเรียงถ้อยคำใหม่

2. การสำรวจเสียงความต้องการของผู้ใช้บริการในขั้นตอนที่ 2 นำแนวคิด R.C. Turner & L. Carlson [7] มาเป็นแนวทาง โดยมีขั้นตอนการวิจัยแบบผสมวิธี ได้นำความต้องการของลูกค้าหรือเสียงของลูกค้าที่ผ่านการจัดเรียงด้วยใช้เครื่องมือการวิจัยเชิงคุณภาพคือ แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagram) ทำการสรุปข้อมูลโดยคัดเลือกเฉพาะความต้องการที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการให้บริการ จุดเด่น และจุดด้อยให้เป็นหมวดหมู่ให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปประยุกต์ใช้ต่อไปในการออกแบบสอบถาม เพื่อหาคะแนนความสำคัญและการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ได้อย่างสะดวก และนำแนวทางการศึกษาของ อมรรรัตน์ และอรุณกร (2546) มาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม สำหรับการศึกษาเชิงปริมาณในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาข้อมูลจากกลุ่มผู้ซื้อเฟอร์นิเจอร์จากร้านขนาดเล็กในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยให้ทำการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงาน โดยกลุ่มประชากรไม่ทราบจำนวน ดังนั้นผู้วิจัยทำการเลือกกลุ่มประชากรจากผู้ที่เคยซื้อเฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงานจากร้านเฟอร์นิเจอร์ โดยแจกแบบสอบถามผ่านระบบออนไลน์ และแจกแบบสอบถามผ่านร้านค้าเฟอร์นิเจอร์ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยกลุ่มประชากรที่ได้ใช้ตามขนาดจากทฤษฎีของ Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ค่าจากตารางที่กำหนดค่าที่แน่นอนหรือใช้สูตรในการคำนวณดังสมการที่ 1

$$n = N / (1 + Ne^2) \quad (1)$$

กำหนดให้
 n คือ ขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้
 N คือ จำนวนประชากร
 e คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างมีความคลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยยอมรับได้เท่ากับร้อยละ 5 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 385 คน คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 400 คน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบและป้องกันการผิดพลาดของการเก็บข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการคัดเลือกแบบบังเอิญ (Accidental Selection) ผ่านระบบออนไลน์ และผู้ซื้อโดยผ่านร้านค้าเฟอร์นิเจอร์ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยมีเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างมีอายุ 18 ปีขึ้นไป เนื่องจากมีวุฒิภาวะสามารถตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้าได้ โดยเลือกทั้งเพศชายและเพศหญิง
- 2) ผู้ที่เคยซื้อเฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงานที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลนำความต้องการจากแบบสอบถามมาจัดทำแบบสอบถาม เพื่อสำรวจหาระดับคะแนน ความสำคัญและต้องการ ในแต่ละปัจจัยความต้องการโดยในแบบสอบถามได้กำหนดระดับคะแนนความสำคัญและความ ต้องการเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดความหมายของระดับคะแนนทั้ง 5 ระดับคะแนนดังนี้

5	หมายถึง สำคัญมาก
4	หมายถึง สำคัญมาก
3	หมายถึง สำคัญปานกลาง
2	หมายถึง สำคัญน้อย
1	หมายถึง ไม่มีความสำคัญ

เนื่องจากข้อมูลจากแบบสอบถามมีลักษณะเป็นการเลือกให้ระดับคะแนน วิธีที่ให้ค่าเฉลี่ยที่เชื่อถือได้มากที่สุด คือ การใช้ค่าเฉลี่ย เรขาคณิต

วิธีการแปลผลแบบสอบถามใช้ค่าเฉลี่ย ตามเกณฑ์คะแนนดังนี้

$$\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด} = \frac{5 - 1}{5}$$

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจความต้องการอยู่ในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง มีความพึงพอใจความต้องการอยู่ในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง มีความพึงพอใจความต้องการอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง มีความพึงพอใจความต้องการอยู่ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง มีความพึงพอใจความต้องการอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพขั้นตอนการทำเทคนิค QFD [3] ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์คือ ใช้ House of Quality ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 บ้านแห่งคุณภาพ(House of Quality: HOQ) [3]

การสร้างเมทริกซ์ความสัมพันธ์ เป็นขั้นตอนการกำหนดความสัมพันธ์สิ่งที่ผู้รับบริการต้องการและตัวแทน ลักษณะเฉพาะทางคุณภาพ โดยการให้คะแนนความสัมพันธ์ของความต้องการใช้ตัวเลขแทนความสัมพันธ์ โดยการทำ QFD ครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดค่าความสัมพันธ์ดังนี้

- กำหนดให้
- @ = มีความสัมพันธ์สูง (5)
 - O = มีความสัมพันธ์ปานกลาง (3)
 - X = มีความสัมพันธ์ต่ำ (1)

การหาความสัมพันธ์ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละเมตริกจะแบ่งผลลัพธ์ออกเป็นความต้องการที่ใช้ในการตอบสนองต่อความต้องการนำเข้า และระดับความสำคัญในแต่ละความต้องการที่ใช้ในการตอบสนอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในแต่ละความต้องการสามารถตอบสนองได้เพียงใดโดยมีระดับความสำคัญเป็นตัวชี้วัด [2]

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการสำรวจความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer) ซึ่งในการสำรวจความต้องการของลูกค้าได้ทำการสำรวจจากกลุ่มตัวแทนผู้ประกอบการเฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็กในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 2 ท่าน ตัวแทนกลุ่มลูกค้าที่

ความสะดวกในการทำงาน	พื้เก็บได้สะดวก	5
	สามารถถอดประกอบได้	7.5
	ไม่เลอะง่าย	7.5
	น้ำหนักเบา	10
	นำมาต่อกับโต๊ะทำงานหรือตู้อื่นๆ ได้	8.75
	ปรับเปลี่ยนรูปทรงได้หลายแบบ	8.75
รูปแบบ และความสวยงาม	สามารถเปลี่ยนขนาดแผ่นของโต๊ะ	5
ความสบายเวลาใช้งาน	ถูกหลักสรีรศาสตร์	11.25
	สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสรีระของ	10
น้ำหนักเบา	มีความทนทาน	8.75
	มีความมั่นคง	8.75
	รับน้ำหนักได้มาก	8.75

ภาพที่ 4 แสดงรายละเอียดข้อความต้องการของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเชิงลึก

ชื่อคำศัพท์ทางเทคโนโลยี		ความต้องการใช้งาน	ความสำคัญของการใช้งาน (1-9)	คุณสมบัติของวัสดุ								กระบวนการ			ประสิทธิภาพของ	เปรียบเทียบ			ต้นทุนรวม	อัตราการเพิ่ม	จรรยา	ไม่พบข้อบกพร่อง	น้ำหนักตามการใช้งาน
				วัสดุต้องรับแรงและไม่เปลี่ยน	วัสดุมีน้ำหนักเบา	วัสดุทนทานต่อการชน	ความแข็งแรงของวัสดุ	ความยืดหยุ่นของวัสดุ	น้ำหนักของวัสดุ	สีผิวของวัสดุ	การออกแบบ	การเชื่อมต่อ	วิธีการผลิต	ประสิทธิภาพ A		ประสิทธิภาพ B	ประสิทธิภาพ C						
ความสะดวกในการใช้งาน	พับเก็บได้สะดวก	5								ⓐ		○	3	3	3	3	5	1.7	○	15.87	4.53		
	สามารถถอดประกอบได้	7.5	ⓐ										4	4	4	5	6	1.5		9.52	2.9		
	ไม่เลอะง่าย	7.5		ⓐ							○		4	4	5	5	6	1.5	○	9.52	2.9		
	น้ำหนักเบา	10							ⓐ				1	1	1	1	4	4		23.81	7.24		
	นำมาต่อกับโต๊ะทำงานหรือตู้อื่นๆ ได้	8.75						ⓐ			X	○	1	1	1	1	4	4	ⓐ	19.05	5.6		
	ปรับเปลี่ยนรูปทรงได้หลายแบบ	8.75									ⓐ		○	1	1	1	1	4	4		19.05	5.6	
รูปแบบ และความสวยงาม	สามารถเปลี่ยนขนาดแผ่นของโต๊ะได้	5								ⓐ	○		1	1	1	1	4	4	○	14.29	4.35		
ความสบายเวลาใช้งาน	ถูกหลักสรีรศาสตร์	11.3						ⓐ			○		1	1	1	1	4	4	○	4.96	1.51		
	สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสรีระของ	10									ⓐ		4	3	3	4	5	1.3	ⓐ	19.05	5.8		
น้ำหนักเบา	มีความทนทาน	8.75	ⓐ			ⓐ	○						1	1	1	1	4	4		2.38	0.72		
	มีความมั่นคง	8.75								ⓐ			2	1	1	1	3	1.5		2.38	1.81		
	รับน้ำหนักได้มาก	8.75					ⓐ				○		2	1	1	1	3	1.5		5.95	3.62		
ความสำคัญของการประกอบคุณภาพ			81.50	14.49	19.56	11.74	51.31	14.5	60.8	237	36.2	67.9											
น้ำหนักของประกอบคุณภาพ			10.09	1.79	2.24	1.45	6.35	1.79	3.14	44.1	1.08	27.8											

ภาพตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดข้อความต้องการของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเชิงลึก

ใช้เฟอร์นิเจอร์ที่เคยซื้อไม่น้อยกว่า 3 ครั้งจำนวน 2 ท่าน นักออกแบบเฟอร์นิเจอร์ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 2 ท่าน และตัวแทนจำหน่ายสินค้าที่ประกอบกิจการมาแล้วไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 2 ท่าน รวมทั้งสิ้น 8 ท่าน หลังจากที่ได้ทำการจัดเรียงถ้อยคำความต้องการของลูกค้าแล้ว จากนั้นทำการจัดกลุ่มความต้องการเหล่านั้นให้เป็นหมวดหมู่ โดยอาศัยเทคนิคการระดมความคิดจากฝ่ายต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องและสามารถจัดหมวดหมู่ได้เป็น 4 กลุ่มคือ 1 ความสะดวกในการใช้งาน 2 รูปแบบและความสวยงาม 3 ความสบายเวลาใช้งาน 4 น้ำหนักเบา โดยสามารถแยกรายละเอียดเพื่อนำมาสร้างเป็นแบบสอบถามได้ดังภาพที่ 4

หลังจากนั้น นำความต้องการทั้งหมดมากำหนดแบบสอบถามเพื่อหาคะแนนความสำคัญของแต่ละความต้องการ โดยใช้แนวทางการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ตามแบบ Turner and Carlson [7] จำนวน 400 ชุด จากกลุ่มประชากรที่ไม่ทราบแน่ชัด ค่าความคลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยยอมรับได้เท่ากับ ร้อยละ 5 และนำผลความต้องการของกลุ่มผู้ใช้บริการที่รวบรวมได้มาหาความสัมพันธ์ ขั้นตอนต่อไป กำหนดข้อจำกัดของการออกแบบโต๊ะทำงาน และจัดลำดับความสำคัญของแต่ละความต้องการจะได้ตามภาพที่ 5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของผู้ใช้กับองค์ประกอบคุณภาพ

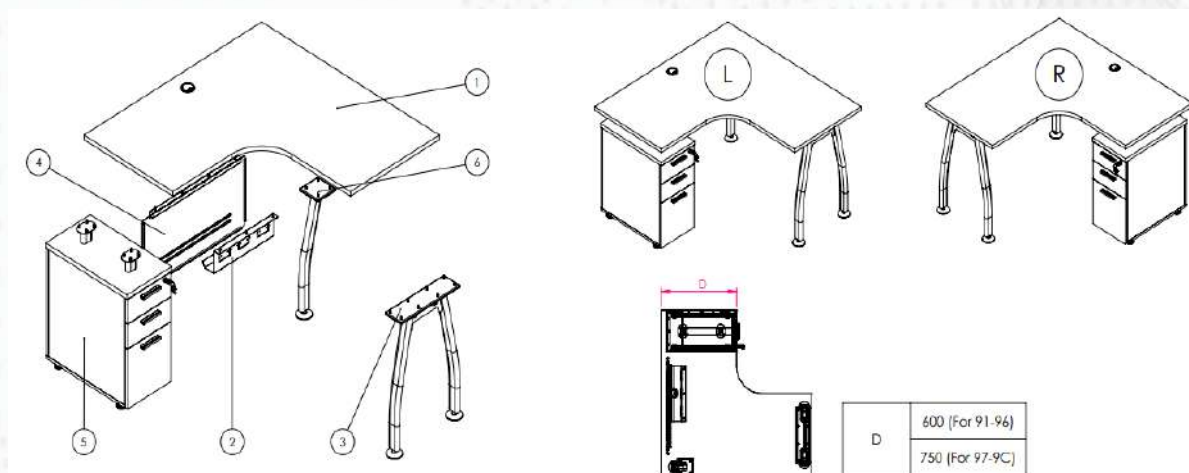
ลำดับที่	ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมายทางด้านเทคนิค	ค่าน้ำหนักความสำคัญ ของข้อกำหนดทาง เทคนิคสมบูรณ์	% ของค่าน้ำหนัก ความสำคัญของข้อกำหนด ทางเทคนิคโดยเปรียบเทียบ
1	น้ำหนัก	มีน้ำหนักรวมต่อตู้ของตู้ที่สูงที่สุดไม่เกิน 55 กิโลกรัม	233.92	6.52
2	เหล็กแผ่นขาว	เหล็กแผ่น SPCC หนา 0.5 มิลลิเมตร	231.85	6.46
3	ความแข็งแรง	ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ได้รับมาตรฐาน ISO	230.18	6.42
4	ความปลอดภัย	ไม่เกิดอันตรายระหว่างการใช้งาน	202.64	5.65
5	เหล็กมีคุณภาพ	ใช้มาตรฐานของ JIS จากโรงงานผลิตเหล็กแผ่นขาว	202.40	5.64
6	ระบบล็อก	มีกุญแจล็อก และลูกกุญแจสำรอง 2 ดอก	193.51	5.40
7	จัดเก็บเอกสารแบบเพิ่มแขน	จัดเก็บเอกสารแบบเพิ่มแขนขนาด A4	157.77	4.40
8	เคลื่อนย้ายได้	ลูกล้อแบบหมุนได้ 4 ล้อ	157.67	4.40
9	การเก็บเพิ่มแขน	จัดเก็บเอกสารแบบเพิ่มแขนขนาด FC	157.67	4.40
10	มีความหลากหลาย	นำผู้ต่างชนิดกันมาซ้อนกันได้	150.78	4.20
11	ความสะดวกของลิ	ลิมีคุณภาพ คงทน มีอายุการใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 5 ปี	148.02	4.13
12	การปรับระดับของชั้นวาง	ปรับระดับได้ 2, 3, 4, ช่วงตามความสูงของผู้	143.31	4.00
13	การประกอบ	มีคู่มือให้ในการประกอบ	141.81	3.95
14	จัดเก็บเอกสารแบบเพิ่มสันห้ว	จัดเก็บเอกสารแบบเพิ่มสันห้วที่มีความสูงไม่ 350 มิลลิเมตร	139.97	3.90
15	การเก็บเพิ่มสันห้ว	เก็บเพิ่มสันห้วที่มีความสูง ไม่ 350 มิลลิเมตร ได้ทุกชั้น	139.97	3.90
16	การปิด-เปิด	การปิด-เปิด เงียบและนุ่มนวล	138.69	3.87
17	วัสดุของลิที่ใช้	ใช้สีผงอบแห้งของใจตัน	118.66	3.31
18	การเคลื่อนย้าย	สามารถเคลื่อนย้ายคนเดียวได้	109.78	3.06
19	จัดเก็บอุปกรณ์	เก็บเอกสาร เก็บอุปกรณ์ในสำนักงาน และเครื่องมือช่าง	105.77	2.95
20	พื้นผิว	ทำความสะอาดง่ายโดยใช้ผ้านุ่มและสะอาด	101.28	2.82
21	จำนวนลิ	มีลิให้เลือก 4 ลิ และสามารถสั่งลิพิเศษได้	97.97	2.73
22	คุณลักษณะของลิ	ป้องกันการเกิดสนิมได้ 100 %	90.52	2.52
23	มีลิ้นชัก	มีลิ้นชักตั้งแต่ 2 ลิ้นชักขึ้นไป	86.05	2.40
24	ประชิดเนื้อที่การใช้งาน	บานประตู 2 บานประตู	78.85	2.20
25	มีหน้าที่เพิ่มนอกจากหน้าที่หลัก	ใช้เป็นผู้เก็บเอกสาร หรือตู้โชว์ได้	27.39	0.76

ภาพที่ 6 แสดงการเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคสมบูรณ์

เมื่อได้ข้อมูลจากความต้องการของผู้ใช้เฟอร์นิเจอร์ประเภทโต๊ะทำงาน ทางคณะผู้วิจัยนำข้อกำหนดทางเทคนิคที่ต้องการ (Technical Requirement) เป็นเทคนิคที่ได้จากการระดมสมองของเจ้าของกิจการ ฝ่ายขาย ฝ่ายผลิต ฝ่ายออกแบบช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เพื่อหาเทคนิคที่จะสามารถทำให้ตอบสนองแต่ละความต้องการของลูกค้าและจากผลในภาพที่ 5 พบว่าจุดเน้นในการออกแบบให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามีอยู่ 3 ข้อ ได้แก่ 1 วัสดุต้องเรียบและไม่มีเสียง 2 ความยืดหยุ่นของวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการกระแทก และ 3 การออกแบบที่เข้ากันได้กับหลายๆ พื้นที่ ดังนั้นคณะผู้ออกแบบต้องนำเอาความต้องการจากลูกค้ามาแปลเป็นองค์ประกอบเพื่อผลิตให้ได้ตามความต้องการ โดยทำการกำหนดเป้าหมายทางด้านเทคนิคและต้องมีต้นทุนที่อยู่ภายใต้กรอบข้อจำกัดที่บริษัททำได้จึงใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาต่าง ๆ ดังนี้

1. เครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องจักรที่มีอยู่ภายในองค์กร
 2. เทคโนโลยีที่มีอยู่ภายในองค์กร
 3. ความรู้ความสามารถของพนักงานภายในองค์กร
- จากการพิจารณาข้างต้นจึงได้ข้อกำหนดต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 6

จากข้อกำหนดดังภาพที่ 6 ทางคณะผู้วิจัยร่วมกับนักออกแบบของบริษัทได้นำข้อมูลทั้งหมดมาแบ่งเป็นหัวข้อของการออกแบบเป็น กลุ่มวัสดุ กลุ่มเทคนิคการออกแบบองค์ประกอบของโต๊ะทำงาน และกลุ่มของรูปทรง โดยแต่ละกลุ่มของความความต้องการทางคณะผู้วิจัยได้จัดทำรูปแบบเบื้องต้นสำหรับโต๊ะทำงานโดยเน้นความสำคัญทั้ง 3 กลุ่ม และได้ทำการสรุปรูปแบบร่างได้ดังภาพที่ 7 ซึ่งแสดงแบบร่างของโต๊ะทำงาน



ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างแบบร่างของโต๊ะทำงานที่ได้จากขั้นตอนการแปลความต้องการของลูกค้า

4. บทสรุป

จากการศึกษาถึงแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ประเภทโต๊ะทำงานที่เป็นไปตามขั้นตอนของเทคนิคบ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) พบว่าขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีขั้นตอนและผลที่ได้จากการพัฒนาสอดคล้องกับงานวิจัยของ [2] และ [6] ที่ต้องทราบถึงความต้องการหรือความคาดหวังของลูกค้าจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งความต้องการนี้เรียกว่า ความต้องการของลูกค้า และข้อมูลที่ได้รับมาจากแบบสอบถาม ซึ่งผลของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของ [2] มีลักษณะสอดคล้องกัน คือ ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้และเป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้ และจากผลวิจัยเชิงคุณภาพด้วยการระดมความคิด (Brainstorming) และ การสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากสำหรับเทคนิคบ้านคุณภาพ (House of Quality: HOQ) จะได้รับแนวทางที่ต้องการในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ประเภทโต๊ะทำงาน และจากการทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยขั้นตอนของ QFD พบว่ามีการนำขีดความสามารถในการผลิตของบริษัทมาเปรียบเทียบกับความต้องการของลูกค้าและคู่แข่งกัน เพื่อพัฒนาให้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ และมีการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในด้านเฟอร์นิเจอร์สำนักงานเพื่อหาจุดขายและจุดที่ควรแก้ไขของผลิตภัณฑ์ก่อนนำสู่ตลาด ดังนั้น

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงตรงกับความต้องการของลูกค้า และสามารถสร้างจุดเด่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของบริษัทเพื่อเป็นจุดขายให้กับผลิตภัณฑ์ของบริษัทได้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาคกริต ศรีทอง, อรวิภาศรีทอง. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์: กรณีศึกษาการออกแบบเก้าอี้สำนักงาน. *วารสารไวยอลงกรณ์ปริทัศน์*. ปีที่ 6(2). 111-124.
- [2] นกิสพร มีมงคล และคณะ. (2012). การประยุกต์ใช้ QFD เพื่อค้นหาคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์ผ้าระวังผู้ป่วย. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 17(4): 515-527.
- [3] ประจบ ดิบุตร และชาคกริต ศรีทอง. (2562). การประยุกต์ใช้ QFD เพื่อการออกแบบที่พอกอาศัยสำหรับผู้สูงอายุ. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2562 วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี. 1363-1370.
- [4] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย <https://kasikornresearch.com/th/analysis/k-econ/business>, (2563, 8 กรกฎาคม).
- [5] ศูนย์วิจัยธนาคารออมสิน, หน่วยวิเคราะห์เศรษฐกิจภาคการค้าส่วนเศรษฐกิจรายสาขาของธนาคารออมสิน, https://www.gsresearch.or.th/wpcontent/uploads/2019/11/IN_furniture_10_62_detail.pdf, (2563, 8 กรกฎาคม).
- [6] อมรรัตน์ ปินตา และอรรถกร เก่งพล. (2546). การปรับปรุงสินค้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD):กรณีศึกษาโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 13(4): 36-42.
- [7] Turner,R.C. and Carlson,L., (2003). Indexes of Items-objective Congruence for Multidimensional Items. *International Journal of Testing*, 3(2), 163-171.

แนวทางการบริหารจัดการทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอส

The Study on the Guidelines for managing the BTS Skywalks

อินทิรา ชลธัญญา^{1*} และ กฤษฎา พิศลยบุตร¹

¹สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

*Email: inthira_chonthanya@hotmail.com

บทคัดย่อ

ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอสมีหลายแห่งในกรุงเทพมหานคร และบางแห่งจัดว่าเป็น พื้นที่สาธารณะ ภาครัฐมีหน้าที่บริหารจัดการ และเนื่องจากผู้วิจัยพบว่าทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอสสถานีช่องนนทรีกับสะพานกลางแยกสาธิตนราธิวาส มีแสงไฟส่องสว่างไม่เพียงพอในเวลาค่ำคืนมาเป็นเวลานานหลายปี ผู้วิจัยจึงหาวิธีการศึกษาวิจัย โดยหาทฤษฎีและมาตรฐานสากลมาจัดทำตารางตรวจสอบ และเดินสำรวจพร้อมถ่ายภาพ ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอสที่มีอยู่ในประเทศไทย 4 รูปแบบ มาเปรียบเทียบได้แก่ 1) ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้ากับสถานีรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตลิงค์ 2) ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้า กับสถานีรถไฟฟ้ากับรถไฟฟ้าใต้ดิน 3) ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่เอกชน 4) ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอส กับสถานที่สาธารณะ ผู้วิจัยได้นำมาตรวจสอบการให้บริการระบบขนส่งผู้โดยสารสาธารณะ ของยุโรป EN13816 และ EN15140 มาเป็นแนวทางในการทำตารางตรวจสอบตามหลัก ด้านสถาปัตยกรรม ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และด้านกฎหมาย และเดินสำรวจด้วยตนเองในฐานะผู้ใช้บริการ จากนั้น นำผลการวิจัยที่ได้มาศึกษาหาเหตุผลของการให้บริการจัดการที่ไม่เหมือนกัน จึงทราบว่า ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอส เป็นพื้นที่พิเศษที่บริหารจัดการโดยภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน โดยผล การศึกษาทราบว่า ทางเดินเชื่อมต่อที่บริหารงานโดยภาครัฐ มีข้อบกพร่องในการให้บริการแก่ประชาชน เช่น แสงไฟส่องสว่าง, ลิฟต์, บ้ายต่างๆ ทางเดินเชื่อมต่อที่บริหารงานโดยรัฐวิสาหกิจ และเอกชน มีความสมบูรณ์แบบมากกว่าในหลายด้านเนื่องจาก ปัจจัยด้านพาณิชย์ เหตุผลที่ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าทั้ง 4 รูปแบบมีความแตกต่างกันเพราะการบริหารโดยหน่วยงานที่ต่างกัน ผู้วิจัยพบว่า ในต่างประเทศ คือประเทศเยอรมันนี และได้หวั่น มีจุดพื้นที่ทางเดินเชื่อมต่อในแบบเดียวกันและสามารถบริการ ประชาชนที่ใช้บริการรถไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี เนื่องจากบริหารโดยหน่วยงานเดียว ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าหากประเทศไทย บริหาร จัดการทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอส โดยหน่วยงานเดียวกันทั้ง 4 รูปแบบ ปัญหาสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานในการให้บริการ สาธารณะก็อาจจะไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยลง และ หากภาครัฐจัดหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบพื้นที่ประเภททางเดินเชื่อมต่อ ระบบขนส่งมวลชนที่ครอบคลุมการบริการในทุกด้าน เพื่อให้บริการสาธารณะอย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะส่งผลดีต่อการพัฒนา ประเทศในด้านการขนส่งคมนาคมต่อไป

คำสำคัญ: ทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอส , ระบบขนส่งมวลชน, กฎหมาย

Abstract

There are many BTS Skywalks in Bangkok. Somewhere the skywalks are classified as public areas, that place the government has administrative duties. We found that light along the walkway connecting Chong Nonshi station and Sathorn-Narathiwas bridge has not been enough for years. We bring many theories and international standards to create a checklist and we walk on skywalks for checking and taking pictures. In Thailand, there are has skywalks 4 types to compare: 1) BTS Skywalk to the Airport Link Station 2) BTS Skywalks to the MRT stations 3) BTS Skywalks to the private places 4) BTS Skywalks to the

public places. We made a checklist which we need to examine the architecture, engineering and legal. We explore the skywalks by ourselves as a customer. Then the results were used to study the reasons for the different management. The survey results show that skywalks are a special area managed by the government, the state enterprise and the private sectors. The government's management of Skywalks was poor because there were still many problems such as electric lighting, elevators, signs. The organizations that can manage the Skywalks very well like international standards are the state enterprise and the private, because they both have commercial interests from the customers and they are not restricted by law. The reason for the differences in the management of the four skywalks, we have found that in Germany and Taiwan have the same skywalks and that they can serve the masses to good public transport connections because they chose to operate by a single operator. We saw that, Thailand in the future will be managed all four Skywalks by a single operator. The government can better solve basic infrastructure problems. If the government establishes an organization that manages the Skywalk to connect the comprehensive mass transit system for all routes. This will make the public service more efficient and to develop the country in the transport sector.

Keywords: BTS Skywalk, Mass Transit System, Law

1.บทนำ

การจัดการบริการสาธารณะขั้นพื้นฐานให้แก่ประชาชนโดยครบถ้วนเป็นการบ่งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการบริหารจัดการประเทศปัจจุบันรัฐบาลได้เร่งดำเนินการในการให้บริการระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งด้วยระบบรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทางเดินเชื่อมต่อบนขนส่งมวลชนจึงเป็นสิ่งปลูกสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ในประเทศไทยและเมื่อผู้ใช้บริการเดินเท้ามากขึ้นก็ต้องมีการบริหารจัดการที่ดีแต่เมื่อผู้วิจัยในฐานะผู้ใช้บริการได้พบว่า มีทางเดินเชื่อมต่อบนขนส่งมวลชนบางแห่งที่มีการให้บริการสาธารณะขั้นพื้นฐานไม่ครบถ้วน จึงอยากค้นคว้าวิจัยถึงรูปแบบการบริหารจัดการของทางเดินเชื่อมต่อบนขนส่งมวลชน และได้เลือกทางเดินเชื่อมต่อบนรถไฟฟ้าบีทีเอส เพราะรถไฟฟ้าบีทีเอสเปิดให้บริการสายแรกของประเทศไทยและเชื่อมโยงระบบขนส่งมวลชนอื่นรอบกรุงเทพ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาตรฐาน EN13816 และ EN15140 และทฤษฎีการให้บริการสาธารณะต่างๆมาศึกษาและเดินสำรวจทางเดินเชื่อมต่อบนรถไฟฟ้ากับระบบขนส่งมวลชน และสถานที่ต่างๆในกรุงเทพเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบโดยจัดทำตารางขึ้นเองเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องการบริหาร หมายถึง การใช้ศาสตร์และศิลป์นำเอาทรัพยากรบริหาร (administrative resource) เช่น คน เงิน วัสดุ สิ่งของ และการจัดการมาประกอบการตามกระบวนการบริหาร (process of administration) เช่น POSDCORB model ให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] การบริหารเป็นการประสานความพยายามของมนุษย์(อย่างน้อย 2 คน) และทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดผลตามต้องการ [2] การบริหาร หมายถึง ระบบที่ประกอบไปด้วยกระบวนการในการนำทรัพยากรทางการบริหาร ทั้งทางวัตถุและคนมาดำเนินการเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล [3] การบริหารในลักษณะที่เป็น “กระบวนการ” หมายถึงกระบวนการนำเอาการตัดสินใจและนโยบายไปปฏิบัติ ส่วนการบริหารรัฐกิจ หมายถึง เกี่ยวข้องกับการนำเอานโยบายสาธารณะไปปฏิบัติ [4] การบริหาร คือ การจัดการทรัพยากรที่มี อยู่ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อตอบสนองความต้องการของบุคคล องค์กร หรือประเทศหรือการจัดการเพื่อผลกำไรของ ทุกคนในองค์กร [5] การบริหารในฐานะที่เป็นกระบวนการหรือกระบวนการบริหารเกิดได้จากหลากหลายแนวคิด เช่น โพสคอรบ (POSDCORB) เกิดจากแนวคิดของ ลูเทอร์ กุลลิค (Luther Gulick) และ ลินดอล เออร์วิค (Lyndall Urwick) ประกอบด้วย ขั้นตอนการบริหาร 7 ประการได้แก่ การวางแผน (planning) การจัดองค์การ (organizing) การบริหารงานบุคคล (staffing) การอำนวยการ (directing) การประสานงาน (coordinating) การรายงาน (reporting) และการงบประมาณ (budgeting) ขณะที่กระบวนการบริหารตามแนวคิดของ ฟาโยล (Henry Fayol) ประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ การวางแผน (planning) การจัดองค์การ (organizing) การบังคับการ (commanding) การประสานงาน (coordinating) และการควบคุมงาน (controlling) หรือรวมเรียกว่า พอคค์ (POCCC) [6] การบริหาร

หมายถึงกิจกรรมที่บุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปร่วมกันดำเนินการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ [7] งานบริหารทุกอย่างจำเป็นต้องกระทำโดยมีหลักเกณฑ์ ซึ่งกำหนดจากการวิเคราะห์ศึกษาโดยรอบคอบทั้งนี้เพื่อให้มีวิธีที่ดีที่สุดในอันที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตมากยิ่งขึ้นเพื่อประโยชน์สำหรับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง [8] การบริหาร คือ ศิลปะในการทำงานให้บรรลุเป้าหมายร่วมกับผู้อื่นการทำงานต่างๆให้ลุล่วงไปโดยอาศัยคนอื่นเป็นผู้ทำภายในสภาพองค์การที่กล่าวนั้นทรัพยากรด้านบุคคลจะเป็นทรัพยากรหลักขององค์การที่เข้ามาร่วมกันทำงานใน องค์การ ซึ่งคนเหล่านี้จะเป็นผู้ใช้ทรัพยากรด้านวัตถุอื่น ๆ เครื่องจักร อุปกรณ์ วัตถุดิบ เงินทุน รวมทั้งข้อมูลสนเทศต่าง ๆ เพื่อ ผลิตสินค้าหรือบริการออกจำหน่ายและตอบสนองความพอใจให้กับสังคม [9] การจัดการ หมายถึง การดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้โดยอาศัยปัจจัยทั้งหลาย ได้แก่ คน เงิน วัสดุสิ่งของ เป็นอุปกรณ์การจัดการนั้น [10] มาตรฐานยุโรป European Standard EN 13816 และ EN 15140 ในประเทศภาคพื้นยุโรปได้จัดทำมาตรฐานขึ้น เพื่อเป็นแนวทางและคำแนะนำแก่หน่วยงานขนส่งสาธารณะไว้ คือ EN 13816 และ EN 15140 ซึ่งเป็นมาตรฐานในการวัด คุณภาพของการให้บริการระบบขนส่ง ผู้โดยสารสาธารณะ (public passenger transport: PPT) มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมคุณภาพสำหรับการขนส่งสาธารณะให้ตรงกับความต้องการและความคาดหวังของลูกค้า มาตรฐานยุโรป EN13816 เป็นกรอบด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ ส่วน EN 15140 เป็นส่วนขยายที่ใช้ร่วมกับ EN 13816 ที่จะมีการละเอียดเกี่ยวกับวิธีการวัดคุณภาพการให้บริการกับลูกค้า ซึ่งข้อกำหนดและคำแนะนำในมาตรฐานทั้งสองนี้สามารถนำไปประเมินคุณภาพการให้บริการโดยองค์กรกลางหรือโดยผู้ให้บริการเองก็ได้ สำหรับหลักการในการพิจารณาการให้บริการแสดงในภาพที่กำหนดคุณภาพการให้บริการเป็นแผนภูมิวงรอบ โดยความต้องการคุณภาพในการให้บริการจะเป็นผลสะท้อนหรือเป็นปัจจัยในการควบคุมและการกำหนดระดับคุณภาพในการให้บริการ ที่ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของผู้ใช้บริการ 2) ส่วนของผู้ให้บริการ ทั้งสองส่วนจะต้องมีความสมดุลกันระหว่างคุณภาพการให้บริการของผู้ให้บริการต่อความคาดหวังในการบริการของลูกค้าผลการประเมินจะทำให้ทราบสถานะและปรับปรุงระบบการดำเนินงานให้มีคุณภาพและตรงกับความต้องการของผู้ใช้บริการอยู่เสมอ และช่วยให้องค์กรมั่นใจได้ว่าได้นำประสบการณ์ของผู้ใช้บริการมาประกอบพิจารณา เช่นเวลาในการเดินทางความสะดวกสบายผลกระทบจากปัญหาต่าง [11] การทบทวนรูปแบบการบริหารจัดการระบบรถไฟความเร็วสูงในต่างประเทศในการศึกษาระบบรถไฟความเร็วสูงในต่างประเทศ ที่ปรึกษาได้คัดเลือกโครงการรถไฟความเร็วสูงที่ได้ก่อสร้างเสร็จสิ้นและได้เริ่มให้บริการเดินรถแล้วมาพิจารณา โดยคัดเลือกกลุ่มของประเทศที่มีโครงสร้างการจัดการระบบรถไฟความเร็วสูงที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นทางเลือกในการจัดการที่ หลากหลาย ในปัจจุบันประเทศที่มีบริการระบบรถไฟความเร็วสูงเกือบทั้งหมดเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว หรือมีระดับรายได้ ประชาชาติต่อหัวที่สูงกว่าประเทศไทย ยกเว้นกรณีของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนที่มีรายได้ประชาชาติต่อหัวที่ต่ำกว่า ประเทศไทย แต่เนื่องจากโครงสร้างการตัดสินใจและโครงสร้างทางการเมืองของประเทศจีนมีความแตกต่างจากประเทศไทย มาก จึงตัดประเทศจีนออกจากกลุ่มประเทศที่จะทำการศึกษารูปแบบการบริหารจัดการระบบรถไฟความเร็วสูงใน 6 ประเทศ ต่อไปนี้เป็นกรณีศึกษาโดยเป็นระบบในยุโรป 3 ระบบและเป็นระบบในเอเชีย 3 ระบบ [12] 1) ระบบShinkansen ของประเทศญี่ปุ่น 2) ระบบNorth-South HSR ของไต้หวัน 3) ระบบ KTX ของประเทศเกาหลีใต้ 4) ระบบ ICE ของประเทศเยอรมนี 5) ระบบ TGV ของประเทศฝรั่งเศส และ 6) ระบบ AVE ของประเทศสเปน

ตารางที่ 1-2 สรุปโครงสร้างการบริหารจัดการระบบรถไฟความเร็วสูงในประเทศ
ที่เอื้อใช้เป็นกรณีศึกษา

		ญี่ปุ่น Shinkansen	ไต้หวัน THSR	เกาหลีใต้ KSR	เยอรมนี ICE	ฝรั่งเศส TGV	สเปน AVE
หน่วยงานกำกับ		MJTT		CTM		MIT	MPWT
โครงสร้างพื้นฐาน (Sub-structure)	ออกแบบ ก่อสร้าง	JRTT					
	บริหาร อนุรักษ์	JR's					
โครงสร้างพื้นฐาน (Super-structure)	ออกแบบ จัดทำ	JRTT		KORCA		RFF	ADIF
	บริหาร อนุรักษ์		THSR		DB		
ขบวนรถ	จัดทำ จัดซื้อ	JR's					
	บำรุงรักษา			Korail		SNCF	RENFE
จัดการเดินรถ							
บริหารพื้นที่สถานี							ADIF

MJTT = Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism / CTM = Construction and Transportation Ministry / MIT = Ministry of Transport and Tourism / MPWT = Ministry of Public Works and Transport

รูปที่ 1 ตารางสรุปโครงสร้างการบริหารจัดการระบบรถไฟความเร็วสูงในประเทศต่างๆ [12]

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษารูปแบบของการบริหารจัดการทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่ต่าง ๆ ในด้านสถาปัตยกรรม และด้านวิศวกรรม รวมถึงกฎหมายและมาตรฐานการบริหารจัดการ
- 2) เพื่อศึกษารูปแบบในการบริหารจัดการทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่ต่าง ๆ
- 3) เพื่อเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่ต่าง ๆ

3. วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยนำมาตรฐานยุโรป European Standard EN 13816 มาวิเคราะห์ คัดเลือกเฉพาะหัวข้อที่สามารถนำมาวัดเชิงคุณภาพการให้บริการ กับทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสได้ และนำมาปรับปรุงใหม่เป็นตารางเปรียบเทียบ การวัดเชิงคุณภาพ การให้บริการเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับการเก็บข้อมูลภาคสนาม เริ่มต้นจากการสำรวจกายภาพของพื้นที่ โดยลงพื้นที่ ตามที่กำหนดไว้ ตอนกลางวัน และตอนกลางคืน และประเมินความสอดคล้องด้วยตารางที่จัดเตรียมไว้

การเปรียบเทียบการวัดเชิงคุณภาพการให้บริการของทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอส 4 ลักษณะ			1 ทางเดินเชื่อมต่อ รถไฟฟ้าบีทีเอสกับ รถไฟฟ้าแอร์พอร์ต เรลลิงก์		2 ทางเดินเชื่อมต่อ รถไฟฟ้าบีทีเอสกับ รถไฟฟ้าใต้ดิน		3 ทางเดินเชื่อมต่อ รถไฟฟ้าบีทีเอสกับ สถานที่เอกชน		4 ทางเดินเชื่อมต่อ รถไฟฟ้าบีทีเอสกับ สถานที่สาธารณะ	
เกณฑ์การวัด	เกณฑ์เรื่อง	คำอธิบาย	สอดคล้อง	ไม่ สอดคล้อง	สอดคล้อง	ไม่ สอดคล้อง	สอดคล้อง	ไม่ สอดคล้อง	สอดคล้อง	ไม่ สอดคล้อง
1. ความพร้อม (availability)	1.1 รูปแบบการใช้งาน (modes)	มีรูปแบบการใช้งานที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีการเข้าถึงได้รอบกลุ่มพื้นที่ที่อยู่และเหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้บริการ	X		X		X		X	
	1.2 โครงข่าย (network)	ขอบเขตของการให้บริการขนส่งผู้โดยสารสาธารณะที่อยู่ในเส้นทางหลักหรือเส้นทางรอง จึงการเปลี่ยนผู้โดยสารระหว่างหน่วยบริการขนส่งสาธารณะโดยไม่คำนึงถึงรูปแบบการขนส่งผู้โดยสาร	X		X		X		X	

รูปที่ 2 ตารางเปรียบเทียบการวัดเชิงคุณภาพให้บริการของทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้า BTS

- 1) ภาพถ่ายจากการเดินสำรวจทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานีรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรลลิงก์



รูปที่ 3 ทางเดินเชื่อมต่อสถานีพญาไท



รูปที่ 4 บันไดเลื่อนสถานีพญาไท

2) ภาพถ่ายจากการเดินสำรวจทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

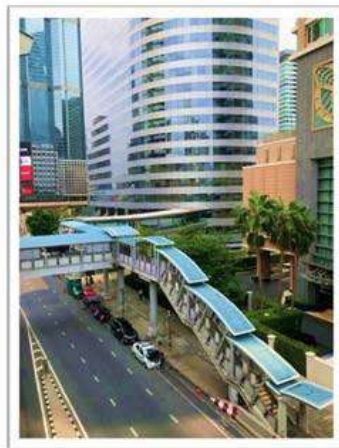


รูปที่ 5 ตู้จำหน่ายบัตรโดยสาร สถานีศาลาแดง



รูปที่ 6 ทางเดินเชื่อมต่อนีสลิม

3) ภาพถ่ายจากการเดินสำรวจทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่เอกชน



รูปที่ 7 ทางเดินเชื่อมต่อนาคารสทรสแควร์



รูปที่ 8 ทางเดินเชื่อมต่อนาคารมมหานคร

4) ภาพถ่ายจากการเดินสำรวจทางเดินเชื่อมต่อนรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่สาธารณะ



รูปที่ 9 สกายวอล์คบนแยกถนนสาทร-นราธิวาส

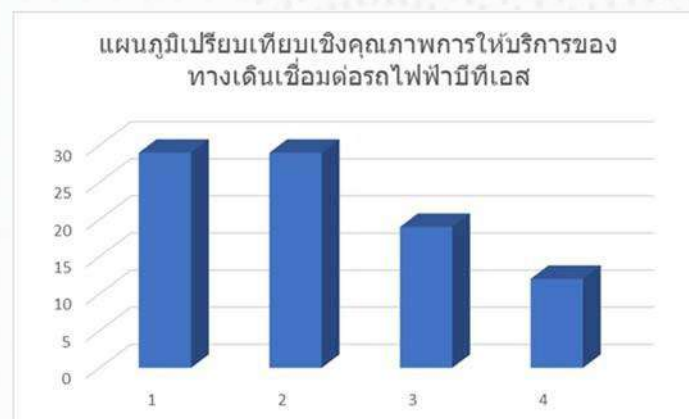


รูปที่ 10 ทางเดินเชื่อมต่อนาคารเอ็มไพร์ ทาวเวอร์

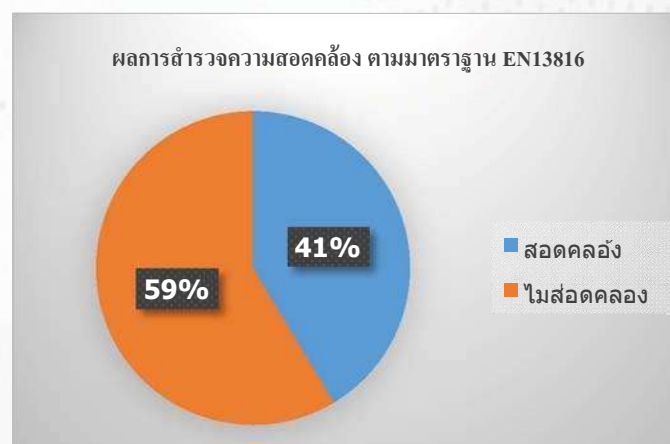


รูปที่ 11 ทางเดินเชื่อมต่อหน้าอาคารเอ็มไพร์ ทาวเวอร์

4. ผลการศึกษาและอธิบายผล



- 1.ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรลลิงก์
- 2.ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับรถไฟฟ้าใต้ดิน
- 3.ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่เอกชน
- 4.ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่สาธารณะ



รูปที่ 12 แผนภูมวงกลมแสดงผลการตรวจสอบคุณ ภาพการให้บริการของทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่
สาธารณะ

โดยผลการตรวจสอบพบว่า เมื่อนำทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่สาธารณะ ที่บริหารจัดการพื้นที่โดยภาครัฐ มาเทียบกับ มาตรฐาน EN 13816 จากการสำรวจโดยใช้การเดินสำรวจ และบันทึกตารางเพื่อสำรวจคุณภาพการให้บริการของทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอส ทั้ง 4 ลักษณะ นั้น เมื่อนำผลมาวิเคราะห์ พบว่าทางเดินเชื่อมต่อประเภทที่ 4 คือ ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับสถานที่สาธารณะ มีความสอดคล้อง 12 ข้อ คิดเป็น 41 % และ ไม่สอดคล้อง 17 ข้อ คิดเป็น 59 % สรุปผลเกณฑ์รองที่สอดคล้อง 12 ข้อ พบเรื่องที่ไม่สอดคล้องตามรายการต่อไปนี้ 1. ไม่มีความพร้อมในการจำหน่ายบัตรโดยสาร(ticketing availability) 2. ไม่มีการบริการข้อมูลทั่วไป (general information) 3. ไม่มีการบริการข้อมูลการเดินทางในสภาวะปกติ (travel information normal condition) 4. การให้บริการข้อมูลการเดินทางในสภาวะไม่ปกติ (travel information abnormal condition) 5. ในเรื่องของระยะเวลาในการเดินทาง (length of trip time) 6. ไม่มีการสร้างความผูกพัน (commitment) 7. ไม่มีการมีปฏิสัมพันธ์ต่อลูกค้า (customer interface) 8. ไม่มีการจัดเตรียมพนักงาน (staff) ให้มีทักษะและความสามารถให้ข้อมูล แก่ผู้โดยสาร 9. ไม่มีการเตรียมพร้อมช่วยเหลือผู้โดยสาร (assistance) 10. ไม่มีความสะดวกในการใช้บริการของผู้โดยสารเท่าที่ควร 11. ไม่มีที่นั่งและพื้นที่ส่วนบุคคล (seating and personal space) 12. ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวก (complementary facilities) 13. ปราศจากปัญหาอาชญากรรม (freedom from crime) 14. ปราศจากอุบัติเหตุ (freedom from accident) 15. การจัดการเหตุฉุกเฉิน (emergency management) 16. ไม่มีการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ (natural resources) 17. ไม่มีมาตรฐานสากล (standard) หากพิจารณาเปรียบเทียบกับประเทศอื่น เช่น ประเทศเยอรมัน และ ประเทศไต้หวันที่มีระบบขนส่งมวลชนที่มีคุณภาพ ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีหน่วยงานกลาง ซึ่งจะเป็หน่วยงานของรัฐหรือเอกชนก็ได้ เพียงหน่วยงานเดียวที่บริหารจัดการ ระบบขนส่งมวลชน และรวมถึงทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสสามารถต่อขยายได้ง่ายและมีประสิทธิภาพให้บริการแบบ Single-Operator คือ การกำหนดให้โครงข่ายทั้งหมดมีระบบการให้บริการที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน ลดความ ยุ่งยากในการ เชื่อมต่อระหว่างระบบต่างที่จะทำให้เกิดการเดินทางเป็นไปได้อย่างสะดวกสบาย

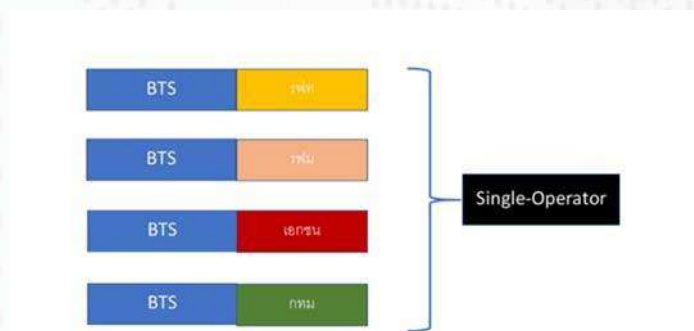
5. บทสรุป

การบริหารจัดการทางเดินเชื่อมต่อ รถไฟฟ้าบีทีเอส		1	2	3	4
		ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้า กับรถไฟฟ้าแอร์พอร์ต เรลลิงค์	ทางเดินเชื่อมต่อ รถไฟฟ้าใต้ดิน	ทางเดิน เชื่อมต่อที่เอกชน	ทางเดินเชื่อมต่อ ที่สาธารณะ
หน่วยงานกำกับ		รฟท.	รฟม.	กรุงเทพมหานคร	กรุงเทพมหานคร
โครงสร้าง พื้นฐาน (Sub-structure)	ออกแบบ ก่อสร้าง	รฟท.	รฟม.	เอกชน	กรุงเทพมหานคร
	บริหาร บำรุงรักษา	รฟท.	รฟม.	เอกชน	กรุงเทพมหานคร
บริหารพื้นที่		รฟท.	รฟม.	เอกชน	กรุงเทพมหานคร

รูปที่ 13 ภาพตารางสรุป ผู้รับผิดชอบทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอส ลักษณะต่างๆ ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับ
สถานที่สาธารณะ (ทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอส สถานีช่องนนทรี กับรถเมล์ด่วนพิเศษ (BRT))

ที่ผู้ให้บริการเดินเท้าจากสะพานทางเดินเชื่อมต่อของรถไฟฟ้าบีทีเอส ผ่านสี่แยกถนนราธิวาส-สาธร์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ประชาชนการเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสกับรถเมล์ด่วนพิเศษ (BRT) ตามนโยบายของรัฐทางเดินเชื่อมต่อนี้ จึงถูกสร้างขึ้นโดยงบประมาณแผ่นดินและบริหารจัดการโดยภาครัฐทั้งหมด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทางเดินเชื่อมต่ออื่น ๆ อีก 3 รูปแบบ ที่บริหารงานโดยเอกชนและรัฐวิสาหกิจ ผู้วิจัยพบว่าการบริหารจัดการสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน เช่น ไฟฟ้า ส่องสว่าง เห็นได้ชัดเจนว่าไฟฟ้าส่องสว่างไม่เพียงพอมาเป็นเวลานานแต่ไม่ได้ถูกแก้ไข แตกต่างจากทางเดินเชื่อมต่อรูปแบบอื่น ๆ ที่บริหารจัดการโดยเอกชนและรัฐวิสาหกิจได้ถูกบริหารจัดการเป็นอย่างดีเนื่องจากผู้ดูแลต้องการให้ผู้ใช้บริการมีความสะดวกสบายและกลับมาใช้บริการอีก หากจะประยุกต์การบริหารจัดการโดยเน้นเรื่องการนำแนวคิดการจัดการของภาคเอกชน เข้ามาใช้ในการบริหารราชการ เช่น การมุ่งหวังผลกำไร การแข่งขัน ความรวดเร็ว การตลาด การประชาสัมพันธ์ การจูงใจด้วยค่าตอบแทน การลดขั้นตอน และการลดพิธีการ เป็นต้น จะทำให้มีการพัฒนาพื้นที่สาธารณะให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากภาครัฐต้อง

ปฏิบัติตามกฎหมาย การกำหนดด้วยกฎหมายใหม่ ใช้เวลานาน และต้องใช้บุคลากรของรัฐที่มีผู้จำกัด หากพิจารณาเปรียบเทียบกับประเทศอื่น เช่น ประเทศเยอรมัน และ ประเทศไต้หวัน ที่มีระบบขนส่งมวลชนที่คุณภาพ ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีหน่วยงานกลางซึ่งจะเป็น หน่วยงานของรัฐ หรือเอกชนก็ได้ เพียงหน่วยงานเดียวที่บริหารจัดการระบบขนส่งมวลชน และรวมไปถึงทางเดินเชื่อมต่อรถไฟฟ้าบีทีเอสสามารถต่อขยายได้ง่ายและมีประสิทธิภาพให้บริการแบบ Single-Operator คือการกำหนดให้โครงข่าย ทั้งหมดมีระบบการให้บริการที่เหมือนกันหรือคล้ายกัน ลดความ ยุ่งยากในการเชื่อมต่อระหว่างระบบต่างที่จะทำให้การเดินทาง เป็นไปได้อย่างสะดวกสบาย



รูป 14 แผนภูมิการบริหารงานแบบ Single-Operator

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาค้นคว้าอิสระ ของนักศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร สาขาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ขอขอบพระคุณ ท่าน ดร.บุญธรรม หาญพานิชย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศเลขา ศรีรัตน์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ที่ให้ความเห็นและเสนอแนะงานวิจัยด้วยดีมาตลอด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมพงศ์ เกษมสิน. (2514). การบริหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เกษมสุวรรณ
- [2] สมพงศ์ เกษมสิน. (2523). การบริหาร. พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช
- [3] อนันต์ เกตุวงศ์. (2523). การบริหารการพัฒนา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [4] ไพบุลย์ ช่างเรียน. (2532). วัฒนธรรมการบริหาร. กรุงเทพมหานคร : อักษรเจริญทัศน์
- [5] ดิน ปรัชญพฤทธิ. (2535). ศัพท์ รัฐประศาสนศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [6] บุญทัน ดอกโสง. (2537). การจัดองค์การ. พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์หาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย
- [7] วิรัช วิรัชนิภาวรรณ. (2545). การบริหารเมืองหลวงและการบริหารท้องถิ่น : สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น และไทย. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไพรเพซ
- [8] Herbert A. Simon, Administrative Behavior (New York: Macmillan, 1947), p. 3.)
- [9] Frederick W. Taylor อ้างถึงใน สมพงศ์ เกษมสิน. (2523). การบริหาร. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช
- [10] Peter F. Drucker อ้างถึงใน สมพงศ์ เกษมสิน. (2523). การบริหาร. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช
- [11] Harold Koontz อ้างถึงใน สมพงศ์ เกษมสิน. (2523). การบริหาร. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช
- [12] วศพร เตชะพีรพานิช.(2560).โครงการวิจัยและพัฒนาระบบรถไฟฟ้า โครงการย่อยที่ 1 การพัฒนาเกณฑ์มาตรฐานเพื่อประเมินคุณภาพการให้บริการรถไฟฟ้าที่เหมาะสมกับบริษัทผู้รับสัมปทานโครงการระบบรถไฟฟ้าของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย

การพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบ ผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี The Development of Multimedia on E-Learning with Blended Learning in Systems Analysis and Design Subject for Undergraduate Students

ทักษิณา นพคุณวงศ์^{1*} และ ภัทพร พลธรรม¹

¹ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

167 ถนนชัยภูมิ-ตาดโตน ตำบลนาผาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

*Email: thaksina_1@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีปี 2 คณะครุศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จำนวน 87 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาประสิทธิภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีการจับฉลาก จำนวน 40 คน และ 2) กลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มกลุ่ม โดยทำการสุ่มมา 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ แผนการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบทีรายคู่ ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.48/84.40 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: บทเรียนมัลติมีเดีย เครือข่ายออนไลน์ การจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน

Abstract

The purposes of this research were: 1) to develop and validate the efficiency of Multimedia on E-learning with Blended learning in systems analysis and design subject for undergraduate students are effectively criteria. 2) to compare the students' learning achievement of pre-test and post-test by using Multimedia on E-learning with Blended learning in systems analysis and design subject for undergraduate students. The samples consisted, 87 of the second year undergraduate students of Faculty of Education who have enrolled in the systems analysis and design subject, in the first semester of academic year 2019, Chaiyaphum Rajabhat University, which were divided into two groups as: 1) The samples to study efficiency of Multimedia on E-learning with Blended learning in systems analysis and design subject for undergraduate students were 40 undergraduate students using a simple random sampling method, and 2) The samples to study of the learning achievement of Multimedia on E-learning with Blended learning in

systems analysis and design subject for undergraduate students were 1 classroom for 30 undergraduate students using cluster random sampling method. The research instruments in this study consisted of: 1) The multimedia on e-learning with blended learning in systems analysis and design subject 2) The lesson plans using blended learning 3) The learning achievement test. The data were analyzed using various statistical tests including mean, standard deviation and Paired t-test. The research results finding were as follows: 1) The efficiency criterion was at 84.40/80.48 of multimedia on e-learning with blended learning in systems analysis and design subject. 2) The students' learning achievement of post-test by using multimedia on e-learning with blended learning in systems analysis and design subject was statistical significance.

Keywords: Multimedia, E-Learning, Blended Learning

1. บทนำ

การจัดการศึกษาในปัจจุบันได้มีการนำรูปแบบและเทคนิควิธีการสอนเพื่อให้สนองต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ และการแข่งขันของประเทศทั้งด้านความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี การเชื่อมโยงความรู้ด้านต่างๆ ที่เชื่อมถึงกันทั่วโลก การนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในการจัดการศึกษานั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ ตั้งแต่การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นอุปกรณ์ในการสอน การนำบริการต่าง ๆ ในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะ เว็บไซต์ไว้พัฒนาเป็นสื่อการสอน ในทุกระดับการศึกษา และการจัดการเรียนการสอนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการติดต่อระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนสามารถเรียนได้โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาและสถานที่ (anytime anywhere) เป็นการสร้างโอกาสและความเสมอภาคในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้และส่งข่าวสารถึงกันได้อย่างรวดเร็วก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ในการเรียนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยการเรียนการสอนในปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบการเรียนที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเองตามทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งหวังพัฒนาผู้เรียนในทักษะสำคัญ 3 ได้แก่ ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และด้านสารสนเทศ สื่อและไอซีที [1] รูปแบบการสอนแบบใหม่อีกรูปแบบหนึ่ง เป็นรูปแบบของการบูรณาการปรับใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอนแบบปกติ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่เกิดทั้งประสิทธิผลและมีประสิทธิภาพทางการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ซึ่งรูปแบบดังกล่าวนี้เรียกว่า “การเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning)” เป็นการเรียนการสอนหลายรูปแบบเข้าด้วยกัน เป็นลักษณะของการผสมผสานการเรียนทางไกล (Distance Learning) ผ่านระบบเครือข่าย Online ร่วมกับการเรียนแบบเผชิญหน้า (Face to Face) [2] โดยที่ผู้เรียนสามารถสื่อสารได้อย่างใกล้ชิดกับครูผู้สอน อีกทั้งช่วยเพิ่มความสะดวกและส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสื่อการสอนที่ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตามคำแนะนำของครูผู้สอนได้ทุกที่ทุกเวลาทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ตลอดเวลา [3] ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีขึ้น เพื่อต้องการศึกษาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำมาใช้เป็นรายวิชานำร่อง ซึ่งในรายวิชามีการจัดการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ที่ลงทะเบียนเรียนตามระเบียบของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ รวมทั้งศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบผสมผสาน เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้เข้ากับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และเกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดต่อนักศึกษาที่ได้ลงทะเบียนเรียนในวิชานี้และในรายวิชาอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning)

Charles R. Graham (2012) [4] แห่งมหาวิทยาลัย Brigham Young University ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาและสรุปนิยามของการเรียนแบบผสมผสาน พบว่า เป็นระบบการเรียนการสอนที่ผสมผสานระหว่างการเรียนรู้แบบเผชิญหน้ากับการสอนผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Blended learning systems combine face-to-face instruction with computer-mediated instruction)

Radames Bernath (2012) [3] ได้ศึกษาและสรุปว่า การเรียนแบบผสมผสานหรือ Blended Learning พบว่า หมายถึงโปรแกรมทางการเรียนรู้ที่ใช้วิธีการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้จากสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือ E-learning กับการสอนในชั้นเรียน (A blended learning program uses a combination of e-learning and classroom instruction)

สามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผสมผสานวิธีการเรียนแบบเผชิญหน้ากับการเรียนรู้ผ่านระบบสื่อคอมพิวเตอร์ออนไลน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น

3.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

มนต์ชัย เทียนทอง (2539) [5] ได้ศึกษาและให้ความหมายของมัลติมีเดีย พบว่า คือการนำเอาคอมพิวเตอร์มาควบคุมเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อทำงานร่วมกันในลักษณะของการผสมผสานอย่างเป็นระบบ เช่น การสร้างโปรแกรมให้มีการนำเสนองานที่เป็นข้อความมีการเคลื่อนไหวจากวิดีโอประกอบหรือเสียงบรรยายสลับกันไป

สามารถสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย คือ การนำเทคโนโลยีหลาย ๆ รูปแบบเช่น ภาพ เสียง ข้อความ และวิดีโอ มาใช้ร่วมกันโดยผ่านคอมพิวเตอร์ อีกทั้งมีเนื้อหาและแบบทดสอบรวมอีกด้วย

3.3 บทเรียนผ่านเครือข่ายออนไลน์

ใจทิพย์ ณ สงขลา (2547) [6] ได้ศึกษาและให้ความหมายการเรียนการสอนผ่านเว็บ พบว่า หมายถึงการใช้คุณสมบัติของไฮเปอร์มีเดียและคอมพิวเตอร์ เครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้โดยไม่ต้องจำกัดว่าผู้เรียนต้องมาอยู่พร้อมกัน ณ สถานที่ใดที่หนึ่ง การเรียนรู้สามารถเกิดขึ้นในเวลาและสถานที่ที่ผู้เรียนสะดวกและสามารถแก้ไขปรับปรุงบทเรียนให้ทันสมัยได้ สามารถให้การโต้ตอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและบทเรียนมัลติมีเดียได้

สามารถสรุปได้ว่า บทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่มีการเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและสามารถนำมาใช้กับผู้เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีปี 2 คณะครุศาสตร์ ที่กำลังศึกษาในรายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จำนวน 87 คน

กลุ่มตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มตัวอย่างในการหาประสิทธิภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีปี 2 คณะครุศาสตร์ ที่กำลังศึกษาในรายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีการจับสลาก จำนวน 40 คน ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยแบ่งได้ ดังนี้

- การทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน (เก่ง 1 คน ปานกลาง 1 คน อ่อน 1 คน) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ฯ กับผู้เรียน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพมีการจับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือ กิจกรรมและภาระงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียนนำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียน

- การทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน (เก่ง 3 คน ปานกลาง 3 คน อ่อน 3 คน) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ฯ กับผู้เรียน (คณะผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพมีการจับเวลา

ในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน หลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือ กิจกรรมและการปฏิบัติงานที่มอบให้ทำและประเมินผลลัพธ์คือการทดสอบหลังเรียน และงานสุดท้ายที่มอบให้ผู้เรียนทำส่งก่อนสอบประจำหน่วยประจำหน่วย ให้นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียน

- การทดสอบประสิทธิภาพครั้งที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 28 คน โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ฯ กับผู้เรียนทั้งชั้น ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้ว ให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือกิจกรรมและการปฏิบัติงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียนนำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียน 2) กลุ่มตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ได้มาด้วยวิธีการสุ่มกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยทำการสุ่มมา 1 ห้องเรียน จาก 3 ห้องเรียน จำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้จะไม่ซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการสุ่มแบบกลุ่มเป็นวิธีการซึ่งแต่ละช่วงกลุ่มมีความคล้ายคลึงกัน

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพของบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โดยการหาประสิทธิภาพของบทเรียนฯ (E_1/E_2) จากคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (Formative testing) และ คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Summative testing) 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โดยการเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียน

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ 2) แผนการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรีซึ่งได้พัฒนาขึ้นโดยใช้หลักการออกแบบการของ ADDIE MODEL [7] ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1.1) การวิเคราะห์ (Analysis) วิเคราะห์ด้านผู้เรียน วิเคราะห์ทรัพยากรที่ต้องใช้ทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ วิเคราะห์เนื้อหาเพื่อกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 1.2) การออกแบบ (Design) นำข้อมูลที่วิเคราะห์ไว้ข้างต้นมาออกแบบ ดังนี้ 1) การสร้างผังงาน (Flowchart) เพื่อกำหนดรูปแบบการเชื่อมโยงเนื้อหาภายในบทเรียน 2) ออกแบบสตอรี่บอร์ด (Storyboard) โดยออกแบบการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โครงสร้างบทเรียนและเนื้อหา และการประเมินผล แสดงกระบวนการทำงานของเนื้อหาในแต่ละส่วน 1.3) ขั้นตอนการพัฒนา (Development) สร้างบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ ที่ทำการออกแบบซึ่งผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา มาทำการพัฒนางานบนซอฟต์แวร์ที่เตรียมไว้ และนำบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ที่ได้แก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินคุณภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ ด้านเนื้อหา ซึ่งมีคุณภาพอยู่ที่ระดับดี ($\bar{X} = 4.17$) และด้านเทคนิคมีคุณภาพอยู่ที่ระดับดี ($\bar{X} = 4.30$) แล้วจึงนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 1.4) ขั้นตอนการนำไปทดลองใช้ (Implementation) ได้นำบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ไปทดลองใช้ตามแนวทางของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) [8] กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเท่ากับ 80/80 โดยทดสอบหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ดังนี้ 1) การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดี่ยว โดยใช้กลุ่มจำนวน 3 คน 2) การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบกลุ่ม จำนวน 9 คน และ 3) การทดสอบหาประสิทธิภาพภาคสนาม จำนวน 28 คน ซึ่งมีประสิทธิภาพไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 1.5) ขั้นตอนการวัดผลและการประเมินผล (Evaluation) ผู้วิจัยทำการประเมินกับทุกขั้นตอนของการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การประเมินระหว่างขั้นตอนการพัฒนา (Formative Evaluation) โดยการประเมินในขั้นตอนของวิเคราะห์ การประเมินขั้นตอนของการออกแบบ

การประเมินขั้นตอนของการพัฒนา และการประเมินเมื่อนำไปใช้จริง โดยระหว่างดำเนินการ (Formative Evaluation) 2) การประเมินเมื่อพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์เรียบร้อยแล้ว (Summative Evaluation)

2. แผนการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน แผนการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานของการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ มีจำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินคุณภาพ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) ที่เหมาะสม

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-Choice Test) 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ สำหรับใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีสลับข้อสลับตัวเลือก แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว โดยแบบทดสอบดังกล่าวผ่านการหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้ข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00 หาค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20-1.00 ขึ้นไป จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) โดยวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.88

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดลอง ดังต่อไปนี้

1) แจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงจุดประสงค์ของบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

2) ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ โดยการอธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โดยการแบ่งการเรียนในชั้นเรียนปกติ 40% และเรียนบทออนไลน์ 60% โดยใช้เวลาเรียน 9 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยทำการผสมผสานระหว่างบทบาทของครูและบทบาทของการเรียนออนไลน์เข้าด้วยกัน

3) ทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 30 ข้อ

4) ให้ผู้เรียนเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยกระตุ้นการตอบสนองของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ และทำแบบฝึกหัดทุกหน่วยการเรียนรู้ พร้อมทั้งตอบข้อซักถามของผู้เรียน

5) ทดสอบความรู้หลังเรียนโดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน หลังจากเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

6) เมื่อดำเนินการทดลองทุกขั้นตอนแล้ว ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติต่อไป

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.5.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตร E_1/E_2

4.5.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการเรียนของผู้เรียน โดยใช้บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยใช้การทดสอบทีไรคู่ (Paired t-test)

5. ผลการวิจัย

5.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ พบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.48/84.40 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ ของบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

จำนวน กลุ่ม ตัวอย่าง	แบบฝึกหัดระหว่างเรียน (Formative testing)			แบบทดสอบหลังเรียน (Summative testing)			ประสิทธิภาพ (E ₁ /E ₂)
	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ร้อยละ (E ₁)	คะแนน เต็ม	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ร้อยละ (E ₂)	
28	30	24.14	80.48	30	25.32	84.40	80.48/84.40

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพ ของบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี โดยใช้กลุ่มตัวอย่างในการทดลองจำนวน 28 คน พบว่า บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มีประสิทธิภาพ 80.48/84.40 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ นั่นคือสามารถนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี พบว่า สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การทดสอบ n=30	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสถิติ t
ก่อนเรียน	16.67	9.95	11.06*
หลังเรียน	23.47	4.95	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($\alpha = .05$, $df = 29$, $t = 1.699$)

จากตารางที่ 2 พบว่า บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี คะแนนทดสอบก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 16.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.95 ส่วนคะแนนทดสอบหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 23.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.95 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ จากผลการวิจัย สรุปได้ว่า บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.48/84.40 ซึ่งเป็นไปตาม

เกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ เป็นผลเนื่องจากการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีการออกแบบสื่อการเรียนการสอน ADDIE Model [7] นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) โดยการวิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ผู้เรียน และการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ 2) การออกแบบ (Design) โดยศึกษาการออกแบบบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โดยออกแบบการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน โครงสร้างบทเรียนและเนื้อหา และการประเมินผล แสดงกระบวนการทำงานของเนื้อหาในแต่ละส่วน 3) การพัฒนา (Development) โดยผู้วิจัยได้พัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน วิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยผ่านการประเมินและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ก่อนนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพสื่อการสอน 4) การนำไปใช้ (Implementation) โดยผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน ก่อนนำไปใช้จริง เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพ 5) การประเมินผล (Evaluation) โดยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน ผ่านการประเมินและตรวจสอบความจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา โดยผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ จากกระบวนการในการพัฒนาดังกล่าวข้างต้น ทำให้บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [9] ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนผ่านเว็บแบบผสมผสานเรื่องการจัดแสงการถ่ายภาพในสตูดิโอ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่มีบุคลิกภาพแตกต่างกัน พบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.00/80.76 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เป็นผลเนื่องมาจากการพัฒนาบทเรียนและเครื่องมือต่างๆ อย่างเป็นขั้นตอน โดยการจัดการเรียนการสอนมีทั้งการเรียนการสอนในห้องซึ่งสนับสนุนผู้เรียนในด้านการทดลองและปฏิบัติจริงและการเรียนการสอนบนเว็บ ซึ่งมีสื่อมัลติมีเดียวิดีโอ เกมจำลองสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนได้รับการโต้ตอบโดยฉับพลัน ภาพประกอบที่สวยงามชัดเจนเข้าใจง่าย เนื้อหาที่ให้อิสระในการเรียนสามารถย้อนกลับไปทบทวนได้ทุกเมื่อที่ต้องการรวมถึงการนำไปใช้ในรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานรวมกับการเรียนในชั้นเรียนทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมาก

6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีที่แปลกใหม่เข้ามาช่วยในการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา ทำให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ ทำความเข้าใจในเนื้อหา มีความรู้ ความเข้าใจมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานช่วยให้นักเรียนมีความสุขและสนุกกับการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบอยล์และคณะ [11] ที่ใช้การผสมผสานระหว่างการเรียนรู้แบบดั้งเดิม (Traditional) ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้แหล่งการเรียนรู้บนเครือข่าย (Online Resources) และสนับสนุนการเรียนรู้ทางด้านเนื้อหา (Tutorial Support) พบว่า การเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ทางเนื้อหาเพื่อสอนเนื้อหาใหม่มีผลต่อการช่วยพัฒนาการเรียนรู้ให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จเป็นรายบุคคลมากขึ้นกว่าการสอนแบบดั้งเดิม (Traditional) เพียงอย่างเดียว

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 บทเรียนมัลติมีเดียบนเครือข่ายออนไลน์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ส่งผลให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น จึงสามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบและประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนแบบผสมผสานผ่านสื่อเทคโนโลยีที่ผ่านระบบเครือข่ายในรายวิชาอื่นๆ เพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหา และจุดประสงค์ในการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

7.2 ควรพิจารณาถึงระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีความเหมาะสมกับความพร้อมของสถานที่ เพื่อส่งเสริมให้การจัดการเรียนการสอนได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนั้นครูผู้สอนจะต้องติดตามเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีความน่าสนใจที่เปลี่ยนแปลง และนำมาปรับประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Partnership for 21st Century Skills, "Framework for 21st century learning", Retrieved August 8, 2013, from <http://www.p21.org/aboutus/p21-framework>.
- [2] ปณิตา วรณพิรุณ. การเรียนรู้แบบผสมผสานจากแนวคิดสู่การปฏิบัติ. วารสารการอาชีวและเทคนิคศึกษา. ปีที่1. ฉบับที่2 (ก.ค.-ธ.ค. 2554). หน้า 43-49.
- [3] R. Bernath, "Effectives Approaches to Blended Learning for Independent Schools", Websites, Retrieved October 11, 2018, from <http://www.testden.com/partner/blended%20learn.html>.
- [4] C.R. Graham, "Introduction to Blended Learning", Websites, Retrieved November 2, 2018, from http://www.media.wiley.com/product_data/excerpt/86/C.pdf.
- [5] มนต์ชัย เทียนทอง. การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2548.
- [6] ใจทิพย์ ณ สงขลา. การสอนผ่านเครือข่ายเวปไซด์ไวด์เว็บ. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 27 (3). 35-44.
- [7] R. Branch. Instructional Design: The ADDIE Approach. Department of Educational Psychology and Instructional Technology, University of Georgia, USA, 2009.
- [8] ชัยยงค์ พรหมวงศ์. การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. 5 (1). 1-20.
- [9] อายูร ยิ่งขวัญเจริญ. การพัฒนาบทเรียนผ่านเว็บแบบผสมผสานเรื่องการจัดแสงการถ่ายภาพในสตูดิโอสำหรับนักศึกษา ระดับปริญญาตรีที่มีบุคลิกภาพแตกต่างกัน. วารสารวิชาการ Veridian E –Journal. ปีที่ 6. ฉบับที่ 2. มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (พฤษภาคม - สิงหาคม 2556). บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [10] T. Boyle. C. Bradley, P. Chalk, R. Jones & P. Pickard, Using blended learning to improve student success rates in learning to program. *Journal of Educational Media*. 28(2003)165-178.

บล็อกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์เพื่อลดอุณหภูมิภายนอกอาคาร Paving Block Product from Basalt Fragments for Reducing the Temperature at Exterior

สัจจะชาญ พริตมะลิ^{1*} และ ประชุม คำพุฒ²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

*Email: sajjachan.p@mutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เศษหินของเหมืองแร่บะซอลต์สำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: เศษหินบะซอลต์: น้ำประปา เท่ากับ 1 : 4.5 : 0.45 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูป บล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ใช้หิน เกล็ดเบอร์ 4 สี ขาว ดำ และหินคละสีคละขนาดเบอร์ 3-3.5 ทำผิวหน้าบล็อกปูพื้น ได้ผลค่าสะสมเฉลี่ยกลางสามชั่วโมง อุณหภูมิ ของผิวหน้าบล็อกปูพื้นที่เพิ่มต่างกับอากาศ 48 ชั่วโมงของหินเกล็ดเบอร์ 4 สีขาว , หินเกล็ดเบอร์ 4 สีดำ และหิน คละสีคละขนาดเบอร์ 3-3.5 มีค่า 143, 198 และ 156 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังนั้นหินเกล็ดเบอร์ 4 สีขาว และหินคละสี คละขนาดเบอร์ 3-3.5 มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานผิวหน้ามากกว่าหินเกล็ดเบอร์ 4 สีดำ

คำสำคัญ: บล็อกปูพื้น เศษหินบะซอลต์ หินเกล็ดสี ขาวเบอร์ 4

Abstract

A This research aims to study the using rock fragments of basalt mining to develop paving block product. The mixture ratios of Portland cement type1: basalt rock fragments: tap water are 1 : 4.5 : 0.45 by weight. The paving block samples are cast in 30 x 30 x 5 centimeter in dimension. The paving block sample testing follows the TIS 378-2531 on concrete flooring tiles. Use white flake stone size No.4 and black flake stone size No.4 and multi-colored stones of various sizes 3 to 3.5 to cover the floor surface. Has an average cumulative average of three hours on average of the paving block surface were added with the air for 48 hours, white flake stone size No.4, black flake stone size No.4 and multi-colored stones of various size 3 to 3.5 with values 143, 198 and 156 degrees Celsius respectively. Therefore, the white flake stone size No. 4 and multi-colored stones of various size 3 to 3.5 is suitable for use on the surface than the black flake stone size No.4.

Keywords: Paving Block, Basalt Fragments, white flake stone size No.4

1. บทนำ

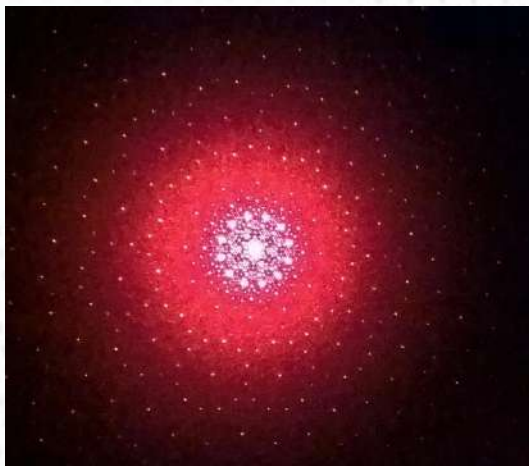
จากปัญหาในเรื่องของการใช้พลังงานสิ้นเปลือง ที่แก้โดยใช้นโยบายการประหยัดพลังงาน การใช้วัสดุ ก่อสร้างที่เป็น ผนวกกันความร้อนที่ดีเป็นลดการใช้พลังงานช่วยในการประหยัดได้มาก โดยการใช้หินบะซอลต์ที่เป็นหินอัคนีที่พบได้โดยมีสี เทาถึงสีดำ มีเนื้อละเอียด ปรกติหินบะซอลต์จะใช้ในการก่อสร้างถนน รองพื้นมอโรไฟ แผ่นปูพื้นหรือผนัง ใช้ในการผลิตโย

หิน ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการนำเศษหินบะซอลต์จากเหมืองหินแถบจังหวัดภาคอีสานไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งในที่นี้ใช้เศษหินบะซอลต์จากเหมืองหินในอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในบล็อกปูพื้น เป็นการนำเศษหินบะซอลต์ซึ่งเป็นหินภูเขาไฟชนิดหนึ่งมาใช้เป็นมวลรวมในการผลิตบล็อกปูพื้น เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากเหมืองหินได้ จากการทำการกิจกรรมภายนอกอาคารที่ลดน้อยลงอันเนื่องมาจากพื้น ผิวที่ร้อน (เลิศลักษณ์, 2544) ความร้อนนี้ยังแผ่เข้ามาเพิ่มอุณหภูมิภายในอาคารเป็นการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศ ที่เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดภาวะโลกร้อนและการสิ้นเปลืองพลังงานเปลืองกว่าหลายล้านบาท (เฉลิมเดช, 2546 ; อธิพิงค์และสถาพร, 2548) งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาบล็อกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์เพื่อลดอุณหภูมิภายนอกอาคารโดยทำการออกแบบบล็อกเป็นวัสดุประกอบ 2 ชั้น ใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายและราคาถูก การที่วัสดุมี 2 ชั้นนั้นก็เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์จากวัสดุเพื่อการลดอุณหภูมิได้อย่างเต็มที่ โดยการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาสมบัติในการลดอุณหภูมิของวัสดุที่จะนำมาประกอบเป็นบล็อกปูพื้น จากนั้น ทำการทดสอบสมบัติทางกลและนำบล็อกปูพื้น ที่ได้ไปเปรียบเทียบการลดอุณหภูมิกับวัสดุปูพื้น ชนิดอื่นที่มีในท้องตลาดเพื่อให้ได้บล็อกปูพื้น

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

กำหนดอัตราส่วนผสมของบล็อกปูพื้น ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ เศษหินบะซอลต์ และน้ำประปา 1: 4.5 : 0.45 โดยน้ำหนัก และผิวหน้า 1 เซนติเมตรที่ปูนซีเมนต์ต่อปูนซีเมนต์ขาว 1:1 โดยปริมาตร ตัวบล็อกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เศษหินบะซอลต์ และน้ำประปา ตัวผิวหน้าบล็อกปูพื้นใช้ปูนซีเมนต์ต่อปูนซีเมนต์ขาวยัดหินเกล็ดสี่ขนาดต่างๆ

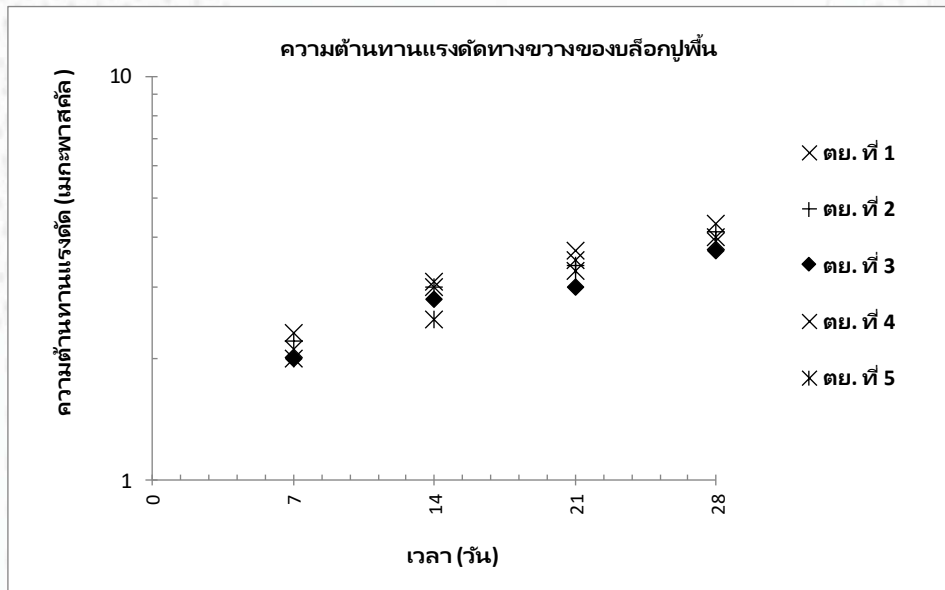
ทำการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากการเตรียมส่วนผสมตามกำหนด โดยผสมปูนซีเมนต์ เศษหินบะซอลต์ น้ำประปาตามที่กำหนด ในเครื่องไม่ ให้เข้ากันจนสามารถใช้มือกำส่วนผสมติดกันได้ แล้ว ขึ้นรูปบล็อกปูพื้น แล้วเตรียมผิวหน้าหนาประมาณ 1 เซนติเมตรที่ปูนซีเมนต์ผสมต่อปูนซีเมนต์ขาว 1:1 โดยปริมาตร โดยใช้หินเกล็ดเบอร์ 4 สี ขาว ดำ และหินคละสีละขนาดเบอร์ 3-3.5 ในการวัดอุณหภูมิผิวหน้าใช้อุปกรณ์อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ ของ รุ่น PEAKMETER PM6530D



รูปที่ 1 ทำการวัดอุณหภูมิผิวหน้าของแผ่นบล็อกปูพื้น

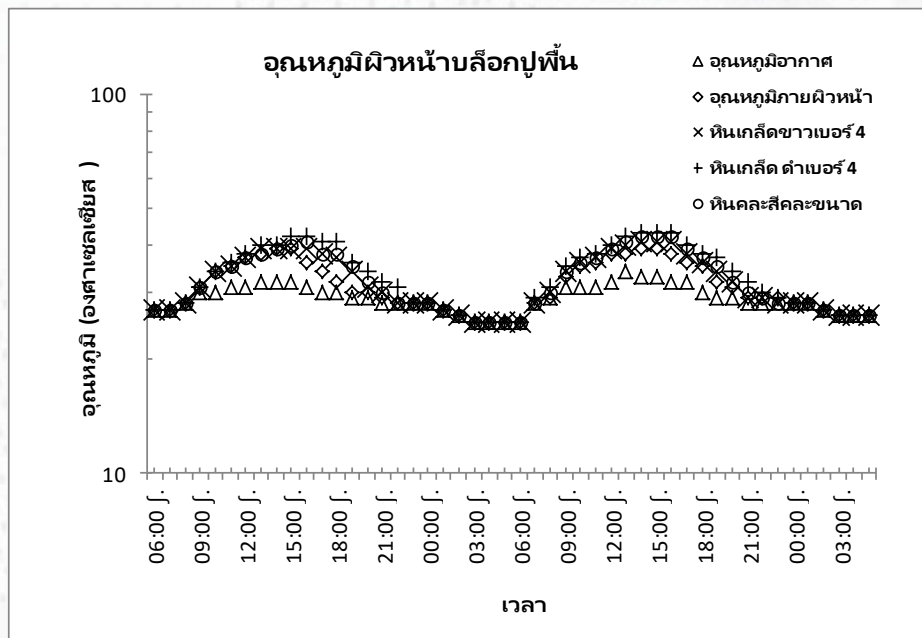
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดสอบตัวอย่างบล็อกปูพื้น ลักษณะทั่วไปมี ผิวหน้าเรียบ ความหนาเท่ากัน ได้ฉาก ไม่ร้าว ขอบเรียบคม และตรง ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1920 กก./ลบ.ม. ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 9 ในส่วนของสมบัติด้านความต้านทานแรงดัดตามขวางนั้น มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่มากขึ้นดังรูปที่ 2 โดยมีค่าไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3 เมกะพาสคัล เปรียบเทียบสมบัติตามมาตรฐานตาม มอก.378-2531 กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

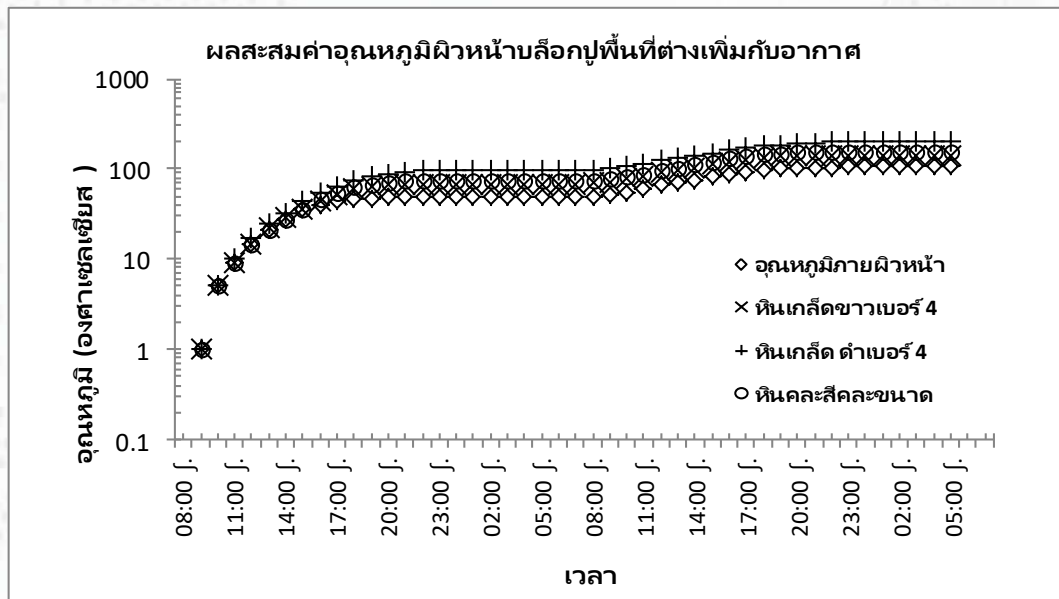


รูปที่ 2 ความต้านทานแรงดัดทางขวางของบล็อกปูพื้น

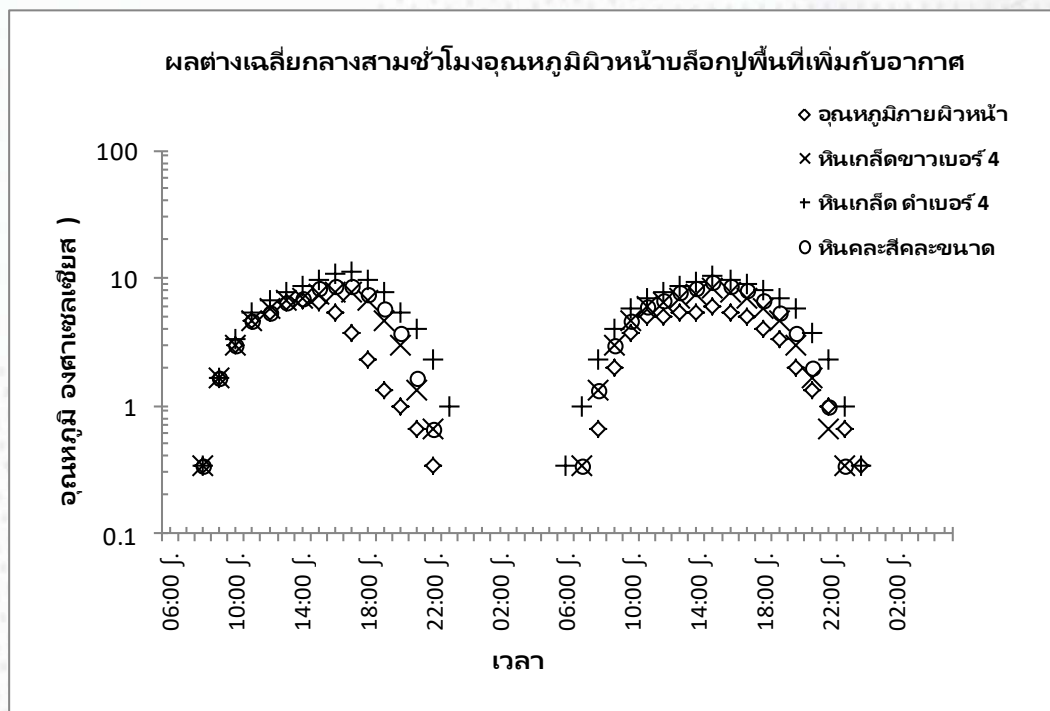
3.2 การทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้น แสดงในรูปที่ 3 ถึง รูปที่ 6 พบว่า บล็อกปูพื้นที่ มีอุณหภูมิผิวหน้าเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 09:00 น. ถึง 19:00 น. และ ช่วงเวลา 14:00 น.ถึง 15:00 น. มีค่าการเพิ่มอุณหภูมิผิวหน้าที่สูง โดย มีค่าผลต่างเฉลี่ยกลางสามชั่วโมงอุณหภูมิผิวหน้า ในหินเกล็ดเบอร์ 4 สีขาว 0.33 ถึง 7.6 องศาเซลเซียส , หินเกล็ดเบอร์ 4 สีดำ 0.33 ถึง 10.7 องศาเซลเซียส ส่วนหินคละสีคละขนาดเบอร์ 3-3.5 0.33 ถึง 9.3 องศาเซลเซียส เมื่อคิดผลสะสมค่าเฉลี่ยกลางสามชั่วโมงอุณหภูมิภายผิวหน้าบล็อกปูพื้นที่ต่างเพิ่มกับอากาศ 48 ชั่วโมงในหินเกล็ดเบอร์ 4 สีขาว , หินเกล็ดเบอร์ 4 สีดำ และ หินคละสีคละขนาดเบอร์ 3-3.5 มีค่า 143, 198 และ 156 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



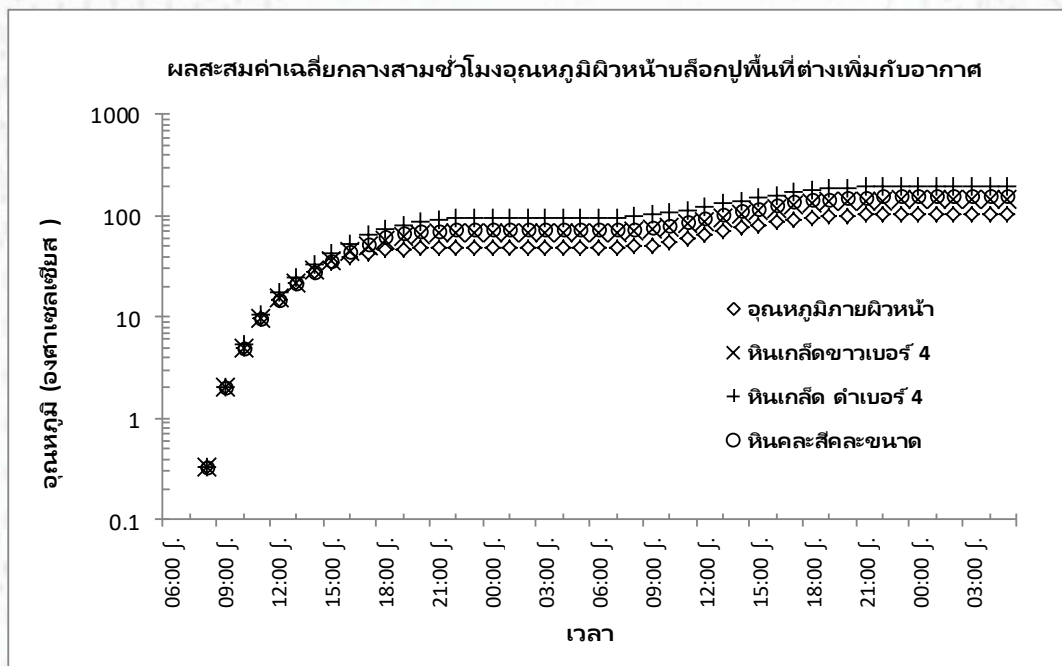
รูปที่ 3 อุณหภูมิผิวหน้าของวัสดุปูพื้น



รูปที่ 4 ผลสะสมค่าอุณหภูมิผิวหน้าลือกปูพื้นที่ต่างเพิ่มกับอากาศ



รูปที่ 5 ผลต่างเฉลี่ยกลางสามชั่วโมงอุณหภูมิผิวหน้าลือกปูพื้นที่เพิ่มกับอากาศ



รูปที่ 6 ผลสะสมค่าเฉลี่ยกลางสามชั่วโมงอุณหภูมิผิวหน้าลือกปูพื้นที่ต่างเพิ่มกับอากาศ

4. บทสรุป

จากผลการวิจัยการศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ลือกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์เพื่อลดอุณหภูมิภายนอกอาคารที่มีผิวหน้าหนาในรูปแบบใช้หินเกล็ดเบอร์ 4 สี ขาว ดำ และหินเคลือบสีคลาเซขนาดเบอร์ 3-3.5 พบว่าหินเกล็ดเบอร์ 4 สี ขาว และหินเคลือบสีคลาเซขนาดเบอร์ 3-3.5 มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานผิวหน้ามากกว่าหินเกล็ดเบอร์ 4 สีดำ เนื่องจากมีค่าผลต่างเฉลี่ยกลางสามชั่วโมงอุณหภูมิผิวหน้า และผลสะสมค่าเฉลี่ยกลางสามชั่วโมงอุณหภูมิภายในผิวหนังลือกปูพื้นที่ต่างเพิ่มกับอากาศ 48 ชั่วโมง ที่ต่ำกว่า

5. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ 2561 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และ ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] เฉลิมเดช เฉลิมลาภอักษร. (2546). คู่มือสารานุกรมเรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เรื่องการประหยัดพลังงานในบ้าน. พิมพ์ครั้งที่ 5, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.
- [2] นิสรา อารุณี. (2538). การศึกษาอุณหภูมิที่ผิววัสดุปูพื้นภายนอกอาคารในเชิงความสัมพันธ์กับมวลสาร สี และพื้นผิววัสดุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [3] เลิศลักษณ์ วุฒิสวรรณ. (2544). การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [4] อธิพงษ์ พันธนิกุล และสถาพร โภคา. (2548). ผลกระทบของการสะสมอุณหภูมิ ต่อพื้นชั้นดาดฟ้า ค.ส.ล. ที่ใช้กรวดปูคลุมเพื่อป้องกันความร้อน. การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, วันที่ 2- 4 พฤษภาคม 2548. โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้ จอมเทียน, ชลบุรี
- [5] ดนุพล ตันนโยภาส, 2553. แร่และหิน. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- [6] ดนุพล ตันนโยภาส, 2552. วิทยาแร่. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [7] ยงยุทธ ชัยเขตร, ปิยนัฐ สุขรัฐ, สนธยา จวนเจริญและวีระ เนตราทิพย์, 2551. การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในการทำเนื้อดินหล่อเซรามิกส์, ในโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี 2551. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [8] _____, 2553. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดบุรีรัมย์. กรมทรัพยากรธรณี. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 96 หน้า.
- [9] El-Mahllawy, M.S. 2008. Characteristics of acid resisting bricks made from quarry residues and waste steel slag. Construction and Building Materials. 22(8), 1887-1896.

การใช้เศษชิ้นไม้สักเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปไม้เป็นแผ่นอัดวัสดุทดแทนไม้ Using waste teak from the wood processing factory as an artificial wood material

ประชุม คำพุ่ม¹ และ สัจจะชาญ พรัดมะลิ^{2*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ

*Email: sajjachan.p@mutp.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เศษชิ้นไม้สักเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นอัดวัสดุทดแทนไม้เพื่อใช้เป็นผนังอาคาร มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการทดลองจำนวน 30 ครั้ง ในทุกอัตราส่วนกำหนดอัตราส่วนในการขึ้นรูป 1 แผ่น ขนาด 30x30x1 เซนติเมตร เป็นเศษชิ้นไม้สักบดไล่ความชื้นให้เหลือไม่เกินร้อยละ 15 นำมาบดย่อยผ่านตะแกรงขนาด 10 มิลลิเมตร เท่ากับ 800 กรัม ต่อปริมาณกาวไอโซไซยานตเท่ากับร้อยละ 10, 8 และ 6 ของเศษไม้สักโดยน้ำหนักตามลำดับ ขึ้นรูปตัวอย่างด้วยวิธีการอัดร้อนโดยผสมวัสดุเศษไม้สักบดย่อยกับกาวไอโซไซยานต แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 50 บาร์ ใช้เวลา 5 นาที นำตัวอย่างแผ่นอัดออกจากเครื่องทิ้งไว้ในสภาพอากาศปกติ 24 ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.876-2547 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ พบว่าเมื่อผสมกาวไอโซไซยานตในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้คุณสมบัติของตัวอย่างแผ่นอัดมีแนวโน้มที่ดีขึ้นในทุก ๆ ด้าน โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน คือ การใช้เศษไม้สักบดย่อย เท่ากับ 800 กรัม ต่อปริมาณกาวไอโซไซยานตเท่ากับ 80 กรัม มีค่าความหนาแน่น 845.45 กก./ลบ.ม. ความชื้นร้อยละ 6.04 การพองตัวตามความหนาร้อยละ 4.50 ความต้านทานแรงดัด 15.61 เมกะพาสคัล โมดูลัสยืดหยุ่น 1915.67 เมกะพาสคัล ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า 0.51 เมกะพาสคัล ความยืดหยุ่นของผิวหน้า 0.92 เมกะพาสคัล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.138 วัตต์/ม.-องศาเซลเซียส ซึ่งมีคุณสมบัติทุกประการผ่านตามมาตรฐานที่กำหนด

คำสำคัญ: เศษชิ้นไม้สัก มอก.876-2547 วัสดุทดแทนไม้ ความต้านทานแรงดัด

Abstract

The research was to study the usage of teak wastes from the processing factory to develop a product of compressed wood substitute material for application in a building wall. A completely randomized trial was planned by performing 30 repeated experiments at all ratios. The ratio for forming 1 sheet with a size of 30x30x1 cm was produced from the teak chips crushed through a 10 mm and sieved equal to 800 grams per isocyanate adhesives equal to 10, 8 and 6 percentages of the teak chips by weight, respectively. The particle board samples were next formed by using hot press method required mixing the teak chip materials with isocyanate glue and then put in a hot press at 130°C and 50 bars for 5 min. The sample sheets were taken from the machine and left at room temperature for 24 hr, then tested their properties according to TIS 876-2547 standard. For the plywood sheets, it was found that

when adding more isocyanate adhesive in the mixing process, the properties of the compressed particle board samples tended to get improved in all aspects. The optimum ratio for further use was 800 grams of teak per 80 grams of adhesive isocyanate. The obtained samples had the density of 845.45 kg/m^3 , humidity at 6.04%, thickness expansion by 4.50%, flexural strength at 15.61 MPa, elastic modulus at 1915.67 MPa, tensile strength perpendicular to the surface at 0.51 MPa, surface firmness at 0.92 MPa, and thermal conductivity coefficient at $0.138 \text{ W/m}^\circ\text{K}$. All these measured values were qualified according to the prescribed specific standards.

Keywords: teak wood chips, TIS.876-2547, artificial wood, flexural strength

1. บทนำ

ไม้สัก มีถิ่นกำเนิดทางตอนใต้ของประเทศไทย อินเดีย พม่า ไทย อินโดนีเซีย และหมู่เกาะอินเดียตะวันออก ไม้สัก เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ขึ้นเป็นหมู่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือ และบางส่วนของภาคกลางและตะวันตก คือ ท้องที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปาง แพร่ น่าน ตาก กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย เพชรบูรณ์ และพิจิตร และมีบ้างเล็กน้อยในจังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี และกาญจนบุรี ไม้สักชอบขึ้นตามพื้นที่ที่เป็นภูเขา แต่ในพื้นที่ราบ พื้นที่ดินปนทรายที่น้ำไม่ขัง ไม้สักก็ขึ้นได้ดีเช่นกัน ไม้สักมีอยู่ด้วยกัน 5 ประเภท คือ สักทอง สักหยวก สักไซ สักหิน และสักขี้ควาย โดยสักทองได้รับฉายานามในวงการป่าไม้ว่าเป็น "ราชินีแห่งไม้" หรือ "Queen of Timbers" เป็นไม้ที่มีคุณภาพดีที่สุดในโลกที่ธรรมชาติมอบให้แก่คนไทยและประเทศไทยโดยเฉพาะ [1] ปัจจุบันมีชุมชนที่ทำการแปรรูปไม้สักเป็นจำนวนมากกระจายอยู่ในทุกจังหวัดที่มีสวนป่าสัก โดยในโครงการวิจัยนี้เป็นการแก้ปัญหาของเศษชิ้นไม้สักที่เหลือทิ้งภายในโรงงานแปรรูปในพื้นที่ชุมชนเมืองจันท์ อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งมีไม้สักเป็นไม้มีค่าที่ปลูกภายในพื้นที่ จากการสำรวจข้อมูลพบว่าปัจจุบันพื้นที่ อบต. เมืองจันท์ มีโรงไม้ใหญ่อยู่ 2 แห่ง ซึ่งจากการเก็บข้อมูลของโรงไม้มั่งคั่งเจริญสุข ตั้งอยู่ที่ หมู่ 11 พบว่ามีปริมาณไม้สักที่อ่อนประมาณ 1,473 ท่อนต่อปี (176.84 ลบ.ม.) ส่วนอีกโรงงานยังไม่มีข้อมูลชัดเจนแต่มีปริมาณมากกว่าโรงงานแรกเล็กน้อย ทั้ง 2 โรงงานนำไม้สักมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ไม้บว ไม้คิ้ว บันได ประตู หน้าต่าง ฯลฯ โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีเศษไม้สักเหลือทิ้ง ประกอบด้วย ขี้เลื่อย ขี้กบ ปีกไม้ เปลือกไม้ (ภาพที่ 1) ซึ่งขี้เลื่อยและขี้กบที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปทำการจำหน่าย ปีกไม้ที่เหลือจากการแปรรูป ทำการเผา หรือซ่อมแซมโรงงาน หรือทำเป็นรั้วโรงงาน ซึ่งทั้งขี้เลื่อยและปีกไม้ก็จำหน่ายได้ในราคาถูก ดังนั้นชุมชนเมืองจันท์จึงมีความต้องการนำเศษที่เหลือทิ้งจากสวนป่าไม้สักและจากกระบวนการแปรรูปไม้สักมาเพิ่มมูลค่าเป็นวัสดุก่อสร้างทดแทนไม้สำหรับเป็นผนังอาคารทดแทนการใช้ไม้จริง เพื่อเป็นการสร้างรายได้ให้กับชุมชนในพื้นที่ในช่วงสถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ในปัจจุบัน และสามารถต่อยอดขยายผลไปสู่พื้นที่อื่น ๆ ตามเป้าหมายของโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์วิจัยป่าไม้ ในโครงการไม่มีค่าได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 1 ขี้เลื่อย ขี้กบ ปีกไม้ ที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปไม้สัก

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

2.1.1 การเตรียมเศษไม้สีก

เศษไม้สีก ประกอบด้วย ชี้เลื่อย ขี้กบ และปิกไม้ อบไล่ความชื้นให้เหลือไม่เกินร้อยละ 15 นำมาบดย่อยรวมกันในเครื่องบดวัสดุผ่านตะแกรงขนาด 10 มม. (ภาพที่ 2) ปริมาณอย่างละเท่า ๆ กัน เนื่องจากขนาด 10 มม. เป็นขนาดที่ผ่านการทดลองเบื้องต้นมาแล้วว่ามีผิวหน้าที่สวยที่สุดเมื่อผสมรวมกันทั้งชี้เลื่อย ขี้กบ และปิกไม้

2.1.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย เครื่องบดย่อยวัสดุ เครื่องอัดร้อนต้นทุนต่ำสำหรับชุมชนใช้ไฮดรอลิกแบบมือโยก (ภาพที่ 3) สารเชื่อมประสานใช้กาวไอโซไซยาเนต (isocyanate resins) และภาชนะบรรจุกาวเพื่อชั่งน้ำหนัก ไม่สำหรับผสมเศษวัสดุกับกาว (ภาพที่ 4) เครื่องฉีกกาว ตู้อบวัสดุ ถังลม บั๊มลม พัดลม เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล แผ่นเหล็กกรองอัด แผ่นเทปลอนรองกันติดแบบ แท่งเหล็กเพื่อใช้กำหนดความหนา กล้องสปีเลียมเพื่อใช้ในการเตรียมแผ่นอัด ถูมือกันร้อน ผ้าปิดจมูก แวนตา และเครื่องทดสอบบอเนกประสงค์ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 2 การบดย่อยเศษไม้สีกและเศษไม้สีกที่ผ่านการบดย่อยแล้วผ่านตะแกรงขนาด 10 มม.



ภาพที่ 3 เครื่องอัดร้อนต้นทุนต่ำสำหรับชุมชนใช้ไฮดรอลิกแบบมือโยก



ภาพที่ 4 ไม้สำหรับผสมเศษวัสดุกับกาวดัดแปลงจากไม้ผสมปูน



ภาพที่ 5 เครื่องทดสอบบอเนกประสงค์

2.1.3 การกำหนดส่วนผสม

กำหนดส่วนผสมของตัวอย่างแผ่นอัดจากเศษไม้สักขนาด กว้าง 40 ซม. x ยาว 40 ซม. x หนา 1 ซม. (ตัดขอบแล้วเหลือ กว้าง 30 ซม. x ยาว 30 ซม. x หนา 1 ซม.) โดยอ้างอิงอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัสดุทดแทนไม้จากกรมป่าไม้ [2] ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เศษไม้สักบดย่อยผ่านตะแกรงขนาด 10 มม. เท่ากับ 800 กรัม ใช้ปริมาณของสารเชื่อมประสาน (กาวไอโซไซยาเนต) เท่ากับร้อยละ 10, 8 และ 6 ของน้ำหนักเศษไม้สักบดย่อยตามลำดับ โดยอัตราส่วนที่กำหนดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมสำหรับขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษไม้สักขนาดกว้าง 40 ซม. x ยาว 40 ซม. x หนา 1 ซม.

ปริมาณเศษไม้สัก (กรัม)	ปริมาณกาวไอโซไซยาเนต (กรัม)
800	80
800	64
800	48

2.1.4 วิธีการอัดขึ้นรูปแผ่นตัวอย่าง

วิธีการอัดขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษไม้สัก ใช้วิธีการอัดร้อนโดยเริ่มจากผสมวัสดุเศษไม้สักบดย่อยกับกาวไอโซไซยาเนตด้วยวิธีการฉีดพ่นกาวลงในไม้ผสมที่ใส่เศษไม้สักบดย่อยไว้ ตามส่วนผสมในตารางที่ 1 เมื่อฉีดพ่นกาวจนหมดแล้วนำส่วนผสมออกจากโม่มาใส่ในแบบเหล็กเพื่อบีบอัดขึ้นรูปเบื้องต้นก่อนนำเข้าเครื่องอัดร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 50 บาร์ การอัดแผ่นวัสดุทดแทนไม้หนา 1 ซม. ใช้เวลา 5 นาที (ภาพที่ 6) นำแผ่นตัวอย่างที่ทำการอัดขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้วออกจากเครื่องอัดวางแผ่นตัวอย่างในแนวตั้งทิ้งไว้ในสภาพอากาศปกติ 24 ชั่วโมง นำมาทำการตัดขอบโดยรอบให้ได้ขนาดแผ่นวัสดุทดแทนไม้เท่ากับ 30 x 30 ซม. ดังภาพที่ 7



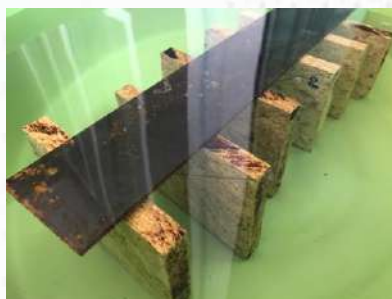
ภาพที่ 6 กระบวนการอัดขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษไม้สัก



ภาพที่ 7 การฝั่งแผ่นอัดจากเศษไม้สักและตัดขอบแผ่น

2.1.5 การทดสอบสมบัติแผ่นอัดจากเศษไม้สัก

ทดสอบสมบัติของแผ่นอัดจากเศษไม้สักตามมาตรฐาน มอก.876-2547 เรืองแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ [3] ประกอบด้วย (1) ลักษณะทั่วไป กำหนดผิวเรียบ ขอบได้ฉากกับระนาบผิว (2) ความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 400-900 กก./ลบ.ม. (3) ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 4-13 (4) การพองตัวตามความหนากำหนดต้องไม่เกินร้อยละ 12 (5) ความต้านทานแรงดัดกำหนดต้องไม่น้อยกว่า 14 เมกะพาสคัล (6) โมดูลัสยืดหยุ่นกำหนดต้องไม่น้อยกว่า 1800 เมกะพาสคัล (7) ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหนากำหนดต้องไม่น้อยกว่า 0.4 เมกะพาสคัล (8) ความยืดหยุ่นของผิวหนากำหนดต้องไม่น้อยกว่า 0.8 เมกะพาสคัล (9) ความยืดหยุ่นของตะปูไม่ต้องทำการทดสอบเนื่องจากความหนาไม่เกิน 13 มม. และ (9) สมบัติการนำความร้อนไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐาน มอก.876-2547 แต่ทำการทดสอบเพิ่มเติมเนื่องจากต้องการทราบคุณสมบัติสำหรับพิจารณาในการนำไปเป็นฉนวนป้องกันความร้อนเมื่อใช้เป็นผนังอาคาร โดยสมบัติการนำความร้อนทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C518 [4] ทั้งนี้การทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านทานแรงดัด แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า แสดงในภาพที่ 8-10 ตามลำดับ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 8 การทดสอบการพองตัวตามความหนา (ก) การแช่แผ่นตัวอย่างในน้ำ (ข) การวัดความหนา



ภาพที่ 9 การทดสอบความต้านทานแรงดัด



(ก)



(ข)

ภาพที่ 10 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (ก) การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ และ (ข) การทดสอบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

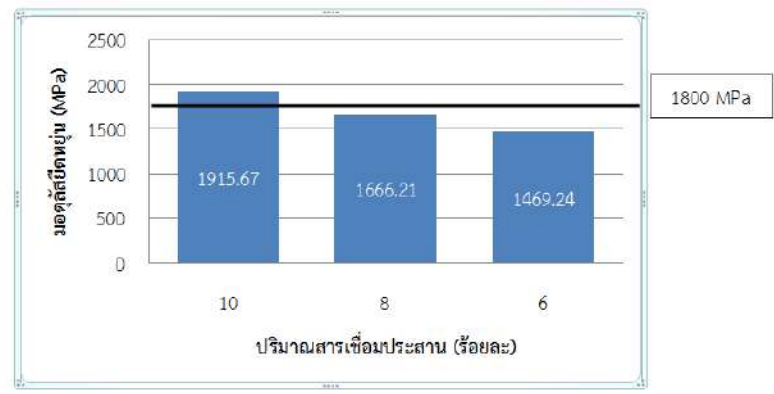
ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นอัดจากเศษไม้สักตามมาตรฐาน มอก.876-2547 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C518 แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 11-14 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 สมบัติของแผ่นอัดจากเศษไม้สักที่อัตราส่วนสารเชื่อมประสานต่างกัน

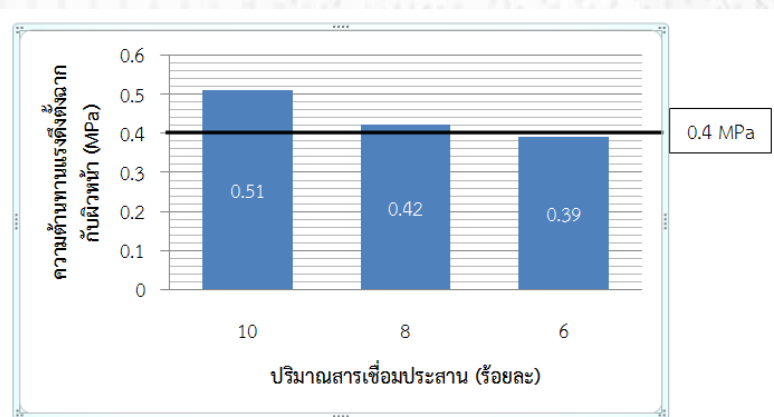
สมบัติของผลิตภัณฑ์	กาว 10%	กาว 8%	กาว 6%	ข้อกำหนดตาม มอก.
ลักษณะทั่วไป	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ผิวเรียบ ขอบได้ฉากกับระนาบผิว
ความหนาแน่น	845.45 kg/m ³	809.09 kg/m ³	761.78 kg/m ³	400 kg/m ³ ถึง 900 kg/m ³
ปริมาณความชื้น	6.04%	7.88%	8.82%	4% ถึง 13%
การพองตัวตามความหนา	4.50%	5.63%	6.50%	ไม่เกิน 12%
ความต้านทานแรงดัด	15.61 MPa	13.34 MPa	11.32 MPa	ไม่น้อยกว่า 14 MPa
มอดุลัสยืดหยุ่น	1915.67 MPa	1666.21 MPa	1469.24 MPa	ไม่น้อยกว่า 1800 MPa
ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	0.51 MPa	0.42 MPa	0.39 MPa	ไม่น้อยกว่า 0.4 MPa
ความยืดหยุ่นของผิวหน้า	0.92 MPa	0.89 MPa	0.75 MPa	ไม่น้อยกว่า 0.8 MPa
ความยืดหยุ่นของตะปู	-	-	-	ความหนา 3 ถึง 13 mm ไม่ได้ระบุ
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	0.138 w/m-°k	0.136 w/m-°k	0.133 w/m-°k	ไม่ได้กำหนด



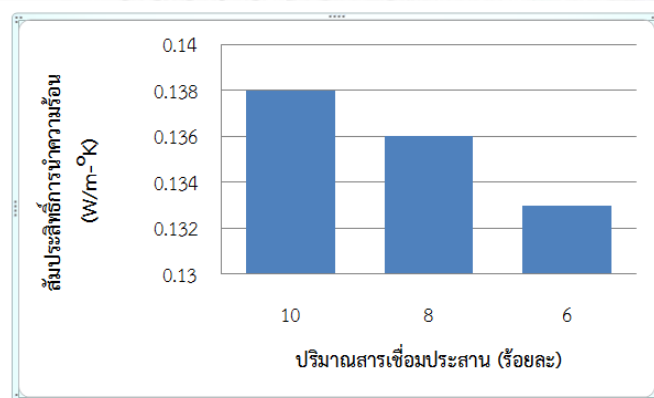
รูปที่ 11 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นอัดจากเศษไม้สักที่ปริมาณสารเชื่อมประสานต่าง ๆ



รูปที่ 12 มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นอัดจากเศษไม้สักที่ปริมาณสารเชื่อมประสานต่าง ๆ



รูปที่ 13 ความต้านแรงดึงตึงจากกับผิวหน้าของแผ่นอัดจากเศษไม้สักที่ปริมาณสารเชื่อมประสานต่าง ๆ



รูปที่ 14 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นอัดจากเศษไม้สักที่ปริมาณสารเชื่อมประสานต่าง ๆ

จากตารางที่ 2 และภาพที่ 11-14 เป็นผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นอัดจากเศษไม้สักตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ พบว่าเมื่อใช้สารเชื่อมประสานในปริมาณที่มากส่งผลให้คุณสมบัติเด่นที่ต้องการของแผ่นอัดจากเศษขึ้นไม้สักดีขึ้นกว่าใช้สารเชื่อมประสานในปริมาณที่น้อย โดยช่วยให้ความต้านทานแรงดัด, มอดูลัสยืดหยุ่น, ความต้านแรงดึงตึงจากกับผิวหน้า และความยึดแน่นของผิวหน้า มีค่าสูงขึ้นจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ปริมาณสารเชื่อมประสาน 10% ทั้งนี้ที่ปริมาณสารเชื่อมประสานทุกอัตราส่วนแผ่นตัวอย่างมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 400-900 กก./ลบ.ม. โดยที่ปริมาณสารเชื่อมประสาน 6%, 8% และ 10% มีความหนาแน่นเท่ากับ 761.78, 809.09 และ 845.45 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามปริมาณของสารเชื่อมประสาน ส่วนปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ปริมาณสารเชื่อม

ประสานมากขึ้น โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 8.82, 7.88 และ 6.04 ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐาน คือ ร้อยละ 4-13 และเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการพองตัวตามความหนา ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.50, 5.63 และ 4.50 ตามลำดับ โดยทั้งหมดมีค่าไม่เกินร้อยละ 12 ถือได้ว่าไม่เกินข้อกำหนดตามมาตรฐาน มอก. ส่วนของค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารเชื่อมประสานที่มากขึ้นโดยความต้านทานแรงดัดมีค่าเท่ากับ 11.32, 13.34 และ 15.61 เมกะพาสคัล ตามลำดับ มอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าเท่ากับ 1,469.24, 1,666.21 และ 1,915.67 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งที่ปริมาณสารเชื่อมประสานร้อยละ 10 ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดว่าต้องไม่น้อยกว่า 14 เมกะพาสคัล และมอดุลัสยืดหยุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดว่าต้องไม่น้อยกว่า 1,800 เมกะพาสคัล ส่วนค่าความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้าก็เพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารเชื่อมประสานเช่นเดียวกัน โดยมีค่าความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.39, 0.42 และ 0.51 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้าเท่ากับ 0.75, 0.89 และ 0.92 เมกะพาสคัล ซึ่งทั้งสองค่านี้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. เมื่อใช้ปริมาณสารเชื่อมประสานเท่ากับร้อยละ 8 (มาตรฐาน มอก. กำหนดให้ค่าความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าต้องไม่น้อยกว่า 0.4 เมกะพาสคัล และค่าความยืดหยุ่นของผิวหน้าต้องไม่น้อยกว่า 0.8 เมกะพาสคัล) ส่วนค่าความยืดหยุ่นของตะปูไม่ต้องทำการทดสอบเนื่องจากมาตรฐาน มอก. กำหนดให้ทำการทดสอบที่ความหนาของตัวอย่างแผ่นอัดเกินกว่า 13 มม. ทั้งนี้ผลการทดสอบแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการใช้ปริมาณสารเชื่อมประสานที่มากขึ้นส่งผลให้สมบัติด้านความแข็งแรงเพิ่มขึ้นของงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [5-7] โดยงานวิจัยนี้ไม่พบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในแผ่นอัดจากเศษไม้สักเนื่องจากใช้สารเชื่อมประสานประเภทกาโอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins) ที่ไม่มีส่วนประกอบของฟอร์มาลดีไฮด์เหมือนกับสารเชื่อมประสานประเภทยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde) หรือเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde) หรือฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF-Phenol Formaldehyde) และเมื่อส่งตัวอย่างแผ่นอัดจากเศษไม้สักไปทดสอบที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารเชื่อมประสานที่มากขึ้น คือ 0.133, 0.136 และ 0.138 วัตต์/เมตร-องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งตามมาตรฐาน มอก. ไม่ได้กำหนดไว้ แต่ทำการทดสอบเพื่อพิจารณาแนวโน้มของการเป็นฉนวนป้องกันความร้อน สำหรับใช้งานเป็นผนังอาคาร ซึ่งพบว่ามีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าอยู่ในช่วงของไม้ทั่วไปคือ 0.1-0.35 วัตต์/เมตร-องศาเซลเซียส สามารถใช้งานเป็นผนังอาคารทดแทนไม้ปกติได้ และเมื่อคิดความคุ้มค่าในการลงทุนแล้วพบว่าแผ่นอัดจากเศษไม้สักมีต้นทุนเท่ากับการผลิตแผ่นไม้อัดปกติทั่วไปหากทำการผลิตในโรงงานเดียวกันใช้เครื่องจักรตัวเดียวกันและกรรมวิธีการผลิตเหมือนกัน แต่ในโครงการนี้ได้ใช้เครื่องอัดร้อนที่คิดค้นเองทำให้มีต้นทุนต่ำและใช้เศษไม้สักเหลือทิ้งจากชุมชนที่ไม่มีต้นทุนจึงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตแผ่นอัดจากเศษไม้สักหรือวัสดุทดแทนไม้จากเศษไม้สักลดลงมากกว่าร้อยละ 30 และสามารถเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนมากกว่าร้อยละ 20

4. บทสรุป

การใช้เศษชิ้นไม้สักเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นอัดวัสดุทดแทนไม้เพื่อใช้เป็นผนังอาคาร ทำการขึ้นรูปแผ่นอัดจากเศษไม้สัก ประกอบด้วย ชี้เลื่อย ชี้กบ และปีกไม้ อบไล่ความชื้นให้เหลือไม่เกินร้อยละ 15 นำมาบดย่อยรวมกันในเครื่องบดวัสดุผ่านตะแกรงขนาด 10 มม. ปริมาณอย่างละเท่า ๆ กัน รวมเป็นปริมาณ 800 กรัม ผสมกับกาโอโซไซยาเนตปริมาณร้อยละ 10, 8 และ 6 ของเศษไม้สักโดยน้ำหนักตามลำดับ มาขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ความดัน 50 บาร์ ใช้เวลา 5 นาที ได้เป็นแผ่นอัดขนาด 30x30x1 เซนติเมตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.876-2547 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ พบว่าเมื่อผสมกาโอโซไซยาเนตในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้คุณสมบัติของตัวอย่างแผ่นอัดมีแนวโน้มที่ดีขึ้นในทุก ๆ ด้าน โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน คือ การใช้เศษไม้สักบดย่อยเท่ากับ 800 กรัม ต่อปริมาณกาโอโซไซยาเนตเท่ากับ 80 กรัม มีค่าความหนาแน่น 845.45 กก./ลบ.ม. ความชื้นร้อยละ 6.04 การพองตัวตามความหนาร้อยละ 4.50 ความต้านทานแรงดัด 15.61 เมกะพาสคัล มอดุลัสยืดหยุ่น 1,915.67 เมกะพาสคัล ความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า 0.51 เมกะพาสคัล ความยืดหยุ่นของผิวหน้า 0.92 เมกะพาสคัล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.138 วัตต์/ม.-องศาเซลเซียส ซึ่งมีคุณสมบัติทุกประการผ่านตามมาตรฐานที่กำหนด โดยข้อเสนอแนะในการดำเนินงานครั้งต่อไปควรศึกษาการใช้กาออร์มชาติ เช่น น้ำยางพาราเป็นวัสดุในการเชื่อมประสาน เพื่อให้แผ่นอัดจากเศษไม้สักมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณโครงการเรื่อง "การเพิ่มมูลค่าเศษไม้สักและใบสักเป็นระบบผนังฉนวนป้องกันความร้อนโดยใช้เครื่องจักรต้นทุนต่ำสำหรับชุมชนเมืองจิ้ง จังหัดน่าน" จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในแผนงานวิจัยการบริหารงานวิจัยเพื่อส่งเสริมสนับสนุนการปลูกต้นไม้ตามโครงการชุมชนไม่มีค่า โดยศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มณฑิ โพธิ์ทัย. ปลวกสักทองเชิงธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ปรับปรุงใหม่). สำนักพิมพ์เม็ดพายัพรินทร์, กรุงเทพฯ. 2538.
- [2] วรธรรม อุณจิตติชัย. วัสดุทดแทนไม้. กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555. 194 หน้า.
- [3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก. 876). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547.
- [4] American Society for Testing and Materials. ASTM C518-15. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. ASTM International. West Conshohocken, PA. 2015.
- [5] Khristova, P., Yossifou, S., and Gabir, I. Particle board from sunflower stalks: Preliminary trials, Bioresource Technology 58: 319-321. 1996.
- [6] Odozi, T.O.; Akaranta, O.; Ejike, P.N. Particle boards from agricultural wastes. Agricultural Wastes. 16(3): 237-240. 1986.
- [7] ประชุม คำพุ่ม. การประเมินสมบัติของผนังอาคารไม้เทียมจากเศษไม้โตเร็ว. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. 32(2561)21-28.

การศึกษาฤทธิ์ฆ่าหอยของแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ต่อหอยคัน

Indoplanorbis exustus

Study on molluscicidal activity of *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* bacteria against *Indoplanorbis exustus*

ประภาสิริ วรรณุช¹ เบญจวรรณ รัชมี¹ พิชามณซ์ จันธุ์¹ อับดุลฮาгим ดุมีแด¹ แสงชัย นทีวรรณารณ²
เทวรัตน์ คุ่มจันทิก³ พงษ์พิทักษ์ ภูติวัตร³ อัญชลี ฐานวิสัย¹ และ อภิชาติ วิทย์ตะ^{1*}

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

²ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรตำบลท่าโพธิ์
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

³ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

* Email: apichatv@nu.ac.th

บทคัดย่อ

Indoplanorbis exustus เป็นหอยคันที่เป็นโฮสต์ตัวกลางของพยาธิตัวตืดหลายชนิด การควบคุมหอยโฮสต์ตัวกลางด้วยวิธีทางชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ควบคุมโรคพยาธิตัวตืดไม่ได้ แบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตสารเมตาบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียทั้ง 2 สกุล ในการฆ่าหอยคัน *I. exustus* โดยการนำเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียที่มีปริมาณ 10^8 cfu/ml จำนวน 10 ไอโซเลตผสมในน้ำเลี้ยงหอยคัน แล้วสังเกตการตายของหอยภายใน 24 ชั่วโมง พบว่าแบคทีเรีย *X. mirariensis*, *P. luminescens* subsp. *akhurstii* และ *P. luminescens* subsp. *hainanensis* มีประสิทธิภาพสูงสุด (100%) โดยสามารถทำให้หอย ตายภายในเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอยด้วยวิธีทางฮิสโตโลยี พบว่าแบคทีเรี้นี้จะมีผลต่อเนื้อเยื่อบริเวณลำไส้ของหอย และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณส่วนเท้าของหอย การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรี้นี้อาจจะนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมหอยได้

คำสำคัญ: ฤทธิ์ฆ่าหอย แบคทีเรียที่อาศัยอยู่แบบพึ่งพา หอยคัน

Abstract

Indoplanorbis exustus is snail intermediate host for trematodes. Alternative biological control of snail intermediate host is possible to control of these trematode infections. *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* bacteria can produce secondary metabolites with bioactivities. The objective of this study is to evaluate bacteria in genus *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* for killing *I. exustus*. The cell suspension (10^8 cfu/ml) from 10 isolates of bacteria were mixed with the water that contained snails. Mortality rate of snails was observed within 24 h. It was found that *X. mirariensis*, *P. luminescens* subsp. *akhurstii* and *P. luminescens* subsp. *hainanensis* showed highest efficacy (100%) for killing the snails. In addition, histological changes of the snails were studied. It was found that these bacteria had effect on the

intestinal epithelium and tissue muscle in the foot of snail. This study demonstrates that these bacteria may be used for application in controlling of snails.

Keywords: Molluscicidal activity, Symbiotic bacteria, *Indoplanorbis exustus*

1. บทนำ

Indoplanorbis exustus เป็นหอยน้ำจืดจัดอยู่ในวงศ์ Planorbidae มีชื่อทั่วไปว่าหอยเลขหนึ่งจัว หรือหอยคัน เป็นหอยฝาเดียว ที่ไม่มีฝาปิดปากเปลือก (operculum) มีลักษณะขดแบนเป็นรูปกระดุมเวียนซ้าย (sinistral) ขนาดใหญ่ปานกลาง มีสองเพศในตัวเดียวกัน (hermaphrodite) หอย *I. exustus* เป็นหอยที่มีความสำคัญทางการแพทย์ ซึ่งเป็นโฮสต์ตัวกลางตัวที่หนึ่งและสองของพยาธิใบไม้ในลำไส้ *Echinostoma malayanum* และ *Echinostoma revolutum* ที่ก่อให้เกิดโรคพยาธิใบไม้ในลำไส้เอคิโนสโตมิเอซิส (echinostomiasis) ในคน [1] อาการของคนที่เป็นโรคพยาธิใบไม้ในลำไส้มักมีอาการแสดงออกน้อยหรือไม่ปรากฏอาการ แต่อาจทำให้เกิดการอักเสบบริเวณที่มีพยาธิเกาะ แต่มีพยาธิจำนวนมากอาจก่อให้เกิดอาการทางลำไส้ เช่น ปวดท้อง ท้องร่วง มีเม็ดเลือดขาวชนิด eosinophil สูง อาจพบอาการบวมและมีภาวะซีด นอกจากนี้อาจพบอาการปวดตรงกระบังลมหน้าท้อง ปวดท้องบริเวณลิ้นปี่ (epigastric) ตามมาด้วยท้องเสีย อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร ทุกโภชนาการ และอาจเสียชีวิตได้ [1] โรคพยาธิใบไม้ในลำไส้พบได้ทั่วโลกทั้งแถบยุโรป สหรัฐอเมริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศไทย มาเลเซีย อินเดีย สิงคโปร์ ลาว และ เวียดนาม นอกจากนี้หอยคัน *I. exustus* ยังเป็นโฮสต์ตัวกลางของพยาธิใบไม้เลือด *Schistosoma spindale* ที่ทำให้เกิดโรคพยาธิใบไม้เลือด (schistosomiasis) ในโคและกระบือ [2] สัตว์ที่ติดพยาธิชนิดนี้ทำให้สัตว์น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็ว ถ่ายเหลว ติดเชื้อบริเวณทางเดินอาหาร สัตว์พิการ หรือเสียชีวิตได้ ส่งผลต่อเศรษฐกิจกระบวนการผลิต และส่งออกไปยังต่างประเทศ ซึ่งส่งผลให้รายได้เฉลี่ยของผู้ประกอบการลดน้อยลง และตัวอ่อนของ *S. spindale* นั้นสามารถไชผ่านผิวหนังของคน แต่ไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยในคนได้ แม้จะไม่เป็นอันตรายแต่จะก่อให้เกิดความรำคาญจากอาการคัน ผิวหนังอักเสบ ปวดแสบปวดร้อน ต่อมาจะมีตุ่มขึ้นคล้าย ๆ กับยุงกัด ถ้ารักษาความสะอาดไม่ดีพอก็อาจเกิดแผลพุพองได้ [3] โรคผิวหนังที่เกิดจากพยาธิหอยคันนี้เกิดได้ทั่วโลกทั้งแถบยุโรป สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย แอฟริกาและ เอเชีย [2]

ปัจจุบันมีการใช้สารเคมี เช่น เมทิลดีไฮด์ ไนโคซาไมด์ และคอปเปอร์ซัลเฟตเพนตาไฮเดรต ในการควบคุมการกระจายของหอย แต่สารเคมีเหล่านี้เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ปลา และพืชน้ำ ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง [4] การควบคุมทางชีวภาพน่าจะเป็นทางเลือกที่จะช่วยลดปัญหาจากการสารเคมีได้ สำหรับแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ จัดอยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae รูปร่างท่อน สามารถเจริญได้ทั้งในที่ที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobic) และเป็น entomopathogenic bacteria ที่อาศัยร่วมกับไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง *Steinernema* และ *Heterorhabditis* ตามลำดับ [5] แบคทีเรียทั้ง 2 สกุล สามารถสร้างสารเมตาบอไลต์ทุติยภูมิที่มีคุณสมบัติออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะ (antibiotic) สารพิษต่อเซลล์ (cytotoxic compounds) สารยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial compounds) สารยับยั้งปรสิต (antiparasitic compounds) และสารยับยั้งหรือฆ่าแมลง (insecticidal compound) [6] นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาแบคทีเรียทั้ง 2 สกุลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อรา โดยในปี ค.ศ. 1982 Akhurst ได้ทดสอบฤทธิ์ของสารต้านจุลชีพที่แยกได้จาก *X. luminescens*, *X. nematophila* และ *Xenorhabdus* sp. พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ เช่น *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Shigella sonnei* [7] ในปี ค.ศ. 1996 Genhi Chen ได้ทดสอบฤทธิ์ของสารต้านจุลชีพที่แยกได้จากแบคทีเรีย *X. nematophila*, *X. bovienii* และ *P. luminescens* พบว่าสารต้านจุลชีพที่ผลิตได้ใน รูปของ Primary form สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 32 ชนิด [8] ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 da Silva และคณะ พบว่าเซลล์แบคทีเรีย *P. luminescens* และ *X. nematophila* มีความเป็นพิษ (oral toxicity) ต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) ที่เป็นพาหะสำคัญในการนำเชื้อไวรัสเด็งกีที่使人เป็นโรคไข้เลือดออก [9] และ ในปี ค.ศ. 2014 Grundman และคณะ ได้แยกสาร Chaiyaphumines จาก *Xenorhabdus* sp. 61.4 จากจังหวัดชัยภูมิของประเทศไทย มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อปรสิต (antiparasitics) โดยสามารถฆ่า *Plasmodium falciparum* ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคมาลาเรียได้ [10] แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียดังกล่าวมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย ประกอบกับปัจจุบันยังไม่มีรายงานนำแบคทีเรียดังกล่าวมาทดสอบฤทธิ์ฆ่าหอย ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ของ

แบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ในการฆ่าของหอย *I. exustus* โดยคาดว่าผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นความรู้พื้นฐานที่นำไปสู่การใช้ประโยชน์ในการควบคุมหอยคัน *I. exustus* หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่างหอยคัน *Indoplanorbis exustus*

เก็บตัวอย่างหอยคัน *I. exustus* ตัวเต็มวัยขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร จากอ่างบัวบริเวณรอบมหาวิทยาลัย นครสวรรค์พิษณุโลก นำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการด้วยน้ำที่ระเหยคลอรีนแล้ว เป็นเวลาประมาณ 7 วัน ก่อนจะใช้ทดสอบ

2.2 การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus*

นำเชื้อแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* จำนวน 10 ไอโซเลต (ตารางที่ 1) ที่เก็บไว้ในตู้อุณหภูมิ - 40 °C เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง nutrient bromothymol blue triphenyltetrazolium chloride agar (NBTA) เก็บไว้ในตู้ อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 3-4 วัน จากนั้นคัดเลือกโคโลนีเดียวไปเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Luria-Bertani (LB) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าที่ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำอาหารเหลว LB ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ที่ผ่านการ เขย่าแล้วเติมลงใน flask ที่มีอาหารเหลว LB 500 มิลลิลิตร เขย่าที่ 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำไปปั่นที่ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อเอาส่วนของตะกอนเชื้อแบคทีเรีย จากนั้นนำตะกอนไปละลายน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 200 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบฤทธิ์ในการฆ่าหอย

รหัสของแบคทีเรีย	ชนิดแบคทีเรีย	ไส้เดือนฝอยที่เป็นโฮสต์
bCM7.3	<i>X. stockiae</i>	<i>Steinernema</i> sp.
bCM7.3	<i>X. stockiae</i>	<i>Steinernema</i> sp.
bCM7.3	<i>X. stockiae</i>	<i>Steinernema</i> sp.
bCM7.3	<i>X. mirariensis</i>	<i>Steinernema</i> sp.
bCM7.3	<i>X. mirariensis</i>	<i>Steinernema</i> sp.
bKKC2.5	<i>P. luminescens</i> subsp. <i>akhurstii</i>	<i>Heterorhabditis</i> sp.
bKKC23.5	<i>P. luminescens</i> subsp. <i>akhurstii</i>	<i>Heterorhabditis</i> sp.
bKKC25.5	<i>P. luminescens</i> subsp. <i>akhurstii</i>	<i>Heterorhabditis</i> sp.
bLPA14.3	<i>P. luminescens</i> subsp. <i>hainanensis</i>	<i>Heterorhabditis</i> sp.
bPY4.4	<i>P. luminescens</i> subsp. <i>hainanensis</i>	<i>Heterorhabditis</i> sp.

2.3 การทดสอบฤทธิ์ของแบคทีเรียในการฆ่าหอย *Indoplanorbis exustus*

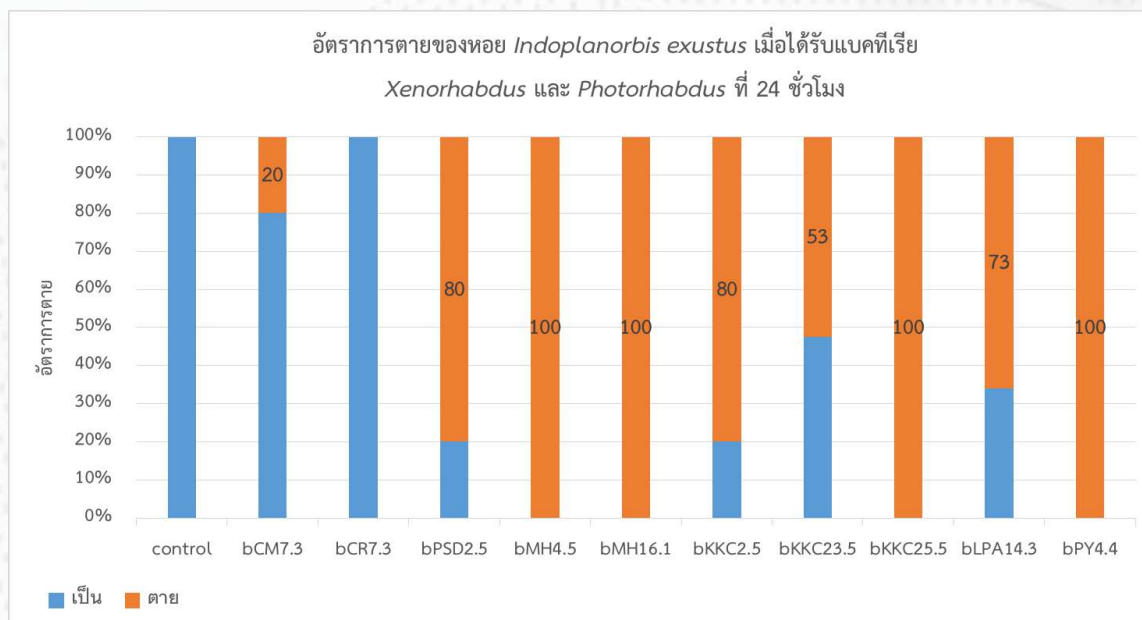
นำตัวอย่างหอยคัน *Indoplanorbis exustus* ใส่ในถ้วยพลาสติกใส 3 ถ้วย จำนวนถ้วยละ 10 ตัว ถ้วยที่ 1 (control) จะเติมน้ำกลั่นลงไปปริมาตร 100 มิลลิลิตร ส่วนถ้วยที่ 2 และ 3 เติมน้ำกลั่นที่ผสมกับตะกอนของเชื้อแบคทีเรีย ปริมาตร 2 ml (10^8 cfu/ml) แต่ละไอโซเลต ถ้วยละ 100 มิลลิลิตร ปิดปากถ้วยด้วยแผ่นพลาสติกใสเจาะรูแผ่นพลาสติก เพื่อให้อาหาร ให้หอยสัมผัสกับ suspension ของเซลล์แบคทีเรียเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำหอยมาล้างให้สะอาด แล้วนำไปวางในถ้วยใหม่ที่สะอาดที่มีน้ำอยู่กลั่นอยู่ 100 มิลลิลิตร สังเกตการเคลื่อนที่ของหอย นับจำนวนหอยที่ไม่เคลื่อนที่ซึ่ง จะถือว่าหอยตาย เปรียบเทียบอัตราการตายหอยหอยในกลุ่มที่ได้รับแบคทีเรีย และกลุ่มที่ได้รับเฉพาะน้ำกลั่น

2.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอย

นำตัวอย่างหอยที่ยังมีชีวิตอยู่จากทั้งกลุ่มที่ได้รับแบคทีเรียและน้ำกลั่นล้างให้สะอาด กะเทาะเปลือกหอยออก แล้วแช่น้ำยา 10% ฟอรัมาลิน แล้วเตรียมชิ้นเนื้อหอยตัวอย่างด้วยเครื่องเตรียมชิ้นเนื้ออัตโนมัติ (auto process) ฝังเนื้อเยื่อหอยตัวอย่างในพาราฟิน (embed paraffin) เมื่อเนื้อเยื่อแข็งตัวแล้วจึงนำไปตัดด้วยเครื่องตัดชิ้นเนื้อ (microtome) และย้อมด้วยสี Hematoxylin and Eosin (H & E stain) ส่องดูการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์ (light microscopy) และบันทึกภาพ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดสอบฤทธิ์ของ *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ในการฆ่าหอย *Indoplanorbis exustus* ใช้แบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* จำนวน 10 ไชโละต แบ่งเป็น *Xenorhabdus* จำนวน 5 ไชโละต เป็น *X. stockiae* จำนวน 3 ไชโละต (bCM7.3, bCR7.3 และ bPSD2.5) และ *X. mirariensis* จำนวน 2 ไชโละต (bMH4.5 และ bMH16.1) และแบคทีเรีย *Photorhabdus* จำนวน 5 ไชโละต เป็น *P. luminescens* subsp. *akhurstii* จำนวน 3 ไชโละต (bKKC2.5, bKKC23.5 และ bKKC25.5) และ *P. luminescens* subsp. *hainanensis* จำนวน 2 ไชโละต (bLPA 14.3 และ bPY 4.4) ทั้งหมดเป็นแบคทีเรียที่แยกได้จากไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง พบว่าแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* สามารถฆ่าหอยคัน *I. exustus* ได้ โดยแบคทีเรีย *X. mirariensis* (bMH4.5 และ bMH16.1), *P. luminescens* subsp. *akhurstii* (bKKC25.5) และ *P. luminescens* subsp. *hainanensis* (bPY4.4) มีประสิทธิภาพในการฆ่าในการฆ่าหอยคัน *I. exustus* ได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียไชโละตอื่น ๆ ที่ใช้ทดสอบ และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (น้ำกลั่น) ซึ่งแบคทีเรีย *X. mirariensis* (bMH4.5 และ bMH16.1) *P. luminescens* subsp. *akhurstii* (bKKC25.5) และ *P. luminescens* subsp. *hainanensis* (bPY 4.4) มีประสิทธิภาพในการฆ่าหอยคัน *I. exustus* ได้สูงถึง 100% ที่เวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 1) และสำหรับแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ไชโละตอื่น ๆ มีประสิทธิภาพในการฆ่าหอยคัน *I. exustus* ได้ในช่วง 0-80% ที่เวลา 24 ชั่วโมง

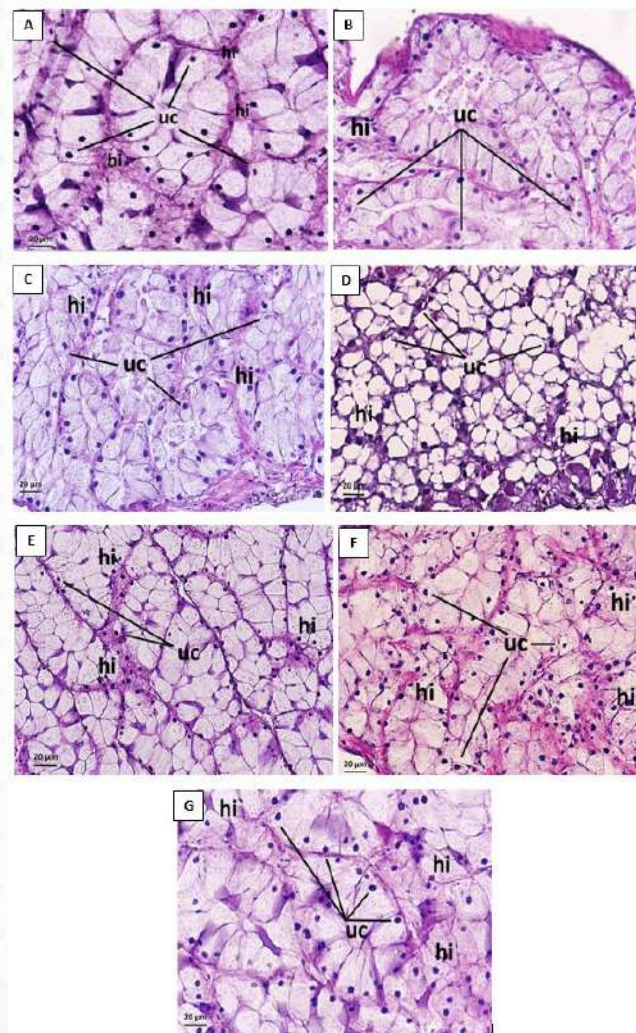


ภาพที่ 1 อัตราการตายของหอย *I. exustus* เมื่อได้รับแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอยพบว่าหอยที่ได้รับแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อบุผิว (ภาพที่ 2) และกล้ามเนื้อในส่วนของเท้าของหอย (ภาพที่ 3) เปลี่ยนแปลงไปโดย columnar muscle fibers กระจุกกระจาย ไม่เป็นระเบียบ และยังพบโปรตีน และเม็ดสี (pigment cells) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอย *Bithynia siamensis goniomphalos* หลังจากได้รับสารสกัดจากเปลือกมังคุด [11]

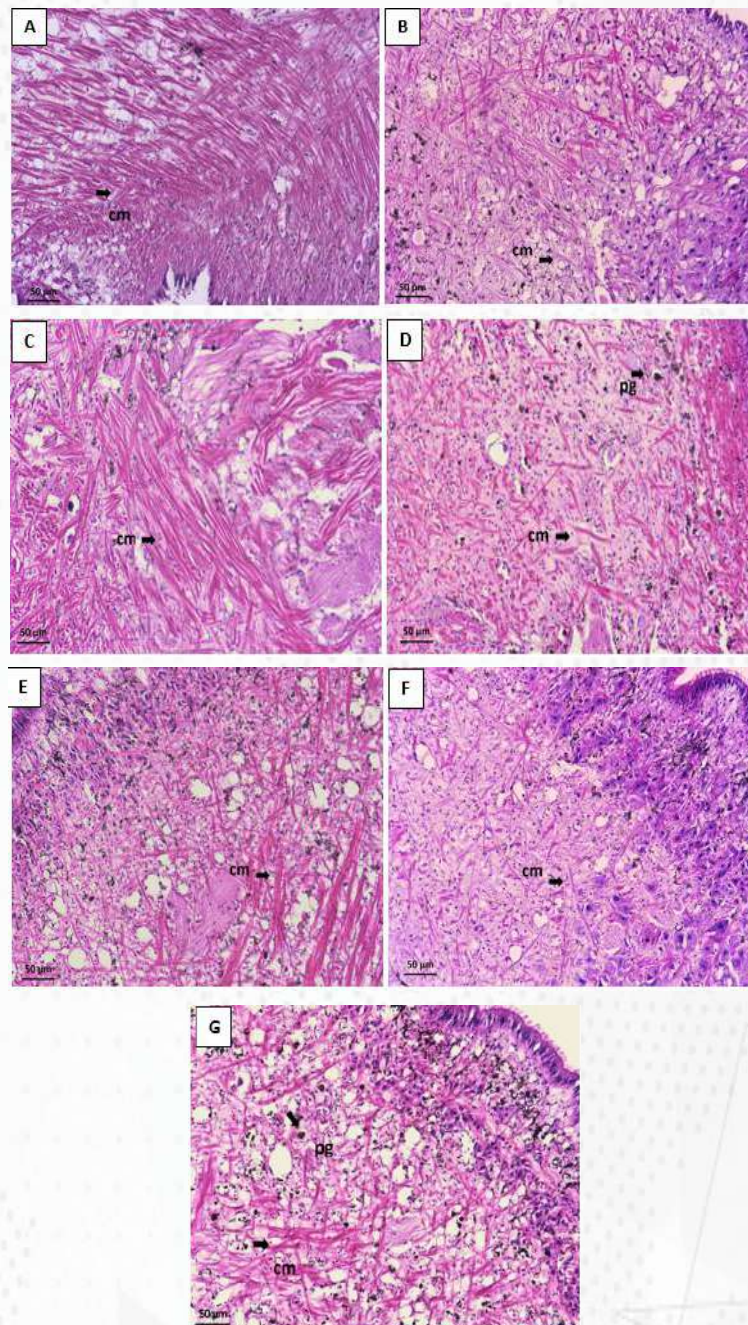
แบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* มีประสิทธิภาพในการฆ่าหอย *Indoplanorbis exustus* อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียทั้ง 2 สกุล สามารถสร้างสาร secondary metabolites ที่มีคุณสมบัติออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ สารพิษต่อเซลล์ (cytotoxic compounds) [6] ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอย อย่างไรก็ตามพบว่าแบคทีเรียชนิดเดียวกันแต่แตกต่างไอโซเลตให้ผลในการฆ่าหอยที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากความสามารถในการผลิตสารที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ไม่เท่ากัน หรืออาจจะเกิดจากการพฤติกรรมการกินอาหารของหอย ที่อาจจะกินแบคทีเรียเข้าไปในจำนวนที่ต่างกัน หรืออาจจะเป็นเพราะความเข้มข้นของแบคทีเรียที่ต่างกัน

4. บทสรุป



ภาพที่ 2 เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ (Intestinal epithelium) ของหอย *I. exustus* ที่ยังมีชีวิตอยู่ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ทดสอบด้วย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ที่กำลังขยาย 20x (A = เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ของหอยในกลุ่ม control, B = เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ของหอยที่ได้รับ bCM7.3, C = เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ของหอยที่ได้รับ bCR7.3, D = เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ของหอยที่ได้รับ

bPSD2.5, E = เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ของหอยที่ได้รับ bKCC2.5, F = เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ของหอยที่ได้รับ bKCC23.5, G = เนื้อเยื่อบุผิวลำไส้ของหอยที่ได้รับ bLPA14.3, uc = urinary concretions, hi = hemocyte islets)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าของหอย *L. exustus* ที่มีชีวิตอยู่ในกลุ่มควบคุมและที่ได้รับ *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ที่กำลังขยาย 10x (A = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าในกลุ่ม control, B = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าที่ได้รับ bCM7.3b, C = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าที่ได้รับ bCR7.3, D = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าที่ได้รับ bPSD2.5, E = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าที่ได้รับ bKCC2.5, F = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าที่ได้รับ bKCC23.5, G= เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อบริเวณเท้าที่ได้รับ bLPA14.3, cm = columnar muscle fibers, pg = pigment cell, pt = protein)

จากการทดสอบฤทธิ์ของ *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* ในการฆ่าหอย *Indoplanorbis exustus* พบว่า *X. mirariensis* (bMH 4.5 และ bMH16.1), *P. luminescens* subsp. *akhurstii* (bKKC25.5) และ *P. luminescens* subsp. *hainanensis* (bPY4.4) มีประสิทธิภาพในการฆ่าหอยคัน *I. exustus* สูงสุด (100%) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (น้ำกลั่น) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากหอย *I. exustus* ซึ่งเป็นหอยที่ไม่มีฝา น่าจะได้รับแบคทีเรียเข้าไปจากการกิน และแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* อาจจะยังมีชีวิตอยู่เพราะเป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้และต้องการออกซิเจนในปริมาณน้อย ดังนั้นอาจจะผลิตสารเมตาบอไลต์ทุติยภูมิที่มีคุณสมบัติทำลายเนื้อเยื่อโดยรอบลำไส้ของหอย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหอย *I. exustus* ที่พบว่าส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ เยื่อบุผิว (epithelium) ของลำไส้ และเนื้อเยื่อบริเวณส่วนเท้าของหอย ดังนั้นแบคทีเรีย *Xenorhabdus* และ *Photorhabdus* อาจจะเป็นอีกหนี่งทางเลือกในการนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมหอย *I. exustus*

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัย (R2562B078)

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S.P. Keeler, J.E. Huffman, Echinostomes in the second intermediate host. In: Toledo R., Fried B. (eds) The Biology of Echinostomes. Springer, New York, NY. 2009.
- [2] บัญญัติ สุขศรีงาม. อันตรายจากพยาธิหอยคัน. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 2550.
- [3] P. Kullavanijaya, H. Wongwaisayawan, Outbreak of cercarial dermatitis in Thailand. *International Journal of Dermatology*. 32(1993)113-115.
- [4] ชมพูนุช จรรยาเทศ, ปราสาททอง พรหมเกิด, กรแก้ว เสือสะอาด, ปิยาณี หนูภาพ และดารารพร รินทะรักษ์. การทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าหอย Niclosamide และ Metaldehyde รูปแบบใหม่กับหอยเชอรี่ *Pomacea* sp. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาด้านพืช และเทคโนโลยีการเกษตร. 2551.
- [5] R.J. Akhurst, Taxonomic study of *Xenorhabdus*, a genus of bacteria symbiotically associated with insect pathogenic nematodes. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 33(1983)38-45.
- [6] H.B. Bode, Entomopathogenic bacteria as a source of secondary metabolites. *Current Opinion in Chemical Biology*, 13(2009)224-230.
- [7] R.J. Akhurst, Antibiotic activity of *Xenorhabdus* spp. bacteria symbiotically associated with insect pathogenic nematodes of the families Heterorhabditidae and Steinernematidae. *Journal of General Microbiology*, 128(1982)3061-3065.
- [8] G. Chen, G.B. Dunphy, J.M. Webster, Antifungal activity of two *Xenorhabdus* species and *Photorhabdus luminescens*, bacteria associated with the nematodes *Steinernema* species and *Heterorhabditis megidis*. *Biological Control: Theory and Applications in Pest Management*, 4(1994)157-162.
- [9] O.S. da Silva, G.R. Prado, J.L.R. da Silva, C.E. Silva, M. da Costa, R. Heermann, Oral toxicity of *Photorhabdus luminescens* and *Xenorhabdus nematophila* (Enterobacteriaceae) against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, 112(2013)2891-2896.
- [10] F. Grundmann, M. Kaiser, M. Schiell, A. Batzer, M. Kurz, A. Thanwisai, H.B. Bode, Antiparasitic Chaiyaphumines from entomopathogenic *Xenorhabdus* sp. PB61.4. *Journal of Natural Products*, 77(2014)779-783.
- [11] R. Aukkanimart, T. Boonmars, S. Pinlaor, S. Tesana, S. Aunpromma, C. Booyarat, P. Sriraj, P. Laummaunwai, W. Punjaruk, Histopathological changes in tissues of *Bithynia siamensis goniomphalos* incubated in crude extracts of camellia seed and mangosteen pericarp. *Korean Journal of Parasitology*, 51(2013):537-544.

**การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ใน
การศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการ
เรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ**

**The development of Instruction Activities on Operating System and
Application Program in Education Subject by Using Constructivist Theory
Enhancing Collaboration Skills for The Second-Year Students of Computer
Education of Faculty of Education at Chaiyaphum Rajabhat University**

ทักษิณา นพคุณวงศ์

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
167 ถนนชัยภูมิ-ตาดโตน ตำบลนาฝาย อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ
Email: thaksina_1@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ 2) เพื่อศึกษาทักษะการเรียนรู้ร่วมกันของนักศึกษา 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนภายหลังได้รับการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จำนวน 50 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกันรายวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา 2) แบบประเมินทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน จำนวน 11 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา เรื่อง พื้นฐานและโครงสร้างของระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบที่มี 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกันที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน 9 องค์ประกอบ 2) ผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ย 4.14 เกิดทักษะการเรียนรู้ร่วมกันอยู่ในระดับมาก 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนภายหลังได้รับการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน พบว่า สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: กิจกรรมการเรียนการสอน ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The purposes of this research were: 1) to development of instruction activities on Operating System and Application Program in Education Subject by using constructivist enhancing collaboration for

the second-year students of computer education of Faculty of Education at Chaiyaphum Rajabhat University 2) to study the students' learning achievement of post-test using of instruction activities on Operating System and Application Program in Education Subject by using constructivist theory. The sample in this study consisted, 50 of the second year undergraduate students in Computer Education major of Faculty of Education, in the first semester of academic year 2018, Chaiyaphum Rajabhat University using a simple random sampling method. The research instruments in this study consisted of: 1) the instruction activities using constructivist enhancing collaboration 2) a 11- item of collaboration assessment 3) a 20-item of 4 multiple choices achievement. The data were analyzed using various statistical tests including mean, standard deviation and t-test dependent. The research results finding were as follows: 1) the instruction activities using constructivist enhancing collaboration included four steps and nine elements. 2) The students learn from instruction activities using constructivist enhancing collaboration were found the mean score 4.14 and collaboration skills was high. 3) The learning achievement of students was an improvement in learning achievement of post-test was higher than pre-test was statistical significance at the .01 level.

Keywords: Instruction Activities, Constructivist Theory, Collaboration Skills, Learning Achievement

1.บทนำ

การจัดการเรียนการสอนของครูไทยในปัจจุบันได้มุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของผู้เรียนเป็นรายบุคคล และให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะต่างๆตามศักยภาพของผู้เรียนหรือเป็นการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและครูยังต้องปรับเปลี่ยนวิธีการสอนและต้องพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และในยุคนี้ซึ่งถือว่าเป็นยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ เกิดการเปลี่ยนแปลงของโลกในหลายๆด้านทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมอันนำไปสู่การปรับตัวเพื่อให้เกิดความสามารถในการแข่งขันท่ามกลางกระแสโลกาภิวัตน์ทุกประเทศทั่วโลกกำลังมุ่งสู่กระแสใหม่ของการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า สังคมความรู้ (Knowledge Society) และระบบเศรษฐกิจฐานความรู้ (Knowledge-Based Economy) ที่จะต้องให้ความสำคัญต่อการใช้ความรู้และนวัตกรรม (Innovation) เป็นปัจจัยในการพัฒนาและการผลิตมากกว่าการใช้เงินทุนและแรงงานของตนเอง และในแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 9 [1] ได้ระบุให้แนวนโยบายการศึกษานำให้คนไทยทุกคนมีทักษะและกระบวนการคิด การวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มีความใฝ่รู้ และสามารถ ประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม สามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง เติบโตตามศักยภาพ [2] ซึ่งในรายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา รหัสวิชา 1046206 เป็นวิชาที่ความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นวิชาพื้นฐานที่ต้องศึกษาเกี่ยวกับความหมาย และวิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการ บทบาท หน้าที่ ประเภทของระบบปฏิบัติการ ฝึกปฏิบัติการใช้ระบบปฏิบัติการเบื้องต้น ศึกษา ระบบเครือข่ายการออกแบบระบบเครือข่าย การประยุกต์ใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในสถานศึกษา และศึกษา โปรแกรมสำเร็จรูป และการประยุกต์โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการศึกษา และการศึกษาในวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ เรื่อง พื้นฐานและโครงสร้างของระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ นั้นเป็นการศึกษาพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์โดยเน้นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์ที่เอาไว้ใช้สำหรับควบคุมและประสานงานระหว่างอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ทั้งหมด ตั้งแต่ซีพียู หน่วยความจำ ไปจนถึงส่วนนำเข้าและส่งออกผลลัพธ์ (Input/Output Device) บางครั้งก็นิยมเรียกรวมๆว่าแพลตฟอร์ม (Platform) คอมพิวเตอร์จะทำงานได้จำเป็นต้องมีระบบปฏิบัติการติดตั้งอยู่ในเครื่องเสียก่อน ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตเครื่องนั้น ๆว่าจะเลือกใช้แพลตฟอร์ม หรือระบบปฏิบัติการอะไรในการทำงาน เราจะพบเห็นระบบปฏิบัติการอยู่ในคอมพิวเตอร์แทบจะทุกประเภทตั้งแต่เครื่องขนาดใหญ่อย่างเครื่องเมนเฟรมจนถึงระดับเล็กสุด เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาประเภทพีดีเอ ซึ่งระบบปฏิบัติการจะทำงานสอดคล้องกับองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาจะมุ่งเน้นให้นักศึกษาได้ปฏิบัติด้วยตนเอง [3] แต่จากการศึกษาการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาจะเห็นว่าอาจารย์ผู้สอนส่วนมากขาดเทคนิคและวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการสอน และจากสภาพปัจจุบันการสอนใน

รายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา ในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ นั้น ประสบปัญหาในเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ซึ่งจะเห็นได้จากคะแนนประจำปีในระดับปริญญาตรี ในปีการศึกษาที่ผ่านมาปรากฏว่ารายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จากปัญหาที่เกิดขึ้นผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยการสังเกตสภาพการเรียนการสอน พบว่า ขาดการใช้สื่อการสอน ทำให้นักศึกษาไม่สามารถเกิดความคิดรวบยอดได้ ขาดเทคนิคและวิธีการแก้ปัญหา วิธีการสอนไม่หลากหลายและในด้านนักศึกษาขาดทักษะพื้นฐานของระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เนื่องจากไม่ได้รับการฝึกทักษะและมีความรู้พื้นฐานในกระบวนการเรียนที่เป็นระบบมีโอกาสในการปฏิสัมพันธ์กับสื่อรูปธรรมน้อย ขาดการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อยและทักษะการทำงานมีความพร้อมในการเรียนต่างกัน นักศึกษาขาดความรับผิดชอบและมีเจตคติที่ไม่ดีต่อรายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา ดังนั้นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักศึกษามีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน นักศึกษาที่เรียนอ่อนได้รับการเอาใจใส่จากอาจารย์ผู้สอนหรือเพื่อน และกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักศึกษามีความกระตือรือร้นในการเรียนตลอดเวลา จากสภาพปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหลักการและแนวคิดที่จะนำมาพัฒนาการเรียนการสอนที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา คือ แนวคิดของทฤษฎีโครงสร้างจิตวิสัยเป็นการเน้นกระบวนการที่ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในระดับห้องเรียน โดยนักศึกษามีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้นและเต็มใจ [4] โดยเน้นให้นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมหรือการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การฝึกให้ผู้เรียนได้ทำงาน ได้ร่วมกิจกรรมในการเรียน ได้ลงมือปฏิบัติจริง เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ใช้ความคิดในการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบ รู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น [5] กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีโครงสร้างจิตวิสัยเป็นวิธีหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาทำกิจกรรมตามความถนัดความสนใจโดยเน้นที่ตัวนักศึกษา ทำให้นักศึกษาได้ค้นพบหลักการกฎเกณฑ์มันโนทัศน์ด้วยตนเอง อาจารย์ผู้สอนมีบทบาทเพียงเป็นผู้จัดสถานการณ์ให้กับนักศึกษาด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้นักศึกษาได้เชื่อมความคิดใหม่ๆกับสิ่งที่นักศึกษาสะสมไว้ในประสบการณ์แล้วนำไปสู่แนวทางในการแก้ปัญหาและค้นพบสิ่งที่ต้องการจะรู้ด้วยตนเอง [6]

2. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนรายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

2.2 เพื่อศึกษาทักษะการเรียนรู้ร่วมกันของนักศึกษาที่เรียนด้วยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนรายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

2.3 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนภายหลังได้รับการสอนด้วยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนรายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ตัวแปรต้น คือ รูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

1.2 ตัวแปรตาม คือ ทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2 **เนื้อหาที่ใช้** คือ การวิจัยครั้งนี้มีเนื้อหารายวิชาที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นเนื้อหาวิชาในการพัฒนาการเรียนการสอนในครั้งนี้ คือ รายวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา รหัสวิชา 1046206 เรื่อง พื้นฐานและโครงสร้างของระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา(5ปี) หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2556 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

3.3 **ระยะเวลา** จำนวน 1 ภาคเรียน คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Developmental research) แบบ Type II ใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลังเรียน แบ่งระยะของการวิจัยเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 พัฒนารูปแบบกิจกรรมเกมการเรียนรู้

ระยะที่ 2 การตรวจสอบความตรงของรูปแบบกิจกรรมเกมการเรียนรู้

ระยะที่ 3 การใช้รูปแบบกิจกรรมเกมการเรียนรู้

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อดัง ต่อไปนี้

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ที่กำลังศึกษาในรายวิชาระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 34 ที่ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

4.2.1 รูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน

4.2.2 แบบประเมินทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน จำนวน 11 ข้อ ที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.78

4.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา เรื่อง พื้นฐานและโครงสร้างของระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.97

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.3.1 วิเคราะห์หาค่าคะแนนทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3.2 วิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ก่อนและภายหลังได้รับการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน โดยใช้ค่า T-test แบบ Dependent sample [7]

5. ผลการวิจัย

5.1 รูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน 9 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ขั้นนำ ประกอบด้วย การแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้, สถานการณ์ปัญหาและ ทบทวนความรู้เดิม 2) ขั้นสอน ประกอบด้วย การตั้งคำถาม, กิจกรรมกลุ่มย่อยและการช่วยเหลือ (Scaffolding) 3) ขั้นสรุปและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประกอบด้วย การโค้ช (Coaching) และแลกเปลี่ยนมุมมอง และ 4) ขั้นประเมิน

5.2 ทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ร่วมกันอยู่ในระดับมากที่สุดโดยมี คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 มีจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 นักเรียนที่เกิดทักษะการเรียนรู้ร่วมกันอยู่ในระดับมากโดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 มีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67

5.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ พบว่า สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สรุปผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า รูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน คะแนนทดสอบก่อนเรียนมี

คะแนนเฉลี่ย 15.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.4 ส่วนคะแนนทดสอบหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 23.09 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน

การทดสอบ n=34	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t-test
ก่อนเรียน	15.21	3.4	10.56*
หลังเรียน	23.09	2.2	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 df = 33

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 กิจกรรมการเรียนการสอนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ข้อสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน 9 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ขั้นนำ ประกอบด้วย การแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้, สถานการณ์ปัญหาและ ทบทวนความรู้เดิม 2) ขั้นสอน ประกอบด้วย การตั้งคำถาม, กิจกรรมกลุ่มย่อยและการช่วยเหลือ (Scaffolding) 3) ขั้นสรุปและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประกอบด้วย การโค้ช (Coaching) และแลกเปลี่ยนมุมมอง และ 4) ขั้นประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [8] เรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาสำหรับผู้เรียนช่วงชั้นที่ 2 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ผลการวิจัยได้ข้อสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเตรียมการสอน 2) ขั้นกระบวนการเรียนการสอน และ 3) ขั้นการวัดและประเมินผล

6.2 ทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ร่วมกันอยู่ในระดับมากที่สุดโดยมี คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 มีจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ผู้เรียนที่เกิดทักษะการเรียนรู้ร่วมกันอยู่ในระดับมากโดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 มีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ที่เป็นเช่นนี้เพราะผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ร่วมกัน มุ่งให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงการมีปฏิสัมพันธ์ รู้จักบทบาทของตนเองและสมาชิกในกลุ่ม ยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [9] ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาการจัดการห้องเรียนคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคร่วมมือกันคิด ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการใน การเรียนรู้ร่วมกันมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก และค่าเฉลี่ยรวมรายข้ออยู่ในระดับมากเช่นกัน

6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องของระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาของผู้เรียนภายหลังได้รับการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียออนไลน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X} = 23.09$, S.D. = 2.20) ค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($\bar{X} = 15.21$, S.D. = 3.36) เมื่อทดสอบโดยใช้ t-test แบบ dependent พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์พัฒนาการของผู้เรียน พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนนี้ส่งผลทำให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้ออกของผู้เรียน กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนได้รับการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนนี้จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีประสิทธิภาพสามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ทั้งนี้อาจ

เป็นเพราะกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนและผู้วิจัยได้นำกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของทฤษฎีที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม การแสดงออก การสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง การสืบค้น และค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง ภายใต้กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือกัน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ อย่างเข้าใจและทำให้เกิดความจำอย่างคงทนในระยาว สอดคล้องกับงานวิจัยของ[10] และ [11] ที่พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอน ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพและทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและนักเรียนสามารถคิด แก้ปัญหาและสร้างความรู้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ในบทเรียนเพื่อบรรลุเป้าหมายของเกมได้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาในครั้งนี้

7.1.1 ควรมีการศึกษาถึงผลที่เกิดจากการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา รหัสวิชา 1046206 เรื่อง พื้นฐานและโครงสร้างของระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการคิดในระดับสูง ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ปัญหา การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การคิดตัดสินใจ เป็นต้น

7.1.2 ควรสร้างและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ร่วมกันในวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาในเนื้อหาเรื่องอื่นๆ

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในครั้งต่อไป

7.2.1 ควรพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นพัฒนาความสามารถทางการเรียนในวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษาเปรียบเทียบกับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบอื่นๆ ในเรื่องอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7.2.2 ควรทำการวิจัยเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอื่นๆ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการระบบปฏิบัติการและโปรแกรมประยุกต์ในการศึกษา กับผู้เรียนในเนื้อหาอื่นๆ และในระดับชั้นอื่นๆ ต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. แผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9, พ.ศ. 2545-2549. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- [2] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2), พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ : พรักหวาน กราฟฟิค.
- [3] วิเชษฐ์ พลายมาศ. ระบบปฏิบัติการ : Operating Systems. ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ. 2560.
- [4] Duffy, T. M. and D. J. Cunningham. Constructivism: Implication for the Design and Delivery of Instruction. pp. 170-195. in D. H. Jonassen (ed.). Handbook of Research for Educational Communications and Technology, New York, Macmillan Library Reference, USA, 1996.
- [5] ทิศนา ขมมณี. ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 12, กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- [7] ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. สถิติวิทยาทางการวิจัย. กรุงเทพฯ. สุวีริยาสาส์น, 2540.
- [6] Jonassen, D.H., Jane Howland, Joi Moore; and Rose M. Marra. Learning to Solve Problems with Technology; A Constructivist Perspective. 2nd Ed., Merrill Prentice Hall, Ohio, 2003.

- [8] นิลวรรณ วานิชสุขสมบัติ .(2547). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาสำหรับผู้เรียนช่วงชั้นที่ 2 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [9] วิทยา อารีราษฎร์. (2553). ผลการจัดการเรียนรูปรายวิชาการจัดการห้องเรียนคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคร่วมกันคิด. งานวิจัยในชั้นเรียน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- [10] อรุณศรี ศรีชัย. (2548). ผลของมัลติมีเดียที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ อาศัยหลักการ Meaningful Learning เรื่อง สารที่ใช้ในชีวิตประจำวันสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต (เทคโนโลยีทางการศึกษา) มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [11] ศิริเพ็ญ ไหมวัด. (2551). การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (เทคโนโลยีทางการศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

การกระจายตัวของริ้นฝอยทรายในเขตพื้นที่อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก Distribution of Phlebotomine Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Chart trakan, Phitsanulok

รักษิณา พลสีลา^{1*} ณรงค์ จัตูรัส¹ และ อภิชาติ วิทย์ตะ¹

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

*Email: raxsinap@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ริ้นฝอยทรายเป็นแมลงพาหะนำโรคเลิซมาเนียซึ่งพบรายงานผู้ป่วยในประเทศไทย การศึกษานี้เป็นการศึกษาโดยใช้กับดักแสงไฟวางดักในหมู่บ้านและป่าบนภูเขาเขตตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก ในเดือนพฤษภาคม 2563 โดยวางกับดัก 20 ตำแหน่งต่อพื้นที่ รวม 40 ตำแหน่ง วางตั้งตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 นาฬิกา ผลการศึกษาพบริ้นฝอยทรายทั้ง 2 พื้นที่จำนวน 652 ตัว (เพศผู้ 376 ตัว เพศเมีย 276 ตัว) สัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย 1.36:1.00 จำแนกชนิดเฉพาะเพศเมียจำนวน 12 ชนิด คือ *Se. indica* (27.54%), *Ph. stantoni* (17.39%), *Se. barraudi* (16.30%), *Se. silvatica* (12.32%), *Se. hivernus* (9.26%), *Se. khawi* (7.25%), *Se. bailyi* (6.25%), *Phlebotomus* spp. (1.81%), *Ph. Kiangsuensis* (0.72%), *Se. perturbans*, *Se. quatei*, และ *Se. anodontis* (0.36%) ชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Se. indica* (27.54%) ความหนาแน่นเฉลี่ยของริ้นฝอยทราย 16.30 ตัวต่อกับดักต่อคืน ส่วนการศึกษาเฉพาะในหมู่บ้านพบริ้นฝอยทรายจำนวน 125 ตัว (เพศผู้ 57 ตัว เพศเมีย 68 ตัว) สัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย 1.00:1.19 ความหนาแน่นเฉลี่ย 6.25 ตัวต่อกับดักต่อคืน ส่วนพื้นที่ป่าบนภูเขา พบจำนวน 527 ตัว (เพศผู้ 319 ตัว เพศเมีย 208 ตัว) ความหนาแน่นเฉลี่ย 26.35 ตัวต่อกับดักต่อคืน สัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย 1.53:1.00 ผลการศึกษานี้พบริ้นฝอยทรายที่เคยมีการตรวจพบเชื้อเลิซมาเนียซึ่งอาจมีความสามารถเป็นพาหะนำโรคเลิซมาเนียได้ คือ *Se. barraudi* จึงอาจมีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคเลิซมาเนียในพื้นที่นี้ได้ ข้อมูลนี้จึงเป็นประโยชน์ในการควบคุมแมลงพาหะเพื่อเป็นการเฝ้าระวังโรคเลิซมาเนียต่อไป

คำสำคัญ: ริ้นฝอยทราย กับดักแสงไฟ การกระจายตัว

Abstract

Leishmania species are transmitted by bites of Phlebotomine sand flies. Leishmaniasis cases are reported is an emerging disease in Thailand. This study investigated the species composition and density of sand flies found in Tambon Pha Dang, Amphoe Chart trakan, Phitsanulok. Sand flies were collected one night using Modified CDC light traps from 18.00-06.00 hr. in May, 2020. We collected a total of 652 sand flies with the overall male/female ratio of 1.36:1.00. The female sand flies were identified as belonging to two genera (*Phlebotomus*, *Sergentomyia*) and comprised of *Se. indica* (27.54%), *Ph. stantoni* (17.39%), *Se. barraudi* (16.30%), *Se. silvatica* (12.32%), *Se. hivernus* (9.26%), *Se. khawi* (7.25%), *Se. bailyi* (6.25%), *Phlebotomus* spp. (1.81%), *Ph. Kiangsuensis* (0.72%), *Se. perturbans*, *Se. quatei*, and *Se. anodontis* (0.36%) The most abundant species was *Se. indica* (27.54%). The average density of sand flies was 16.30 sand flies per trap per night (rural area 6.25 sand flies per trap per night/forest 26.35 sand flies per trap per night) *Se. barraudi* was found, which is important because it is potential vector of *Leishmania* spp. In conclusion, the

widespread distribution of sand flies may be an indicator of the epidemiologic importance of the vector in difference area.

Keywords: sand flies, Modified CDC light traps, distribution

1. บทนำ

รื้อนฝอยทรายเป็นแมลงขนาดเล็กที่มีความสำคัญทางการแพทย์เนื่องจากมีบทบาทในการเป็นพาหะนำโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย ไวรัสและโปรโตซัวที่สำคัญคือเชื้อลิวมาเนียซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคลิวมาเนีย (Leishmaniasis) ซึ่งโรคนี้เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญในหลายประเทศ ได้มีการประมาณจำนวนผู้ที่ได้รับเชื้อลิวมาเนีย 12 ล้านคนจากประชากรกว่า 350 ล้านคนใน 88 ประเทศที่มีความเสี่ยงต่อการติดต่อของโรคนี้ [1] และมีแนวโน้มการแพร่ระบาดเพิ่มขึ้น เฉพาะรื้อนฝอยทรายเพศเมียเท่านั้นที่กัดดูดกินเลือดสัตว์มีกระดูกสันหลังจึงเป็นพาหะสำคัญในการนำโรคดังกล่าว ปัจจุบันทั่วโลกมีรายงานชนิดของรื้อนฝอยทรายมากกว่า 1,000 ชนิด แต่มีเพียง 90 ชนิดที่มีรายงานว่าสามารถเป็นพาหะนำโรคลิวมาเนียได้ [2] ซึ่งรื้อนฝอยทรายสกุล *Phlebotomus* สามารถถ่ายทอดเชื้อ *Leishmania* spp. ได้มากกว่า 40 ชนิดในเขตโลกเก่า และสกุล *Lutzomyia* สามารถถ่ายทอดได้ถึง 30 ชนิดในเขตอเมริกา ส่วนในคาบสมุทรอินเดียพบว่า *Phlebotomus* spp. สามารถถ่ายทอดเชื้อได้ 11 ชนิด [3] สำหรับประเทศไทยมีรายงานชนิดรื้อนฝอยทรายอย่างน้อย 34 ชนิด [4,5] ซึ่งเป็นการสำรวจในหลายพื้นที่ในทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ตามบริเวณที่มีดและมีความชื้นสูง เช่น กองหิน จอมปลวกเก่า ถ้ำหรือพื้นดินที่มีใบไม้ปกคลุม เป็นต้น จากรายงาน 34 ชนิดนั้นพบรื้อนฝอยทรายชนิดที่มีรายงานความสามารถในการเป็นพาหะนำโรค 2 ชนิด คือ *Ph. argentipes* และ *Ph. major major* [6] ซึ่ง *Ph. argentipes* เป็นรื้อนฝอยทรายที่ได้รับการยืนยันการนำเชื้อ *Leishmania donovani* [7] และพบชนิดที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำเชื้อลิวมาเนีย เช่น *Se. gemmea* และ *Se. barraudi* ซึ่งสำรวจพบได้ในบางพื้นที่ในไทยทั้งพื้นที่ที่พบรายงานผู้ป่วยและพื้นที่ทั่วไป [8,9] นอกจากนี้มีรายงานพบผู้ป่วยลิวมาเนียที่เป็นคนไทยอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่ามีกรายงานผู้ป่วยตั้งแต่ปีพ.ศ. 2524-2562 มีจำนวนอย่างน้อย 71 ราย โดยพบว่าทั้งผู้ป่วยที่ติดเชื้อมาในประเทศ (Autochthonous cases) และผู้ป่วยที่มีประวัติการเดินทางมาจากต่างประเทศ หรือมีประวัติการทำงานในบริเวณพื้นที่ระบาด (Import cases) [10,11] นอกจากนี้พบว่าแต่ละพื้นที่ที่ทำการสำรวจนั้นพบรื้อนฝอยทรายที่มีความแตกต่างกันทั้งชนิด จำนวนและความหนาแน่น ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และฤดูกาลที่ทำการศึกษารวมทั้งระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นต้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาชนิด จำนวน และความหนาแน่นเฉลี่ยของรื้อนฝอยทรายในพื้นที่ตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับอุทยานแห่งชาติน้ำตกชาติตระการ ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีน้ำตกชาติตระการและป่าที่อุดมสมบูรณ์ และพื้นที่นี้ยังไม่มีเคยมีรายงานการศึกษารื้อนฝอยทรายมาก่อน อีกทั้งยังมีภูมิประเทศที่มีทั้งพื้นที่ราบเหมาะสำหรับใช้ทำเกษตรกรรมและเป็นที่อยู่อาศัย และมีบริเวณที่เป็นภูเขาที่มีชอกหิน รอยแตก ร่องหินและมีป่าที่อุดมสมบูรณ์จึงเหมาะสมสำหรับเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของรื้อนฝอยทราย นอกจากนี้ในหมู่บ้านยังมีการเลี้ยงสัตว์ที่อาจเป็นสัตว์รังโรคของโรคลิวมาเนีย เช่น สุนัข รวมทั้งสัตว์อื่น เช่น วัว แมว เป็ด ไก่ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงนับว่ามีประโยชน์อย่างมากทั้งในแง่ของการเฝ้าระวังโรคลิวมาเนีย และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนเพื่อควบคุมรื้อนฝอยทรายที่มีความสำคัญในการเป็นพาหะนำโรคในไทยต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาและการเก็บตัวอย่างรื้อนฝอยทราย

การคัดเลือกพื้นที่เป็นแบบเจาะจง (purposive selection) ดำเนินการศึกษาแบบภาคตัดขวาง cross sectional study โดยมีทั้งการสำรวจภาคสนามและห้องปฏิบัติการ ในภาคสนามได้ทำการศึกษาค้นคว้าในเขตตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก พิกัด 16°44'53.21"N, 100°11'18.99"E (ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 256-264 เมตร) โดยดักจับรื้อนฝอยโดยใช้กับดักแสงไฟ (Modified CDC light trap) วางกับดักสูง 1 เมตรจากพื้นดิน โดยให้สูงสำหรับใส่แมลงอยู่เหนือพื้นดินประมาณ 10-20 เซนติเมตร สำรวจในเดือนพฤษภาคม 2563 ดักจับรื้อนฝอยทรายใน 2 พื้นที่คือ พื้นที่ที่อยู่อาศัยภายในหมู่บ้าน (ต้นไม้ กอไผ่ ใต้ถุนบ้าน นอกห้องน้ำ โรงเก็บของ เล้าไก่หรือใกล้คอกสัตว์) และพื้นที่โดยรอบหมู่บ้านที่มีภูมิประเทศ

เป็นป่าอยู่บนภูเขา (บริเวณที่มีร่องหิน โขดหิน โพรงหิน กอไผ่ โคนต้นไม้ที่มีใบไม้ทับถม หรือจอมปลวก) โดยดักจับร่อนฝอยทราย 20 ตำแหน่งต่อพื้นที่ รวมทั้งหมด 40 ตำแหน่ง เริ่มวางกับดักเวลา 18.00 นาฬิกา และเก็บเวลา 06.00 นาฬิกา รวมเวลาที่ใช้ดัก 12 ชั่วโมง บันทึกวัน เวลา และพิกัด โดยใช้เครื่องกำหนดพิกัดและระดับความสูง (Global Positioning System ; GPS) รวมทั้งบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Hydro-Hygrometer) แล้วทำการบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 1 พื้นที่ที่อยู่อาศัยภายในเขต ตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก



ภาพที่ 2 พื้นที่ป่าบนภูเขาที่อยู่เขตตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก



ภาพที่ 3 กับดักแสงไฟที่ใช้ดักจับร่อนฝอยทราย

2. การจำแนกชนิดรึ้นฝอยทราย

แมลงทั้งหมดที่ดักจับแต่ละกับดักนำมาทำให้สลบด้วยความเย็น แล้วนำมาแยกรึ้นฝอยทรายเพศผู้และเพศเมียออกจากแมลงชนิดอื่นภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereo microscope แล้วต้องรึ้นฝอยทรายใน 80% แอลกอฮอล์ นำเฉพาะรึ้นฝอยทรายเพศเมียซึ่งมีความสำคัญในการเป็นแมลงพาหะมาเตรียมสไลด์แบบ permanent slide โดยหยด Hoyer's medium ลงบนสไลด์ นำตัวอย่างรึ้นฝอยทรายวางลงในน้ำยาดังกล่าว จากนั้นใช้เข็มตัดส่วนหัวของรึ้นฝอยทรายแยกออกจากส่วนอกที่ติดกับส่วนท้องให้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน จัดส่วนหัวโดยพลิกให้หงายขึ้น เพื่อให้เห็นส่วนหัวที่ชัดเจน เช่น Cibarium และ Pharynx แล้วจัดส่วนอกกับส่วนท้องให้อยู่ใกล้กับส่วนหัว แล้วปิดทับด้วย cover glass บันทึกข้อมูล สถานที่เก็บ อุปกรณ์ที่ใช้เก็บ วันที่เก็บ ผู้เก็บ ไร่ด้านขวาของสไลด์ เมื่อแห้งแล้วนำตัวอย่างสไลด์ไปจำแนกชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยจำแนกชนิดตามกุญแจอนุกรมวิธานของ Lewis's (1978) และเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งใช้ลักษณะสำคัญในการจำแนก เช่น Cibarium, Spermatheca และ Pharynx ของเพศเมีย และบันทึกผลชนิดรึ้นฝอยทรายที่สำรวจพบ



ภาพที่ 4 รึ้นฝอยทรายเพศเมีย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เช่น การแจกแจง (distributions) เช่น ร้อยละ (percentage), อัตราส่วน (ratio) เป็นต้น

$$\begin{aligned} \text{อัตราการกระจายตัวของรึ้นฝอยทราย (\%)} &= \frac{\text{จำนวนรึ้นฝอยทรายที่พบ (ตัว)} \times 100}{\text{จำนวนรึ้นฝอยทรายทั้งหมด (ตัว)}} \\ \text{ความหนาแน่นเฉลี่ย (ตัวต่อกับดักต่อนิน)} &= \frac{\text{จำนวนรึ้นฝอยทรายทั้งหมด (ตัว)}}{\text{จำนวนกับดักแสงไฟ}} \\ \text{สัดส่วนรึ้นฝอยทรายเพศผู้และเพศเมีย} &= \text{จำนวนเพศผู้ : เพศเมีย} \end{aligned}$$

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการสำรวจที่เขตตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก ในเดือนพฤษภาคม 2563 พบรึ้นฝอยทรายในเขตหมู่บ้านจำนวน 125 ตัว (เพศผู้ 57 ตัว เพศเมีย 68 ตัว) เขตพื้นที่บ้านภูเข จำนวน 527 ตัว (เพศผู้ 319 ตัว เพศเมีย 208 ตัว) จำนวนรวมทั้ง 2 พื้นที่คือ 652 ตัว (เพศผู้ 376 ตัว เพศเมีย 276 ตัว) สัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย (1.36:1.00) จำแนกชนิดเฉพาะเพศเมียโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้ 2 สกุล 12 ชนิด คือสกุล *Phlebotomus* 3 ชนิด และสกุล *Sergentomyia* 9 ชนิด คือ *Se. indica* (27.54%), *Ph. stantoni* (17.39%), *Se. barraudi* (16.30%), *Se. silvatica* (12.32%), *Se. hivernus* (9.26%), *Se. khawi* (7.25%), *Se. bailyi* (6.25%), *Phlebotomus* spp. (1.81%), *Ph. Kiangsuensis* (0.72%), *Se. perturbans*, *Se. quatei*, และ *Se. anodontis* (0.36%) เฉพาะในเขตหมู่บ้านพบรึ้นฝอย

ทราย 6 ชนิด คือ *Se. indica* (41.18%), *Se. hivernus* (22.06%), *Ph. stantoni* (13.24%), *Se. barraudi* (13.24%), *Se. khawi* (7.35%), *Se. bailyi* (2.94%) (ตาราง 1 และ 2) ส่วนในเขตป่าบนภูเขา พบรึ้นฝอยทราย 12 ชนิด คือ *Se. indica* (23.08%), *Ph. stantoni* (18.75%), *Se. barraudi* (17.31%), *Se. silvatica* (16.35%), *Se. bailyi* (7.69%), *Se. khawi* (7.21%), *Se. hivernus* (4.81%), *Phlebotomus* spp. (2.40%), *Ph. Kiangsuensis* (0.72%), *Se. perturbans*, *Se. quatei*, และ *Se. anodontis* (0.36%), (ตาราง 3 และ 4) และชนิดที่พบมากที่สุดรวม 2 พื้นที่คือ *Se. indica* (27.54%), (ตาราง 5) ในช่วงที่ศึกษาในพื้นที่ที่อยู่อาศัย มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28.70-32.80 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-84 % ส่วนพื้นที่ป่าบนภูเขา มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 31.60-35.30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 51-92 % โดยรวม 2 พื้นที่นั้นมีค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 28.70-35.30 องศาเซลเซียสและ 51-92%

ตาราง 1 จำนวนและความหนาแน่นของรึ้นฝอยทรายในเขตที่อยู่อาศัยตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก เดือนพฤษภาคม 2563

แหล่งที่ดัก/เพศ	เพศผู้ (ตัว)	เพศเมีย (ตัว)	รวม (ตัว)	ร้อยละ (%)	ความหนาแน่น (ตัว/กับดัก/คืน)
1. ใต้ถุนบ้าน	1	2	3	2.40	3
2. ใต้ถุนบ้าน	1	4	5	4.00	5
3. คอกสัตว์	3	1	4	3.20	4
4. โคนต้นไม้	1	2	3	2.40	3
5. โรงเก็บของ	1	1	2	1.60	2
6. ต้นไม้	0	5	5	4.00	5
7. ใต้ถุนบ้าน	3	1	4	3.20	4
8. คอกสัตว์	3	3	6	4.80	6
9. โรงเก็บของ	19	29	48	38.40	48
10. โรงเก็บของ	10	7	17	13.60	17
11. ใต้ถุนบ้าน	5	4	9	7.20	9
12. ใต้ถุนบ้าน	2	2	4	3.20	4
13. ต้นไม้	0	1	1	0.80	1
14. คอกสัตว์	1	1	2	1.60	2
15. ห้องน้ำ	1	0	1	0.80	1
16. ห้องน้ำ	2	1	3	2.40	3
17. คอกสัตว์	1	1	2	1.60	2
18. ใต้ถุนบ้าน	1	0	1	0.80	1
19. ข้างบ้าน	0	1	1	0.80	1
20. ก่อไฟ	2	2	4	3.20	4
รวม (ตัว)	57	68	125	100.00	-
ร้อยละ	45.60	54.40	100.00	-	-
สัดส่วน(เพศผู้:เพศเมีย)	-	-	1.00:1.19	-	-
ความหนาแน่นเฉลี่ย (ตัว/กับดัก/คืน)	-	-	-	-	6.25

ตาราง 2 ชนิดของรึ้นฝอยทรายเพศเมีย ในเขตบ้านซึ่งเป็นที่อยู่อาศัย ตำบลป่าแดง อำเภอลาดตระการ จังหวัดพิษณุโลก
เดือนพฤษภาคม 2563

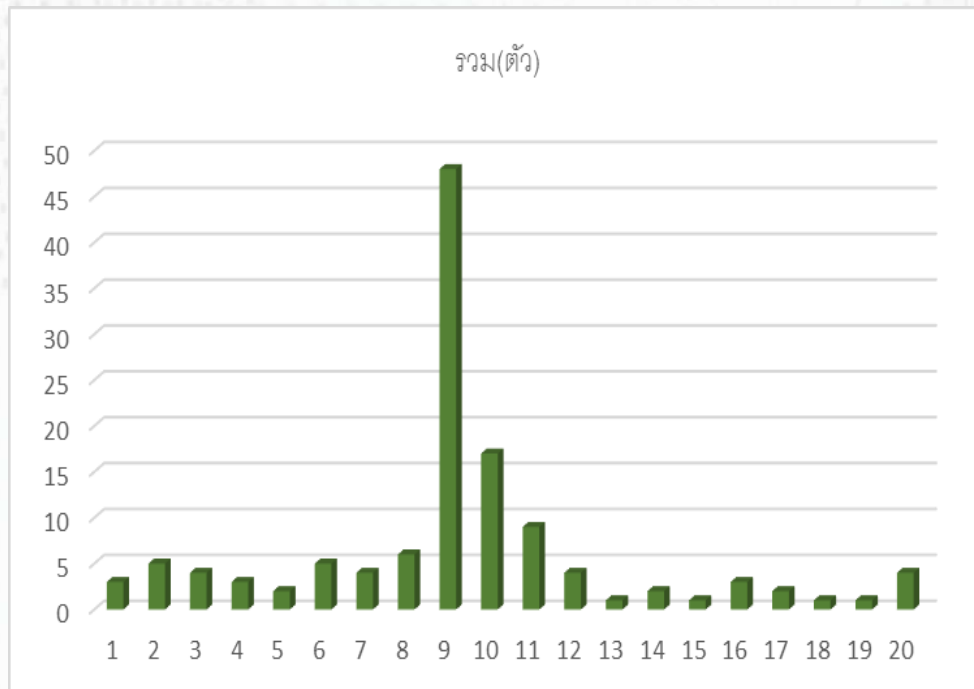
แหล่งที่ตัก/ชนิด	<i>Ph. stantoni</i>	<i>Se. hivernus</i>	<i>Se. khawi</i>	<i>Se. bailyi</i>	<i>Se. indica</i>	<i>Se. barraudi</i>	รวม (ตัว)	ร้อยละ (%)
1. ใต้ถุนบ้าน	2						2	2.94
2. ใต้ถุนบ้าน	1	2			1		4	5.88
3. คอกสัตว์					1		1	1.47
4. โคนต้นไม้				1	1		2	2.94
5. โรงเก็บของ					1		1	1.47
6. ต้นไม้	1	2			2		5	7.35
7. ใต้ถุนบ้าน	1						1	1.47
8. คอกสัตว์		2				1	3	4.41
9. โรงเก็บของ	2	3	3	1	14	6	29	42.65
10. โรงเก็บของ		3			4		7	10.29
11. ใต้ถุนบ้าน		2			1	1	4	5.88
12. ใต้ถุนบ้าน	1	1					2	2.94
13. ต้นไม้			1				1	1.47
14. คอกสัตว์					1		1	1.47
15. ห้องน้ำ								0.00
16. ห้องน้ำ					1		1	1.47
17. คอกสัตว์						1	1	1.47
18. ใต้ถุนบ้าน								0.00
19. ข้างบ้าน	1						1	1.47
20. กอไผ่			1		1		2	2.94
รวม (ตัว)	9	15	5	2	28	9	68	100.00
ร้อยละ	13.24	22.06	7.35	2.94	41.18	13.24	100.00	-

ตาราง 3 จำนวนและความหนาแน่นของรีนฝอยทรายในเขตป่าบนภูเขา ตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก
เดือนพฤษภาคม 2563

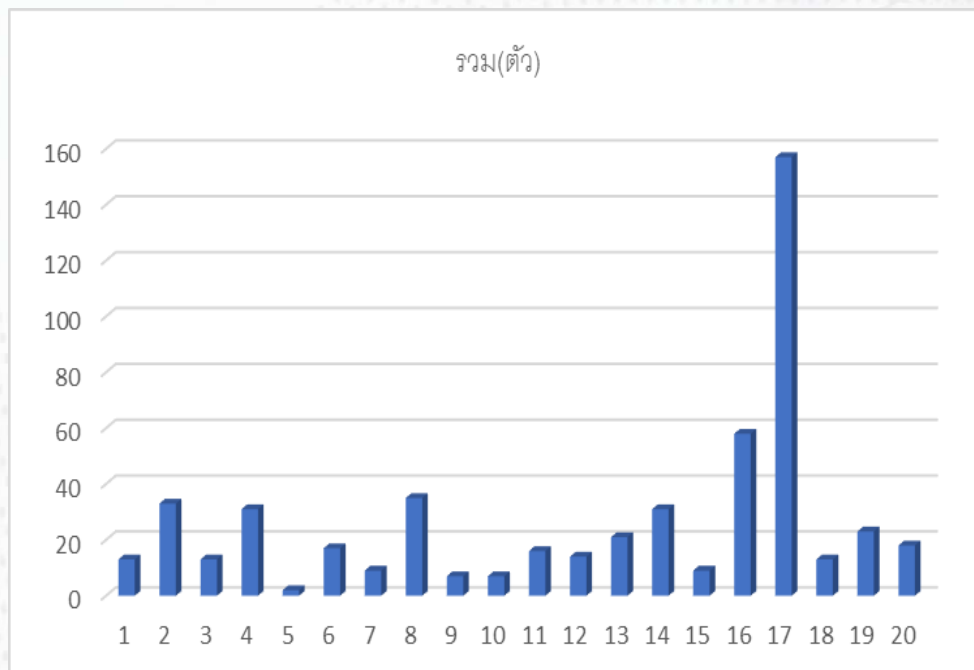
แหล่งที่ตัด/เพศ	เพศผู้ (ตัว)	เพศเมีย (ตัว)	รวม (ตัว)	ร้อยละ (%)	ความหนาแน่น (ตัว/กับดัก/ คืน)
1. ไกลโซดหิน	10	3	13	2.47	13
2. โคนต้นไม้	17	16	33	6.26	33
3. กอไผ่	9	4	13	2.47	13
4. โขดหิน	20	11	31	5.88	31
5. ไกลโซกหิน	2	0	2	0.38	2
6. ในโพรงหิน	11	6	17	3.23	17
7. โพรงต้นไม้	5	4	9	1.71	9
8. โขดหิน	13	22	35	6.64	35
9. รอยหินแตก	3	4	7	1.33	7
10. ไกลโซรากไม้	4	3	7	1.33	7
11. กอไผ่	12	4	16	3.04	16
12. โคนต้นไม้	11	3	14	2.66	14
13. ร่องหิน	17	4	21	3.98	21
14. ผืนหิน	20	11	31	5.88	31
15. กอไผ่	6	3	9	1.71	9
16. ต้นไม้	39	19	58	11.01	58
17. โพรงหิน	90	67	157	29.79	157
18. ร่องหิน	5	8	13	2.47	13
19. โพรงหิน	14	9	23	4.36	23
20. จอมปลวก	11	7	18	3.42	18
รวม (ตัว)	319	208	527	100.00	527
ร้อยละ	60.53	39.47	100.00	-	-
สัดส่วน (เพศผู้:เพศเมีย)	-	-	1.53:1.00	-	-
ความหนาแน่นเฉลี่ย (ตัว/กับดัก/คืน)	-	-	-	-	26.35

ตาราง 4 ชนิดของรึ้นฝอยทรายเพศเมีย ในเขตป่าบนภูเขา ตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก เดือนพฤษภาคม 2563

แหล่งที่ดัก/ ชนิด	<i>Ph. stantoni</i>	<i>Ph. kiangsuensis</i>	<i>Se. hibernus</i>	<i>Se. khawi</i>	<i>Se. bailyi</i>	<i>Se. indica</i>	<i>Se. barraudi</i>	<i>Se. perturbans</i>	<i>Se. quatei</i>	<i>Se. anodontis</i>	<i>Se. silvatica</i>	<i>Phlebotomus spp.</i>	รวม (ตัว)	ร้อยละ (%)
1. ใกล้โซดหิน			1	2									3	1.44
2. โคนต้นไม้	8					2	3				2	1	16	7.69
3. กอไผ่	1					2					1		4	1.92
4. โซดหิน				2		3	3				3		11	5.29
5. ใกล้ซอกหิน													0	0.00
6. ในโพรงหิน	1						1				4		6	2.88
7. โพรงต้นไม้							1				2	1	4	1.92
8. โซดหิน	12				2	2	4				2		22	10.58
9. รอยหินแตก	2						1				1		4	1.92
10. ใกล้รากไม้	1				1						1		3	1.44
11. กอไผ่	2				1		1						4	1.92
12. โคนต้นไม้							2				1		3	1.44
13. ร่องหิน			1								3		4	1.92
14. ผนังหิน			1	2		2	2				4		11	5.29
15. กอไผ่					1	1	1						3	1.44
16. ต้นไม้			2	3	1	12				1			19	9.13
17. โพรงหิน	7	2	1	4	10	19	12	1	1		7	3	67	32.21
18. ร่องหิน	2		3				2				1		8	3.85
19. โพรงหิน			1	2		2	3				1		9	4.33
20. จอมปลวก	3					3					1		7	3.37
รวม (ตัว)	39	2	10	15	16	48	36	1	1	1	34	5	208	100.00
ร้อยละ	18.75	0.96	4.81	7.21	7.69	23.08	17.31	0.48	0.48	0.48	16.35	2.40	100.00	-



แผนภาพ 1 จำนวนรวมของร้านลอยทรายในเขตที่อยู่อาศัยตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก
เดือนพฤษภาคม 2563



แผนภาพ 2 จำนวนรวมของร้านลอยทรายในเขตป่าบนภูเขา ตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก
เดือนพฤษภาคม 2563

ตาราง 5 ชนิดและจำนวนของรึ้นฝอยทรายเพศเมีย ในเขตตำบลป่าแดง อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพิษณุโลก เดือนพฤษภาคม 2563

ชนิด/พื้นที่	พื้นที่ป่า (ตัว)	พื้นที่อยู่อาศัย (ตัว)	รวม (ตัว)	ร้อยละ (%)
<i>Se. indica</i>	48	28	76	27.54
<i>Ph. stantoni</i>	39	9	48	17.39
<i>Se. barraudi</i>	36	9	45	16.30
<i>Se. silvatica</i>	34	0	34	12.32
<i>Se. hibernus</i>	10	15	25	9.06
<i>Se. khawi</i>	15	5	20	7.25
<i>Se. bailyi</i>	16	2	18	6.52
<i>Phlebotomus spp.</i>	5	0	5	1.81
<i>Ph. kiangsuensis</i>	2	0	2	0.72
<i>Se. perturbans</i>	1	0	1	0.36
<i>Se. quatei</i>	1	0	1	0.36
<i>Se. anodontis</i>	1	0	1	0.36
รวมทั้งสิ้น(ตัว)	208	68	276	100.00
ร้อยละ (%)	75.36	24.64	100.00	-

อภิปรายผลการศึกษา

การสำรวจรึ้นฝอยทรายในเขตตำบลป่าแดง อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพิษณุโลก เดือนพฤษภาคม 2563 พบรึ้นฝอยทรายรวมทั้ง 2 พื้นที่จำนวน 652 ตัว (เพศผู้ 376 ตัว เพศเมีย 276 ตัว) สัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย (1.36:1.00) จำแนกได้ 2 สกุล 12 ชนิด คือ *Sergentomyia indica*, *Phlebotomus stantoni*, *Se. barraudi*, *Se. silvatica*, *Se. bailyi*, *Se. khawi*, *Se. hibernus*, *Phlebotomus spp.*, *Ph. kiangsuensis*, *Se. perturbans*, *Se. quatei*, และ *Se. anodontis* ชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Se. indica* (27.54%), รองลงมาคือ *Ph. stantoni* (17.39%) ซึ่งปัจจุบันมีการรายงานชนิดรึ้นฝอยทรายในไทยอย่างน้อย 34 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการสำรวจโดยใช้กับดักแสงไฟ [4,5] และทั้ง 12 ชนิดที่พบในการศึกษานี้เป็นชนิดที่มีรายงานในประเทศไทยแล้วทุกชนิด สำหรับการศึกษาครั้งนี้ พบว่าชนิดของรึ้นฝอยทรายมีความแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา เช่น การศึกษาในเขตบ้านมุง อำเภอนนทบุรี จังหวัดพิษณุโลก พบรึ้นฝอยทราย 10 ชนิดคือ *Se. gemmea*, *Se. indica*, *Se. barraudi*, *Se. anodontis*, *Se. phadandensis*, *Se. hibernus*, *Se. silvatica*, *Ph. stantoni*, *Ph. argentipes*, และ *Chinius barbazani* ซึ่ง *Ph. argentipes*, *Chinius barbazani*, และ *Se. phadandensis* ไม่พบในการศึกษานี้ [12] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ถ้ำผาแดงและถ้ำนเรศวร อำเภอนนทบุรี จังหวัดพิษณุโลก พบ 14 ชนิด และ 13 ชนิดตามลำดับ [13,14] ถึงแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ในเขตจังหวัดเดียวกัน แต่จำนวนและชนิดที่พบมีความแตกต่างกัน อาจเนื่องจากความสมบูรณ์ของสารอาหาร สภาพแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ หรือการได้รับยาฆ่าแมลงในพื้นที่อยู่อาศัยจากการแผ่รังสีโรคไข้เลือดออก จึงอาจส่งผลต่อจำนวนประชากรรึ้นฝอยทรายได้ ส่วนการศึกษาในจังหวัดอื่นนั้นได้มีการสำรวจรึ้นฝอยทรายในพื้นที่ภาคใต้ บริเวณถ้ำนางแอน เกาะลังกาจิว จังหวัดชุมพร พบ 6 ชนิด [15] ส่วนการศึกษาที่จังหวัดสตูลพบ 8 ชนิด [16] การศึกษาที่เขาสก จังหวัดอุทัยธานีพบ 8 ชนิด [17] บริเวณนอกถ้ำพระโพธิสัตว์ จังหวัดสระบุรีซึ่งพบ 16 ชนิด และภายในถ้ำพระโพธิสัตว์ พบ 13 ชนิด [18,19] นอกจากนั้นมีการศึกษาภายในถ้ำที่จังหวัดกาญจนบุรี พบ 20 ชนิด [4] และ

ที่ดอยสะเก็ด และอ.หางดง จังหวัดเชียงใหม่ พบพื้นที่ละ 5 ชนิด [20,21] ส่วนจังหวัดเชียงรายพบ 17 ชนิด [5] โดยชนิดที่พบมีทั้งชนิดที่เหมือนกันและแตกต่างกัน สำหรับชนิดที่พบมากที่สุดในการศึกษาครั้งนี้คือ *S.indica* (27.54%) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่เขাপู่วิว จังหวัดอุทัยธานี พบ *Se. anodontis* มากที่สุด (55.00%) [17] จังหวัดสตูล พบ *Se. gemmea* มากที่สุด (57.20%) [16] และบ้านมุง อำเภอนิคมบ่งพร่าง จังหวัดพิษณุโลกพบ *Se. gemmea* มากที่สุด (54.57%) รองลงมาคือ *Se. indica* (20.00%) [12] ถ้าพระโพนสี จังหวัดสระบุรี พบ *Se. silvatica* มากที่สุด (43.50%) [18] ส่วนภายในถ้ำนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลกนั้น พบ *Nemopalpus vietnamensis* มากที่สุด (49.15%) [14] เกาะลันกา จังหวัดชุมพรพบ *Se. hodgsoni* มากที่สุด (94.70 %) [15] จังหวัดเชียงรายพบ *Se. punjabensis* มากที่สุด (31.20%) [5] ชนิดที่พบมากที่สุดนี้มีความแตกต่างกันอาจเนื่องจาก ความสมบูรณ์ของแหล่งอาหารแตกต่างกัน เช่น บางแหล่งอาจมีค้างคาว สัตว์เลี้ยงคลานหรือสัตว์มีกระดูกสันหลังเช่น วัว ควาย สุนัข เพราะตามพฤติกรรมการกัดดูดเลือดแล้วสกุล *Phlebotomus*, *Lutzomyia* และ *Sergentomyia* กัดดูดเลือดคนและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ส่วนสกุล *Sergentomyia* มีส่วนน้อยที่กัดดูดเลือดคน ส่วนใหญ่กัดดูดเลือดสัตว์เลี้ยงคลาน นอกจากนี้พบว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของรึ้นฝอยทรายตลอดการศึกษา 16.30 ตัวต่อกับดักต่อคืน มีความแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา เช่น บ้านมุง อำเภอนิคมบ่งพร่าง ความหนาแน่นเฉลี่ย 24.98 ตัวต่อกับดักต่อคืน [12] ภายในและภายนอกถ้ำพระโพนสีพบ 38.3 และ 56.5 ตัวต่อกับดักต่อคืน ตามลำดับ [18,19] นอกจากนี้ภายในถ้ำนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลกนั้น พบ 36.1 ตัวต่อกับดักต่อคืน [14] ภายในถ้ำที่เขাপู่วิว จังหวัดอุทัยธานี พบ 18.6-30.5 ตัวต่อกับดักต่อคืน [17] และเกาะลันกา จังหวัดชุมพรพบ 23.64 ตัวต่อกับดักต่อคืน [15] นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ พบสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย คือ 1.36:1.00 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา เช่น การศึกษาที่ถ้ำผาแดง จังหวัดพิษณุโลก และการศึกษาที่ถ้ำปูลู่วิว จังหวัดอุทัยธานี สัดส่วนเพศผู้มากกว่าเพศเมีย (1.00:0.74); (1.20:1.00) ตามลำดับ [13,17] อย่างไรก็ตามสัดส่วนดังกล่าวแตกต่างจากการศึกษาอื่น เช่น การศึกษาที่จังหวัดสตูล พบเพศผู้น้อยกว่าเพศเมีย คือ 1.00:1.60 [16] ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากพฤติกรรมการชอบออกมาเล่นแสงไฟของรึ้นฝอยทรายทั้งเพศผู้และเพศเมียหรือการมาเพื่อผสมพันธุ์ของรึ้นฝอยทรายเพศผู้ซึ่งอาจมีจำนวนแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และช่วงฤดูกาลที่ทำการการศึกษา [22] สำหรับการเพาะเลี้ยงรึ้นฝอยทรายในห้องปฏิบัติการนั้นพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของรึ้นฝอยทรายอยู่ในช่วง 26.5-29.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 75-86 % [23] และการศึกษานี้พบว่าในช่วงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 28.70-35.30 องศาเซลเซียสและ 51-92% ซึ่งเป็นช่วงที่ยังมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของรึ้นฝอยทรายได้

จากการศึกษานี้ความแตกต่างของชนิด จำนวนและความหนาแน่นของรึ้นฝอยทรายอาจจะบ่งบอกให้เห็นถึงความเหมาะสมของสภาพภูมิประเทศหรือความสมบูรณ์ของแหล่งอาหารในแต่ละพื้นที่ที่ส่งผลทำให้รึ้นฝอยทรายสามารถดำรงชีวิตได้ในจำนวนและชนิดที่ต่างกัน ภายในหมู่บ้านซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยนั้นพบความหนาแน่นน้อยกว่าบริเวณป่าบนภูเขาอาจเนื่องจากป่าเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ที่เหมาะสมตามธรรมชาติ มีความชื้นสูง มีรอยแตกของหินรวมทั้งไม่มีการฉีดพ่นยาเพื่อกำจัดแมลง และมีสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมจึงทำให้ประชากรรึ้นฝอยทรายดำรงชีวิตอยู่ได้ การสำรวจเกี่ยวกับการกระจายตัวของรึ้นฝอยทรายนั้ จึงมีประโยชน์ในแง่ของการนำข้อมูลมาใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวังและป้องกันควบคุมโรคโลหิตมาเนียได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะในพื้นที่ที่อาจมีความเสี่ยง เนื่องจากมีผู้ป่วยโรคโลหิตมาเนียและมีรึ้นฝอยทรายที่อาจเป็นพาหะนำโรคนี้อันได้หลายพื้นที่ของไทย

4. บทสรุป

การศึกษารึ้นฝอยทรายในเขตตำบลป่าแดง อำเภอลาดยาว จังหวัดพิษณุโลก พบรึ้นฝอยทรายในพื้นที่ที่แตกต่างกันจำนวนรวม 2 พื้นที่คือ 652 ตัว (เพศผู้ 376 ตัว เพศเมีย 276 ตัว) สัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย (1.36:1.00) จำแนกได้ 2 สกุล 12 ชนิด คือ *Sergentomyia indica*, *Phlebotomus stantoni*, *Se. barraudi*, *Se. silvatica*, *Se. bailyi*, *Se. khawi*, *Se. hivernus*, *Phlebotomus* spp., *Ph. kangsueensis*, *Se. perturbans*, *Se. quatei*, และ *Se. anodontis* ชนิดที่พบมากที่สุดคือ *S. indica* (27.54%) รองลงมาคือ *Ph. stantoni* (17.39%) และพบ *Se. barraudi* ซึ่งอาจมีความสามารถในการนำเชื้อโลหิตมาเนียได้ นอกจากนี้มีความหนาแน่นเฉลี่ยของรึ้นฝอยทราย 16.30 ตัวต่อกับดักต่อคืน และแหล่งที่พบมากที่สุดคือป่าบนภูเขา (80.83%) ดังนั้นจำนวนและชนิดของรึ้นฝอยทรายมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่การศึกษา ซึ่งปัจจัยที่สำคัญคือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แหล่งอาหาร ของแต่ละพื้นที่ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรึ้นฝอยทราย

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวรปีงบประมาณ 2562 ผู้ใหญ่บ้านบ้านนาเมือง บ้าน
น้ำภาคน้อย บ้านนาเปราะประการ ตำบลป่าแดง อำเภอชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บ
ฝอยทราย นางสิ่ง จันทะคุณ สมาชิกสภาองค์การบริหารส่วนจังหวัดพิษณุโลก รวมทั้งว่าที่ร้อยตรีนิพล จันทะคุณ และนาย
บรรจง ดีเหือที่ได้ประสานงาน เก็บตัวอย่างและช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างรั้นฝอยทรายในพื้นที่เป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Desjeuk, J. Alvar, *Leishmania*/HIV co-infections: epidemiology in Europe. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. 97(2002) S3-S15.
- [2] D. Poché, R. Garlapati, K. Ingenloff, J. Remmers, R. Poché, Bionomics of phlebotomine sand flies from three villages in Bihar, India. *Journal of Vector Ecology*. 36(1) (2011) S106-117.
- [3] R.P. Lane, R.W. Crosskey, Medical insects and Arachnids. The natural History Museum, (1993)6-102.
- [4] C. Apiwathnasorn, Y. Samung, S. Prummongkol, A. Phayakaphon, C. Panasopolkul, Caverniculous species of phlebotomine sand flies from Kanchanaburi Province, with an updated species list for Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 42(2011)1405-1409.
- [5] ทวีศักดิ์ ศรีวงศ์พันธ์, ฤณการ ชัยพูน, สุรเกียรติ พรชัยกิตติกุล, ไพรวรรณ เพ็ญพิศ และวรรณภา สุวรรณเกิด. ชนิดของริ้นฝอยทรายในพื้นที่เกิดโรคเลิซมาเนียซิส จังหวัดเชียงราย ภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารควบคุมโรค. 43 (3) (2560) 233-243.
- [6] C. Apiwathnasorn, S. Sucharit, Y. Rongsriyam, S. Leemingsawat, V. Kerdpibule, T. Deesin, K. Surathin, S. Vutikes, N. Punavuthi, A brief survey of Phlebotominae sand flies in Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 20(1989)429-432.
- [7] R. Killick-Kendrick, The biology and control of phlebotomine sand flies. *Clinic in Dermatology*. 17 (1999) 279-289.
- [8] K. Kanjanopas, S. Siripattanapipong, U. Ninsaeng, A. Hitakarun, S. Jitkaew, P. Kaewtaphaya, P. Tanariya, M. Mungthin, C. Charoenwong, S. Leelayoova, *Sergentomyia (Neophlebotomus) gemmea*, a potential vector of *Leishmania siamensis* in southern Thailand. *BMC Infect Diseases*, 13(2013)333.
- [9] S. Chusri, S. Thammapalo, K. Silpapojakul, P. Siriyasatien, Animal reservoirs and potential vectors of *Leishmania siamensis* in Southern Thailand. Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 45(2014)13-19.
- [10] C. Suankratay, Autochthonous Leishmaniasis: *Journal of Infectious Diseases and Antimicrobial Agents*. 31(2014)1-8.
- [11] วาสนา สอนเพ็ง, กิตติพิชญ์ จันท์ และอิศเรศ สว่างแจ้ง. การเฝ้าระวังโรคและพาหะโรคเลิซมาเนียในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 7. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น. 26(2)(2562)104-114.
- [12] รักธิณา พลสีลา, อภิชาติ วิทย์ตะ, ยุทธนา สามัง, และชานาญ อภิวัฒน์สร. การกระจายตัวของริ้นฝอยทรายในช่วงเวลาที่แตกต่างกันในเขตอำเภอเนินมะปรางจังหวัดพิษณุโลก. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์การแพทย์วิจัยและนวัตกรรม ครั้งที่ 1 พิษณุโลก, 2563.14-23.
- [13] N. Jaturas, A. Vitta, Y. Samung, C. Apiwathnasorn, R. Polseela, Species composition and nocturnal activity of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) inhabiting a limestone cave in Thailand. *Journal of Vector Ecology*. 43(1)(2018)52-58.
- [14] R. Polseela, A. Vitta, S. Nateeworanart, C. Apiwathnasorn, Distribution of cave- dwelling phlebotomine sand flies and their nocturnal and diurnal activity in Phitsanulok province, Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 42(6)(2011)1395-1404.

- [15] B. Chittsamart, S. Samruayphol, S. Sungvorayothin, R. Pothiwat, Y. Samung, C. Apiwathnasorn, Phlebotomine sand flies of edible-nest swiftlet cave of Lang Ga Jiew Island, Chumphon province, Thailand. *Tropical Biomedicine*. 32(3) (2015)402-406.
- [16] A. Panthawong, T. Chareonviriyaphap, J. Phasuk, Species Diversity and Seasonality of Phlebotomine Sand flies (Diptera:Psychodidae) in Satun province, Thailand. Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 46(5)(2015)857-865.
- [17] R. Polseela, A. Vitta, C. Apiwathnasorn, Distribution of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in limestone caves, Khao Pathawi, Uthai Thani Province, Thailand. Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 46(2015)425-433.
- [18] R. Polseela, C. Apiwathnasorn, Y. Samung, Seasonal variation of cave-dwelling phlebotomine sandflies (Diptera:Psychodidae) in Phra Phothisat Cave, Saraburi Province, Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 38(2007)1011-1015.
- [19] R. Polseela, C. Apiwathnasorn, Y. Samung, Seasonal distribution of phlebotomine sand flies (Diptera:Psychodidae) in Tham Phra Phothisat temple, Saraburi province, Thailand. *Tropical Biomedicine*. 28(2)(2011)366-375.
- [20] S. Sor-suwan, N. Jariyapan, C. Mano, P. Somboon, Survey of sand flies and *Leishmania* infection in Doi Saket District, Chiang Mai Province, Thailand. *Chiang Mai Medical Journal*. 56(3)(2017)223-230.
- [21] S. Sor-suwan, N. Jariyapan, C. Mano, C. Apiwathnasorn, P. Sriwichai, Y. Samung, P. Siriyasatien, P.A. Bates, P. Somboon, Species composition and population dynamics of phlebotomine sand flies in a *Leishmania* infected area of Chiang Mai, Thailand. *Tropical Biomedicine*.34(4)(201b)855-862.
- [22] R. Barata, J. França-Silva, R .Costa, C. Fortes-Dias, J. Silva, E.V. Paula, A. Prata, E. M. Monteiro, E.S. Dias, Phlebotomine sand flies in Porteirinha, an area of American visceral leishmaniasis transmission in the State of Minas Gerais, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 99(2004)481-487.
- [23] M.L.Schmidt, Laboratory Culture of Two *Phlebotomus* species, *P. papatasi* and *P. orientalis*. Bulletin of the World Health Organization. 31(1964)577-578.

แอคติโนแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพร และกิจกรรมการยับยั้งมะเร็ง Herbal rhizomes-dwelling cultivable endophytic actinobacteria and their anticancer activities

นาริลักษณ์ นาแก้ว^{1*} ทิพากร ยศอัน¹ มณฑกาญจน์ ดอนไพรย้อน¹ ชัชวาลย์ จอมแบ่ง¹
บุญรัตน์ อโนทัย¹ และ จตุพร เงินคำ¹

¹ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก
*Email: nnakaew@hotmail.com

บทคัดย่อ

ลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรหลายชนิดมีสรรพคุณทางยาต่อการยับยั้งมะเร็ง เช่น ขิง ข่า กระชาย และขมิ้นชัน การนำพืชเหล่านี้มาเพาะปลูกเพื่อสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกมากและมีอายุการเก็บเกี่ยวนาน จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรเหล่านี้อาจมีความสามารถในการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสรรพคุณเช่นเดียวกับสารที่สร้างโดยพืชอาศัย ด้วยสมมติฐานดังกล่าว คณะวิจัยได้ทำการแยกจุลินทรีย์จำพวกแอคติโนแบคทีเรียจากลำต้นใต้ดินของขิง ข่า กระชาย และขมิ้นชัน และทดสอบประสิทธิภาพการสร้างสารยับยั้งมะเร็งเม็ดเลือดขาวของจุลินทรีย์ที่แยกได้ จากผลการวิจัยพบว่า สามารถแยกแอคติโนแบคทีเรียได้ 37 ไอโซเลท โดยจัดจำแนกอยู่ในจีนัส *Streptomyces* ร้อยละ 86 และจีนัสอื่นๆ ร้อยละ 14 ผลการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเบื้องต้นที่วัดด้วยกิจกรรมเอนไซม์แอล-แอสพาไรจินเนสพบว่า ร้อยละ 68 ของแอคติโนแบคทีเรียทั้งหมดสามารถสร้างเอนไซม์นี้ได้ โดยไอโซเลท Z6 มีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุด (9.44 หน่วย/มิลลิลิตร) เมื่อนำสารสกัดหยาบจากไอโซเลทนี้ไปทดสอบการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวโดยตรงพบว่า ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ของสารสกัดสามารถลดปริมาณเซลล์มะเร็งที่มีชีวิตลงเหลือ 3.61% ด้วยผลการวิจัยดังกล่าว สรุปได้ว่าลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรจัดเป็นแหล่งของแอคติโนแบคทีเรียที่มีความสามารถในการสร้างสารยับยั้งมะเร็งได้ งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นแนวทางในการค้นคว้าหาหายาด้านมะเร็งชนิดใหม่ๆ จากจุลินทรีย์ชนิดใหม่ๆ ที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชสมุนไพรไทย

คำสำคัญ: แอคติโนแบคทีเรีย สารต้านมะเร็ง สมุนไพร

Abstract

Several herbal rhizomes possess pharmaceutical potentials to inhibit cancer, e.g., ginger (*Zingiber officinale*), galangal (*Alpinia galanga*), finger root (*Boesenbergia rotunda*), and turmeric (*Curcuma longa*). However, the production of bioactive compounds derived from these rhizomes requires a lot of cultivation area and time to reach the harvest. Hence, endophytes of these herbal rhizomes might be able to form bioactive molecules with the same modes of action as those produced by their host plants. With this hypothesis, we isolated endophytic actinobacteria from rhizomes of ginger, galangal, finger root, and turmeric, and tested for their abilities to inhibit leukaemia. A total of 37 actinobacterial isolates were obtained, and they were classified into the genus *Streptomyces* (86%) and other genera (14%). The anti-leukaemia by means of L-asparaginase activity revealed that 68% of all actinobacteria could produce this enzyme, and isolate Z6 offered the highest enzyme activity of 9.44 unit/ml. After testing crude extracts derived from this isolate against leukaemia cells, cancer cell viability was decreased to 3.61% when

tested at the concentration of 100 µg/ml. With these findings, we conclude that herbal rhizomes are a promising source of actinobacteria with anticancer potentials. This research provides an initiation for further discovery of novel anticancer agents produced by emerging microbes that live in association with Thai herbs.

Keywords: Actinobacteria, anti-cancer, medicinal plant

1. บทนำ

ปัจจุบันมีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในสาเหตุของการเกิดโรคนั้นคือการดำรงชีวิตที่เสื่อมเสียต่อการกระตุ้นให้เกิดและส่งเสริมการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งในร่างกายอาทิเช่น การบริโภคอาหารที่มีสารพิษตกค้าง รับประทานอาหารซ้ำๆ ความเครียดและการพักผ่อนไม่เพียงพอ มะเร็งบางชนิดสามารถรักษาหรือบำบัดให้หายหรือดีขึ้นได้ แต่บางชนิดไม่มีทางรักษา ดังนั้นการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งจึงเป็นหนทางที่ดีที่สุด โดยเริ่มต้นจากการหลีกเลี่ยงปัจจัยต่างๆ ที่เป็นสาเหตุในการกระตุ้นให้เกิดโรค รวมถึงการเพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายโดยการออกกำลังกาย รับประทานอาหารที่มีประโยชน์และมีส่วนช่วยในการส่งเสริมภูมิคุ้มกันและยับยั้งการเกิดมะเร็ง

พืชสมุนไพรที่มีลำต้นใต้ดินหลายชนิดมีสรรพคุณทางเภสัชกรรมที่ช่วยยับยั้งมะเร็ง เช่น จิง ข่า กระชาย และขมิ้นชัน แต่เนื่องด้วยสมุนไพรเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นเครื่องเทศใช้ในการปรุงแต่งอาหาร รับประทานได้ในปริมาณที่ไม่มาก การนำพืชเหล่านี้มาเพาะปลูกและสกัดสารเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต้องใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกมากและมีอายุการเก็บเกี่ยวยาวนาน มีจุลินทรีย์หลากหลายชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชสมุนไพร และยังพบอีกด้วยว่าจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถสร้างสารที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับพืชอาศัย ยิ่งไปกว่านั้น สารที่สร้างได้โดยจุลินทรีย์ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่พบในพืชอีกด้วย นอกจากนี้การสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ยังทำได้เปรียบมากกว่า กล่าวคือ ใช้พื้นที่ในการผลิตน้อยกว่า เพาะเลี้ยงได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติ ใช้เวลาในการผลิตสั้นกว่า และมีความปลอดภัยในการนำมาใช้เนื่องจากจุลินทรีย์ดังกล่าวอาศัยอยู่ภายในเนื้อเยื่อพืชที่สามารถนำมาบริโภคได้

ด้วยเหตุดังที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชุมชนของแอคติโนแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการป้องกันและรักษาโรคมะเร็ง และคัดกรองจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวที่สามารถสร้างสารยับยั้งหรือทำลายเซลล์มะเร็งที่มีประสิทธิภาพสูงและอาจนำมาพัฒนาเป็นแหล่งของยารักษาโรคมะเร็งได้ ผลการวิจัยในครั้งนี้ยังถือเป็น การวางรากฐานในการจัดการทรัพยากรทางชีวภาพในประเทศอย่างยั่งยืน และเป็นการเพิ่มมูลค่าของพืชสมุนไพรไทยให้เป็นแหล่งของการค้นคว้าวิจัยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดใหม่ๆ จากจุลินทรีย์อาศัยชนิดใหม่ๆ สืบต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การแยกแอคติโนแบคทีเรียจากลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพร

2.1.1 นำลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรมาทำการฆ่าเชื้อที่ผิว จากนั้นตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ

2.1.2 นำชิ้นส่วนที่ได้ในข้อ 2.1.1 มาบดในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อและทำเจือจาง จากนั้นนำไปเกลี่ยบน Starch casein agar (Wellington and Cross, 1983) ที่เติมสารปฏิชีวนะเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มอื่นและรา

2.1.3 นำแอคติโนแบคทีเรียที่แยกได้มาทำบริสุทธิ์โดยขีดลงบน Hickey Tresner agar (HT agar) (Hickey and trestner, 1952) จนได้โคโลนีเดี่ยว และเก็บรักษาบนอาหารนี้เพื่อศึกษาต่อไป

2.2 การจัดจำแนกชนิดของแอคติโนแบคทีเรียด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยา

จัดกลุ่มแอคติโนแบคทีเรียที่แยกได้โดยพิจารณาจากลักษณะการเจริญบน HT agar สังเกตลักษณะของ aerial mycelium, substrate mycelium และการสร้างรงควัตถุ รวมทั้งศึกษาลักษณะของเส้นใยและสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งอาจทำได้โดยตรงจากการนำเชื้อที่เจริญบนอาหารมาส่องดูสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หรือโดยอาศัยเทคนิคการปัก cover slip ที่ฆ่าเชื้อแล้วลงบนอาหารที่มีการเจริญของแอคติโนแบคทีเรีย บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนเชื่อมีการสร้างสปอร์ จากนั้นนำ cover slip ไปย้อมด้วย crystal violet แล้วจึงตรวจดูลักษณะสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2.3 ทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ แอล-แอสพาราจินิกเนส

นำแอคติโนแบคทีเรียที่แยกได้มาเพาะเลี้ยงบน M9 basal medium ที่มี 0.1% (w/v) แอล-แอสพาราจินิกเป็นแหล่งคาร์บอน และมี Phenol red เป็นอินดิเคเตอร์ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ จากนั้นตรวจสอบการเปลี่ยนสีของอาหารจากสีเหลืองส้มไปเป็นสีชมพู ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การสร้างเอนไซม์ แอล-แอสพาราจินิกเนส

ทำการวัดกิจกรรมของเอนไซม์ แอล-แอสพาราจินิกเนส ด้วยวิธีการของKiranmayi et al. (1973) โดยเริ่มจากการแยกเซลล์ของแอคติโนแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหารเหลว M9 basal medium ดังกล่าวข้างต้นออก และนำส่วนของน้ำเลี้ยง 0.5 มิลลิลิตร มาผสมกับ 0.5 มิลลิลิตร ของ 0.05 โมลาร์ Tris-HCl บัฟเฟอร์ pH 7.2 จากนั้นเติม 0.5 มิลลิลิตร ของ 0.04 โมลาร์ แอล-แอสพาราจินิก เป็นสารตั้งต้น หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และหยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 0.5 มิลลิลิตร ของ 1.5 โมลาร์ Trichloroacetic acid เพื่อให้โปรตีนตกตะกอนโดยการปั่นเหวี่ยง หลังจากนั้นเติม 0.2 มิลลิลิตร Nessler reagent และนำแอมโมเนียที่ได้ไปตรวจวัดด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร และคำนวณค่าดูดกลืนแสงโดยใช้สมการ $OD = ES - EC - SC$

2.4 การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งของสารสกัดที่ได้จากแอคติโนแบคทีเรีย

2.4.1 การเตรียมสารสกัด

เพาะเลี้ยงแอคติโนแบคทีเรียในอาหารเหลว ISP2 บนเครื่องเขย่า 120 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นเติม ethyl acetate ในอัตราส่วน 1:1 เพื่อสกัด โดยเขย่าทุก 15 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายออกด้วย evaporator ดูดสารที่เหลือจากการระเหยใส่ขวดที่ทราบน้ำหนัก ทั้งสารสกัดให้แห้ง จากนั้นชั่งขวดอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักของสารที่ได้

2.4.2 ทดสอบการยับยั้งเซลล์มะเร็งของสารสกัด

นำสารสกัดยาสูบที่ได้มาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด T lymphocyte โดยวิธี MTT assay โดยใช้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารสกัดเท่ากับ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 แอคติโนแบคทีเรียจากลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพร

การทดลองครั้งนี้สามารถแยกแอคติโนแบคทีเรียจำนวน 37 ไอโซเลท ได้จากลำต้นใต้ดินของ ชิง ข่า ขมิ้นชัน และกระชาย ดังระบุในตาราง 1 โดยได้เชื้อมากที่สุดจากกระชาย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระชายมีลำต้นใต้ดินที่มีความหนาแน่นของเส้นใยน้อยกว่าขมิ้นชันและชิง ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าอาศัยอยู่โดยจุลินทรีย์ในดิน (สุจรรยา 2556)

ตาราง 1 ผลการแยกแอคติโนแบคทีเรียจากลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพร

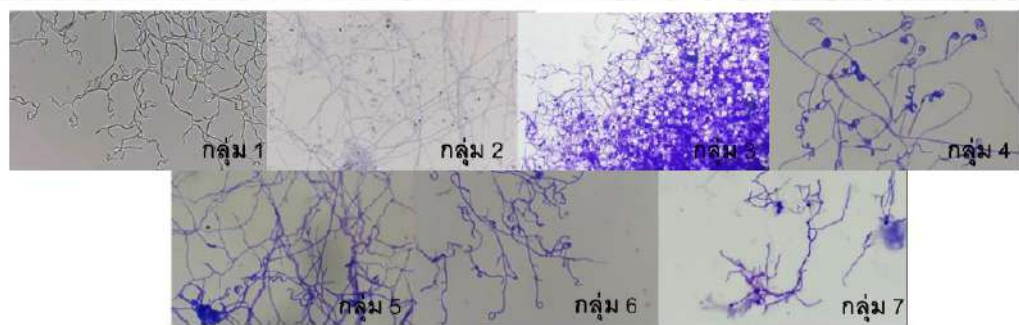
พืชสมุนไพร	ไอโซเลท	จำนวนไอโซเลทที่แยกได้
ข่า	A1 - A6	6
กระชาย	B1 - B19	19
ขมิ้น	C1	1
ชิง	Z1 - Z11	11
รวม		37

3.2 ความหลากหลายของแอคติโนแบคทีเรียในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพร

หลังจากการจัดจำแนกแอคติโนแบคทีเรียที่แยกได้ ด้วยพื้นฐานทางด้านสัณฐานวิทยาพบว่า สามารถจัดเชื้อทั้งหมดออกเป็น 7 กลุ่ม ดังระบุในตาราง 2 โดยเชื้อที่แยกได้ทั้งหมดมีการสร้างสปอร์ต่อกันเป็นสายยาวมากกว่า 20 สปอร์ (ภาพ 1) ซึ่งเป็นลักษณะของเชื้อในจีนัส *Streptomyces*

ตาราง 2 ผลการจัดกลุ่มแอดิโนแบคทีเรียที่แยกได้

กลุ่มที่	ไอโซเลท	จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
1	B1, 3, 4, 8, 10, 11, 17, 19	8	22
2	B7, 14-16, 18	5	14
3	A1, B5, 9, 13	4	11
4	A2, 3, 6, Z3-5	6	16
5	A4, 5, Z6	3	8
6	Z1, 2, 7-11	7	19
7	C1, B2, 6, 12	4	11



ภาพ 1 ลักษณะสปอร์ของแอดิโนแบคทีเรียในแต่ละกลุ่ม

3.3 ความสามารถในการสร้างเอนไซม์แอล-แอสพาราจิเนส

จากการทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์แอล-แอสพาราจิเนส พบว่าร้อยละ 68 ของเชื้อทั้งหมดสามารถสร้างเอนไซม์นี้ได้ เมื่อนำไอโซเลทที่สร้างเอนไซม์ได้ไปวัดกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่า มีเพียง 8 ไอโซเลท ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์มากกว่า 5 หน่วย/มิลลิลิตร โดยไอโซเลท Z6 มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด รองลงมาคือ ไอโซเลท A3 โดยมีค่าเท่ากับ 9.44 และ 7.56 หน่วย/มิลลิลิตร ตามลำดับ

3.4 การยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวของสารสกัดที่ได้จากแอดิโนแบคทีเรีย

เมื่อนำสารสกัดหยาบของแอดิโนแบคทีเรีย ที่ให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์แอล-แอสพาราจิเนสมากกว่า 5 หน่วย/มิลลิลิตร มาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว โดยใช้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารสกัดเท่ากับ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร พบว่าสารสกัดทั้งหมดที่นำมาทดสอบสามารถลดปริมาณเซลล์มะเร็งที่มีชีวิตได้ร้อยละ 3.47 ถึง 3.75 ดังระบุในตาราง 3

ตาราง 3 ผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว

ไอโซเลท	เซลล์มะเร็ง (Jurkat, Clone E6-1) ที่มีชีวิต (%)
control	100.00
A1	3.61
A3	3.31
B7	3.65
B15	3.73
C1	3.75
Z5	3.47
Z6	3.49
Z7	3.51

จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรเหล่านี้อาจมีความสามารถในการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสรรพคุณเช่นเดียวกับสารที่สร้างขึ้นโดยพืชอาศัย (Passari et al., 2015; Amna et al., 2006; Shweta et al., 2010; Huang et al., 2014)

4. บทสรุป

ร้อยละ 68 ของแอคติโนแบคทีเรียที่แยกได้จากลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณในการยับยั้งเซลล์มะเร็งสามารถสร้างเอนไซม์แอล-แอสพาราจิเนสได้และเชื้อทั้งหมดที่สร้างเอนไซม์นี้ได้มากกว่า 5 หน่วย/มิลลิเมตร สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวได้เช่นกัน จากผลการวิจัยดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำต้นใต้ดินของพืชสมุนไพรมีความสามารถในการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสรรพคุณเช่นเดียวกับสารที่สร้างขึ้นโดยพืชอาศัย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ขอขอบคุณ ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุจรรยา ฉายแสง. (2556). การแยกเชื้อเอนโดไฟติกแอคติโนไมซีจากข่าและกระชาย: สมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การต้านอนุมูลอิสระ และการต้านเซลล์มะเร็ง. สาขาวิชาจุลชีววิทยา.
- [2] Amna T, Puri SC, Verma V, Sharma JP, Khajuria RK, Musarrat TJ, Spiteller M and Qazi GN (2006). Bioreactor studies on the endophytic fungus *Entrophospora infrequens* for the production of an anticancer alkaloid camptothecin. Can. J. Microbiol. 52: 189-196.
- [3] Huang JX, Zhang J, Zhang XR, Zhang K, Zhang X and He XR (2014). *Mucor fragilis* as a novel source of the key of pharmaceutical agents podophyllotoxin and kaempferol. Pharm. Biol. 52: 1237-1243.
- [4] Kiranmayi MU, Poda S and Vijayalakshmi M (2014). Production and optimization of L-asparaginase by an actinobacterium isolated from Nizampatnam mangrove ecosystem. J. Environ. Biol. 35: 799-805.
- [5] Passari AK, Mishra VK, Saikia R, Gupta VK and Singh BP (2015). Isolation, abundance and phylogenetic affiliation of endophytic actinomycetes associated with medicinal plants and screening for their *in vitro* antimicrobial biosynthetic potential. Front. Microbiol. 7: 273.
- [6] Shweta S, Zuehlke S, Ramesha BT, Priti V, Mohana Kumar P, Ravikanth G, Spiteller M, Vasudeva R and Uma Shaanker R (2010). Endophytic fungal strains of *Fusarium solani*, from *Apodytes dimidiata* E. Mey. ex Arn (Icacinaeae) produce camptothecin, 10-hydroxycamptothecin and 9-methoxycamptothecin. Phytochemistry 71: 117-22.

ฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากชาเขียวต่อเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร Effects of Green Tea Crude Extract against Enteropathogenic Bacteria

อัจฉรา เพิ่ม

สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
160 หมู่ 4 ถนนกาญจนวนิช ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
E-mail: atchara.ph@skru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียว (*Camellia sinensis*) ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารคือ *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 และ methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) จากการทดสอบโดยวิธี disc diffusion พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 2.50 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA มีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 9.51, 10.30 และ 8.24 mm ตามลำดับ การทดสอบการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA ได้ที่ความเข้มข้น 1.00, 0.50 และ 1.00 mg/ml ตามลำดับ และสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 (Minimum Bactericidal Concentration, MBC) ที่ความเข้มข้น 1.00 mg/ml การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA โดยวิธี time kill พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 2MIC, 4MIC, และ 8MIC ทำให้จำนวนเชื้อแต่ละชนิดลดลงเมื่อเทียบกับเชื้อเริ่มต้น และสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 8MIC สามารถยับยั้งเชื้อแต่ละชนิดได้ดีที่สุด สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวทำให้จำนวนเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และเชื้อ MRSA ลดลงจาก 5.70 เป็น 4.60, 3.72 และ 4.55 log cfu/ml ตามลำดับ

คำสำคัญ: ชาเขียว, ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย, methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *Staphylococcus aureus*

Abstract

This study aimed to determine antibacterial activity of green tea leaf extract (*Camellia sinensis*) against *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). The antibacterial activity was determined by disc diffusion method. It was found that crude extract from green tea at concentration of 2.50 mg/ml inhibited *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA with inhibition zone of 9.51, 10.30, and 8.24 mm, respectively. The Minimum Inhibitory Concentration (MIC) values of crude extract from green tea inhibited the growth of *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA at concentration of 1.00, 0.50, and 1.00 mg/ml, respectively. Accordingly, Minimum Bactericidal Concentration (MBC) of crude extract from green tea against *S. aureus* ATCC 25923 was 1.00 mg/ml. The antibacterial activity of crude extract from green tea against *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA was determined by time kill method. Crude extract from green tea at

concentration of 2MIC, 4MIC, and 8MIC decreased the numbers of *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923, and MRSA, compared with their initial numbers. Crude extract from green tea at concentration of 8MIC showed the best antibacterial activity against all tested bacteria. Crude extract from green tea inhibited the growth of *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 and *S. aureus* ATCC 25923 with reduction in their numbers from 5.70 to 4.60, 3.72, and 4.55 log cfu/ml, respectively.

Keywords: green tea, antibacterial activity, methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *Staphylococcus aureus*

1. บทนำ

โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารสาเหตุเกิดจากการรับประทานอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคชนิดต่างๆ เชื้อก่อโรคอาหารเป็นพิษที่มีความสำคัญคือ *Salmonella enterica* serovar Typhimurium และ *Staphylococcus aureus* มักพบการปนเปื้อนในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ โดยที่เชื้อ *S. aureus* สามารถสร้างสารพิษชนิดเอนเทอโรท็อกซิน (enterotoxin) 6 ชนิดที่มีความเป็นพิษที่ต่างกัน ส่วนใหญ่ในอาหารประเภทเนื้อสัตว์มักจะพบสารพิษชนิดเอ (type A) ทำให้กระเพาะอาหารและลำไส้เล็กอักเสบ และเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ใช้ตัวเซลล์ของเชื้อในการทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษคือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ เป็นตะคริวในช่องท้อง และอ่อนเพลีย การทำลายเชื้ออาศัยยาปฏิชีวนะในการรักษาหากมีการใช้ยาปฏิชีวนะบ่อยๆ และการใช้ไม่ถูกวิธีจะทำให้เชื้อก่อโรคดื้อต่อยาปฏิชีวนะ โดยเฉพาะเชื้อ *S. aureus* ที่มีวิวัฒนาการของสายพันธุ์ทำให้ดื้อต่อยาปฏิชีวนะได้หลายชนิดที่สำคัญคือ methicillin resistant *S. aureus* (MRSA) จะทำให้เกิดการติดเชื้อรุนแรงและรักษาได้ยาก การรักษาอาจใช้ยา vancomycin ซึ่งอาจมีผลข้างเคียงต่อผู้ป่วยด้วย แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการแก้ปัญหา คือการนำพืชสมุนไพรที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมาใช้ในการรักษาโรค เนื่องจากสมุนไพรมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่ายาแผนปัจจุบัน [1] อีกทั้งในประเทศไทยมีสมุนไพรที่หาได้ง่าย ราคาถูก และปลูกใช้ได้เองในครัวเรือน

ชาเขียว (*Camellia sinensis*) เป็นพืชสมุนไพรวงศ์ Theaceae เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศจีนและไต้หวัน นิยมปลูกทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีการปลูกเป็นแถวขั้นบันไดและตัดแต่งกิ่งอย่างสม่ำเสมอ ชาเขียวเป็นไม้พุ่มกึ่งกลางสูงประมาณ 1-6 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับมีสีเขียว ลักษณะเป็นรูปหอกปลายแหลม ใบชาเขียวมีสารสำคัญคือสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เรียกว่า คาเทชิน (catechin) และสามารถแบ่งสารสำคัญออกเป็น 5 ชนิด คือ กัลโลคาเทชิน (gallocatechin, GC), อีพิกคาเทชิน (epicatechin, EC), อีพิกัลโลคาเทชิน (epigallocatechin, EGC), อีพิกคาเทชิน กัลเลท (epicatechin gallate, ECG), อีพิกัลโลคาเทชิน กัลเลท (epigallocatechin gallate, EGCG) โดยเฉพาะ EGCG จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงสุด ชาเขียวมีสรรพคุณในการลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดคลอเรสเตอรอลในเลือด ลดความดันโลหิตสูง กระตุ้นระบบประสาทช่วยป้องกันโรคซึมเศร้า ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในระบบทางเดินอาหาร และช่องปาก [2] จากงานวิจัยของ Granato et al. [3] พบว่า สารสกัดหยาบจากชาเขียว ชาขาว และชาดำสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ได้ดีที่สุดโดยใช้วิธี disc diffusion จากงานวิจัยของ Parvez et al. [4] พบว่า สาร EGCG จากชาเขียวใช้ร่วมกับยาปฏิชีวนะเจนตามัยซิน (gentamicin) จะส่งเสริมฤทธิ์กันทำให้สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *Escherichia coli* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะชนิดอื่นได้ดียิ่งขึ้น และสอดคล้องกับการใช้สารคาเทชินจากชาเขียวร่วมกับยาปฏิชีวนะจะทำให้สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ดียิ่งขึ้น [5] ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จะทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารคือ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA โดยวิธี disc diffusion, broth microdilution และ time kill เพื่อประโยชน์ต่อการประยุกต์ใช้สมุนไพรในการถนอมอาหารต่อไป

2. วิธีการทดลอง

2.1 สมุนไพร อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมี

1) ชาเขียว (*Camellia sinensis*)

- 2) อาหารเลี้ยงเชื้อ Brain Heart Infusion broth (BHI broth, Difco, Dickinson, USA)
- 3) อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton agar (MHA, Difco, Dickinson, USA)
- 4) อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton broth (MHB, Difco, Dickinson, USA)
- 5) ยาปฏิชีวนะคลอแรมเฟนิคอล (chloramphenicol 10 µg/disc, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)
- 6) ยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซิน (vancomycin 0.03 µg/disc, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)
- 7) เอทานอล 95%
- 8) DMSO (Dimethyl Sulfoxide, Merck, Darmstadt, Germany)

2.2 อุปกรณ์

- 1) เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator, BUCHI, R-200)
- 2) microtiter plates (96-well)
- 3) multichannel micropipette 20-200 µl (Finnpipette)
- 4) vernier caliper (Whale)

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 การสกัดสมุนไพร

ใบชาเขียว (*Camellia sinensis*) ได้รับการพิสูจน์เอกลักษณ์จากสถานวิจัยความเป็นเลิศด้านผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ นำใบชาเขียวมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 °C บดให้ละเอียดพอประมาณแล้วนำมาสกัดด้วยเอทานอล 95% โดยมีอัตราส่วนของสมุนไพรต่อตัวทำละลายเป็น 1:2 กวนผสมใบชาเขียวทุก ๆ วันจนครบ 7 วัน กรองสารสกัดและนำมาระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้ เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) นำสารสกัดมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดหยาบที่ได้ (% yield) ตามสูตรและเก็บสารสกัดที่อุณหภูมิ 4 °C (ดัดแปลงจากวิธีการของ Phoem and Voravuthikunchai [6])

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ได้จากการสกัด}}{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ใช้ในการสกัด}} \times 100$$

2.3.2 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคโดยวิธี disc diffusion (ดัดแปลงจากวิธีของ Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI [7])

นำเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มาเลี้ยงในอาหาร brain heart infusion (BHI Broth) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr จากนั้นนำเชื้อที่ได้นำมาแยกบริสุทธิ์บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นำโคโลนีเดี่ยว ๆ ของเชื้อมาใส่ใน 0.85% น้ำเกลือ (0.85% normal saline solution) และปรับความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 Mc Farland standard (1.5×10^8 cfu/ml)

นำสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมาละลายด้วยไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide, DMSO) โดยให้ความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 25 mg/ml ตูดยาสกัดหยาบที่เตรียมไว้หยดกลางแผ่นดิสก์ (disc) ที่ปลอดเชื้อแล้วปริมาตร 10 µl ให้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 2.5 mg/ml วางไว้ข้ามคืนก่อนทดสอบ

นำเชื้อก่อโรคข้างต้นมาเกลี่ยให้ทั่วผิวหน้าอาหาร Muller Hinton agar (MHA) โดยวางแผ่นดิสก์ของสารสกัดหยาบห่างกันพอประมาณ บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18 hr ทำ 3 ซ้ำ โดยเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium มีชุดควบคุมบวก (positive control) คือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมเฟนิคอล (chloramphenicol) และเชื้อ *S. aureus* มีชุดควบคุมบวกคือ ยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซิน (vancomycin) สังเกตและวัดโซนการยับยั้งเชื้อ (inhibition zone)

2.3.3 การทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโดยวิธี Minimal Inhibitory Concentration (MIC) และการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถทำลายเชื้อโดยวิธี Minimal Bactericidal Concentration (MBC) (ดัดแปลงจากวิธีของ CLSI [7])

นำเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มาเลี้ยงในอาหาร BHI broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr จากนั้นนำเชื้อที่ได้นำมาแยกบริสุทธิ์บนอาหาร BHI agar บ่มที่

อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นำโคโลนีเดี่ยว ๆ ของเชื้อมาใส่ใน 0.85% น้ำเกลือ ปรับความขุ่นของเชื้อเป็น 0.5 McFarland standard (1.5×10^8 cfu/ml) แล้วเจือจางให้มีความเข้มข้นเชื้อเริ่มต้นเป็น 5×10^6 cfu/ml

นำสารสกัดหยาบมาเจือจางแบบลดตามลำดับ 2 เท่า (two-fold dilution) ด้วย DMSO ทั้งหมด 12 ความเข้มข้น โดยสารสกัดหยาบมีความเข้มข้นเริ่มต้นในหลุมแรกเป็น 10 mg/ml

นำอาหาร MHB ปริมาตร 160 μ l ถ่ายลงในไมโครไทเทอร์เพลท (microtiter plate) แบบ 96 หลุม (well) เติมสารสกัดหยาบปริมาตร 20 μ l ดูดเชื้อแต่ละชนิดจากข้างต้นปริมาตร 20 μ l ผสมให้เข้ากันลง โดยที่ช่องชุดควบคุมบวกใส่เชื้ออย่างเดียวก และช่องชุดควบคุมลบใส่สารสกัดหยาบอย่างเดียวก บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18 hr ทำ 3 ซ้ำ การอ่านผลการเจริญของเชื้อหลุมที่มีความเข้มข้นต่ำสุดที่เชื้อไม่สามารถเจริญ คือหลุมที่มีค่าเป็น MIC โดยเชื้อ *S. Typhimurium* มีชุดควบคุมบวกคือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมฟินิคอล และเชื้อ *S. aureus* มีชุดควบคุมบวกคือ ยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซิน ทำการทดสอบ MBC โดยนำแต่ละหลุมที่ไม่มีการเจริญของเชื้อก่อโรคจากการทดสอบค่า MIC นำเชื้อมาเชย (streak) บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr ทำ 3 ซ้ำ การอ่านผลการเจริญของเชื้อคือค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เชื้อไม่สามารถเจริญมีค่าเป็น MBC

2.3.4 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในแต่ละช่วงเวลาโดยวิธี time-kill (ดัดแปลงจากวิธีของ CLSI [7])

นำเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มาเลี้ยงในอาหาร BHI broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr จากนั้นนำเชื้อที่ได้นำมาแยกบริสุทธิ์บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นำโคโลนีเดี่ยว ๆ ของเชื้อมาใส่ใน 0.85% น้ำเกลือปรับความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 Mc Farland standard แล้วเจือจางให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 5×10^6 cfu/ml

เตรียมสารสกัดหยาบเพื่อให้ความเข้มข้นเป็น 10 เท่าของความเข้มข้นเริ่มต้น โดยใช้สารสกัดมีค่าเป็น MIC, 2MIC, 4MIC และ 8MIC

ดูดสารสกัดหยาบแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 200 μ l ลงในอาหาร BHI broth ปริมาตร 1600 μ l และเติมเชื้อปริมาตร 200 μ l ชุดควบคุมไม่มีการเติมสารสกัดหยาบบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr นับจำนวนเชื้อทุก ๆ 6 hr เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้ทำเจือจางแบบลดตามลำดับ 10 เท่า (ten-fold serial dilution) แล้วนำมานับเชื้อ (plate count) บนอาหาร BHI agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 hr ทำ 3 ซ้ำ เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง log cfu/ml กับเวลา (hr) การลดลงของเชื้อเปรียบเทียบกับเชื้อเริ่มต้น

2.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองที่ได้รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลผลิตของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียว (% yield)

ใบชาเขียวมีน้ำหนักเริ่มต้น 3,000 g หลังจากทำการสกัดน้ำหนักของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีน้ำหนัก 162 g คำนวณค่าผลผลิตตามสูตร

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ได้จากการสกัด}}{\text{น้ำหนักของสมุนไพรที่ใช้ในการสกัด}} \times 100$$

สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีลักษณะเป็นของหนืด สีเขียว เมื่อคำนวณแล้วได้ค่าผลผลิต (% yield) เป็น 5.40% จากรายงานของ Barbalho et al. [8] พบว่าสารสกัดหยาบมีสารคาเทชิน โดยเฉพาะกลุ่มสารเอพิกัลโลคาเทชิน กัลเลท (EGCG) เป็นองค์ประกอบหลัก

3.2 ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคโดยวิธี disc diffusion

ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 2.5 mg/ml ในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA ที่มีความเข้มข้นเป็น 1.5×10^8 cfu/ml (ตารางที่ 1) พบว่า สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีฤทธิ์เบื้องต้นในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium

ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มีขนาดโซนการยับยั้ง เป็น 9.51, 10.30 และ 8.24 mm ตามลำดับ ชุดควบคุมบวก คือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมฟินิคอล (ความเข้มข้น 10 µg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. Typhimurium* ATCC 13311 มีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 25.32 mm และยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซิน (ความเข้มข้น 10 µg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA มีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 15.17 และ 14.32 mm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่า MRSA และ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311

การทดสอบโดยวิธี disc diffusion เป็นการทดสอบขั้นต้นเพื่อทดสอบความสามารถของสารสกัดหยาบในการแพร่ผ่านบนผิววนของอาหาร MHA สารสกัดหยาบที่มีความแตกต่างประจุนจะแพร่ผ่านบนผิววนได้ดี จึงเห็นโซนการยับยั้งเชื้อในวงกว้าง [9] นอกจากนี้สายพันธุ์เชื้อก็มีผลต่อโซนการยับยั้ง โดยเฉพาะเชื้อสายพันธุ์ MRSA จะปรับตัวให้มีความดื้อต่อยาปฏิชีวนะเมทิซิลลิน (methicillin) ซึ่งจะมีผลให้มีความทนทานต่อสารสกัดหยาบได้สูงเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta and Kumar [10] ใช้สารสกัดหยาบจากชา (*Camellia sinensis*) ในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* โดยวิธี disc diffusion พบว่ามีโซนการยับยั้งเป็น 9-18 mm

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งโดยวิธี disc diffusion

เชื้อก่อโรค	ค่าเฉลี่ยของโซนการยับยั้ง±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mm)		
	คลอแรมฟินิคอล	แวนโคมัยซิน	สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว
<i>Salmonella enterica</i> serovar Typhimurium ATCC 13311	25.32±0.04	ND	9.51±0.02
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	ND	15.17±0.05	10.30±0.03
Methicillin resistant <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	ND	14.32±0.05	8.24±0.06

Not determine (ND) : ไม่ทำการวิเคราะห์

3.3 ผลการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อก่อโรค Minimum Inhibitory Concentration (MIC) และ Minimum Bactericidal Concentration (MBC) ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวโดยวิธี broth microdilution

การทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA และค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการทำลายเชื้อ (MBC) โดยใช้สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว (ตารางที่ 2) โดยที่เชื้อมีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 5×10^5 cfu/ml พบว่าสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 และ MRSA มีค่า MIC เป็น 1.00 mg/ml และยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 โดยมีค่า MIC และ MBC เป็น 0.50 และ 1.00 mg/ml ตามลำดับ ชุดควบคุมบวก คือ ยาปฏิชีวนะคลอแรมฟินิคอลสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 โดยมีค่า MIC เป็น 1.00 µg/ml และยาปฏิชีวนะแวนโคมัยซินสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA โดยมีค่า MIC เป็น 0.50 และ 2.00 µg/ml ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบออกฤทธิ์ได้ดีกับแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ยกเว้นแบคทีเรียแกรมบวกสายพันธุ์ที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะเมทิซิลลิน (MRSA)

สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่าเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เนื่องจาก *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 มีเยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำลายผนังเซลล์และทำให้เชื้อตายในที่สุด และการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกันจะทำให้ได้องค์ประกอบทางเคมีของพืชที่ถูกสกัดออกมาต่างกัน องค์ประกอบหลักของสารสำคัญในใบชาเขียวคือ คาเทชินที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ แต่เชื้อ MRSA มีการสร้าง penicillin binding proteins (PBPs) ชนิด PBP2a ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับยากลุ่มบีตา-แลคแตม (β-lactam) ได้ต่ำมาก

ดังนั้นยากลุ่มปีตา-แลคแทมจึงใช้ไม่ได้ผลกับเชื้อนี้ [9] และสอดคล้องงานวิจัยของ Nibir, et al., [11] พบว่าค่า MIC ของชาบังคลาเทศ (Bangladesh tea) ต่อเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหารมีค่าเป็น 0.1-0.5 mg/ml ตามลำดับ และงานวิจัยของ Gupta and Kumar [10] ใช้สารสกัดหยาบจากชา *Camellia sinensis* ในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* มีค่า MIC และ MBC มีค่าเป็น 6.25-12.50 และ 12.50-50.00 mg/ml ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) และทำลายเชื้อ (MBC) ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียว

เชื้อก่อโรค	ค่า MIC (μ g/ml)		ค่า MIC (mg/ml)	ค่า MBC (mg/ml)
	คลอแรมฟินิคอล	แวนโคมัยซิน	สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว	สารสกัดหยาบจากใบชาเขียว
<i>Salmonella enterica</i> serovar Typhimurium ATCC 13311	1.00	ND	1.00	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	ND	0.50	0.50	1.00
Methicillin resistant <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	ND	2.00	1.00	-

Not determine (ND) : ไม่ทำการวิเคราะห์

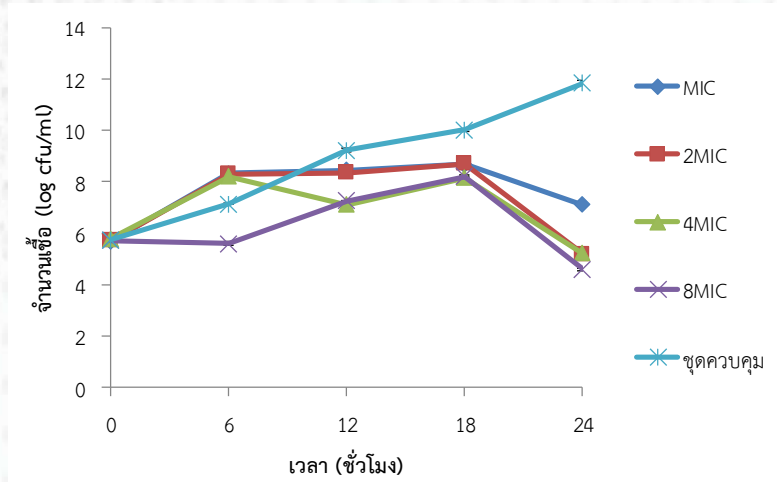
3.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อก่อโรคโดยวิธี time-kill

การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA ในแต่ละช่วงเวลาจนครบ 24 h (ภาพที่ 1) พบว่า จำนวนเชื้อเริ่มต้นของเชื้อแต่ละชนิดเป็น 5.70 log cfu/ml สารสกัดหยาบที่ความเข้มข้น 2MIC, 4MIC และ 8MIC ทำให้จำนวนเชื้อก่อโรคลดลงเมื่อเทียบกับเชื้อเริ่มต้น โดยที่สารสกัดหยาบความเข้มข้นสูงจะมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อได้ดีกว่าสารสกัดหยาบที่ความเข้มข้นต่ำ ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่ 8MIC สามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ดีที่สุด โดยมีจำนวนเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA ลดลงจาก 5.70 เป็น 4.60, 3.72 และ 4.55 log cfu/ml ตามลำดับ สารสกัดหยาบสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่า *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 และ MRSA จำนวนเชื้อเริ่มลดลงตั้งแต่เวลา 18 hr เป็นต้นไป เนื่องจากสารสกัดหยาบจากใบชาเขียวมีสารคาเทชินกลุ่ม EGCG เป็นองค์ประกอบหลัก และสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีกว่า *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 เนื่องจาก *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 มีเยื่อหุ้มชั้นนอกช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำลายผนังเซลล์และทำให้เชื้อตายในที่สุด [9]

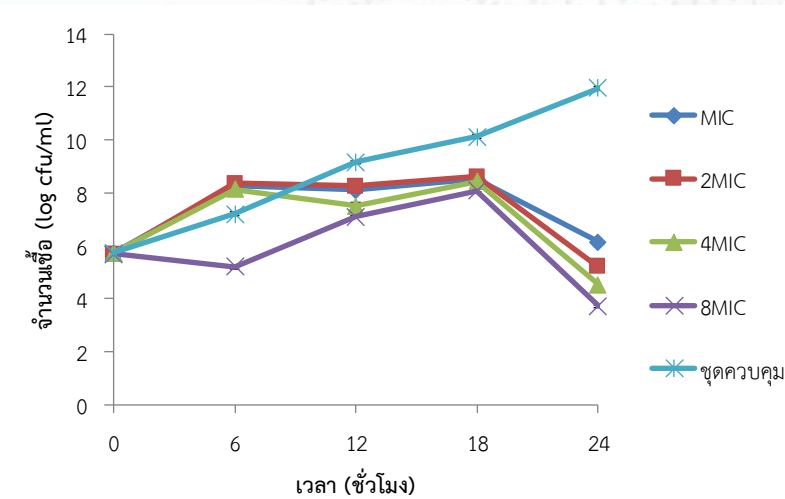
4. บทสรุป

สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวสามารถยับยั้งเชื้อ *S. enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311, *S. aureus* ATCC 25923 และ MRSA โดยมีขนาดโซนการยับยั้งเป็น 9.51, 10.30 และ 8.24 mm ตามลำดับ ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อมีค่าเป็น 1.00, 0.50 และ 1.00 mg/ml ตามลำดับ และสามารถทำลายเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ที่ความเข้มข้น 1.00 mg/ml สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวที่ความเข้มข้น 2MIC, 4MIC, และ 8MIC ทำให้จำนวนเชื้อแต่ละชนิดลดลงเมื่อเทียบกับเชื้อเริ่มต้น โดยความเข้มข้น 8MIC (4 mg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ATCC 25923 ได้ดีที่สุด

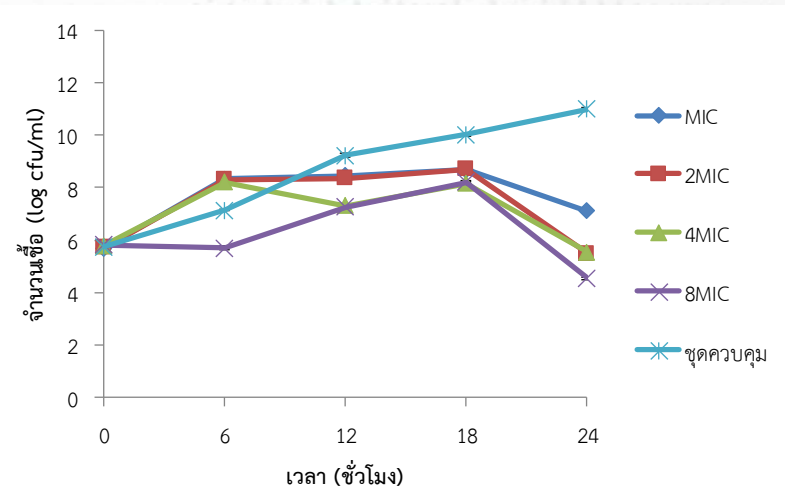
(ก)



(ข)



(ค)



ภาพที่ 1 สารสกัดหยาบจากใบชาเขียวในการทำลายเชื้อ *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 13311 (ก), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, (ข) และ methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA (ค)

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กองบรรณาธิการเรียนเชิญให้ตรวจแก้ไขงานชิ้นนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Food and Drug Administration-FDA, “ Bad bug book : handbook of foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins” , Available : <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/UCM297627.pdf>, 6 February 2014.
- [2] N. Sanlier, B.B. Gokcen, M. Altug, Tea consumption and disease correlations. *Trends in Food Science & Technology*. 78 (2018) 95-106.
- [3] D. Granato, L. D. Prado-Silva, V. O. Alvarenga, D. R. Morais, M. N. Eberlin, A. S. Sant Ana, Characterization of binary and ternary mixtures of green, white and black tea extracts by electrospray ionization mass spectrophotometry and modeling of their in vitro antibacterial activity. *LWT-Food Science and Technology*. 65 (2016) 414-420.
- [4] M. A. K. Parvez, K. Saha, J. Rahman, R. A. Munmun, M. A. Rahman, S. K. Dey, M. S. Rahman, S. Islam, M. H. Shariare, Antibacterial activities of green tea crude extracts and synergistic effects of epigallocatechingallate (EGCG) with gentamicin against MDR pathogens. *Heliyon*. 5 (2019) e02126.
- [5] F. M. S. Gomes, J. C. Xavier, J. F. S. Santos, Y. M. L. Matos, S. R. Tintino, T. S. Freitas, H. D. M. Coutinho, Evaluation of antibacterial and modifying action of catechin antibiotics in resistant strains. *Microbial Pathogenesis*. 115 (2018) 175-178.
- [6] A. N. Phoem, S. P. Voravuthikunchai, Growth stimulation/inhibition effect of medicinal plants on human intestinal microbiota. *Food Science and Biotechnology*. 21 (2012) 739-745.
- [7] Clinical and Laboratory Standards Institute : CLSI. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; Approved standard. 8th ed., Clinical and Laboratory Standards Institute document M07-A8. Wayne, PA, Laboratory Standards Institute, 2009.
- [8] S. M. Barbalho, H. Bosso, L. M. Salzedas-Pescini, R. A. Goulart, Green tea : a possibility in the therapeutic approach of inflammatory bowel disease? : green tea and inflammatory bowel diseases. *Complementary Therapies in Medicine*. 43 (2019) 148-153.
- [9] V. Lorian. Antibiotics in laboratory medicine. 4th ed., Md : Williams and Wilkins, Baltimore, 1996.
- [10] D. Gupta, M. Kumar, Evaluation of in vitro antimicrobial potential and GC-MS analysis of *Camellia sinensis* and *Terminalia arjuna*. *Biotechnology Reports*. 13 (2017) 19-25.
- [11] Y. M. Nibir, A. F. Sumit, A. A. Akhand, N. Ahsan, M. S. Hossain, Comparative assessment of total polyphenols, antioxidant and antimicrobial activity of different tea varieties of Bangladesh. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 7 (2017) 352-357.

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกระชายและขมิ้นชัน เพื่อการควบคุมสิว

Antibacterial and antioxidant for acne control from *Boesenbergia pandurata* Holtt. and *Curcuma longa* L. extracts

นลิน วงศ์ขัตติยะ^{1*} กิตติศักดิ์ บัวบาน¹ พันธุ์ชนะ สงวนเสริมศรี² และ ดลฤดี สงวนเสริมศรี³

¹สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

²ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

³ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

*Email: donruedees@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์การต้านแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของสิว และการต้านอนุมูลอิสระจากกระชายและขมิ้นชัน แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบได้แก่ *Propionibacterium acnes* และ *Staphylococcus epidermidis* ทดสอบการต้านแบคทีเรียด้วยวิธี agar disc diffusion และ microdilution broth พบว่า สารสกัดกระชายในชั้นเฮกเซนมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียทดสอบได้ดี โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งแบคทีเรีย *P. acnes* DMST 14916, *S. epidermidis* DMST 3547 และ 4343 ได้เท่ากับ 0.48, 30.5 และ 1.9 µg/mL ตามลำดับ สารสกัดขมิ้นชันในชั้นเอธานอลมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียทดสอบได้ดี โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งแบคทีเรีย *P. acnes* DMST 14916, *S. epidermidis* DMST 3547 และ 4343 ได้เท่ากับ 1,953, 977 และ 122 µg/mL ตามลำดับ และจากการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดกระชายและขมิ้นชันมีค่า IC50 อยู่ระหว่าง 1.78 ถึง 2.68 µg/mL จากผลการศึกษาสารสกัดจากทั้งกระชายและขมิ้นชันมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยับยั้งการเกิดสิวได้

คำสำคัญ: กระชาย ขมิ้นชัน ต้านแบคทีเรีย ต้านอนุมูลอิสระ สิว

Abstract

Antibacterial effect against bacteria causing acne and antioxidant effects from *Boesenbergia pandurata* Holtt. and *Curcuma longa* L. were studied. *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis* were tested by agar diffusion and microdilution broth methods. It was found that hexane extract of *B. pandurata* Holtt. presented outstanding antibacterial effects. Minimal inhibitory concentration (MIC) of *B. pandurata* Holtt. hexane extract against *P. acnes* DMST 14916, *S. epidermidis* DMST 3547 and 4343 were 0.48, 30.5 and 1.9 µg/mL, respectively. MIC values of *C. longa* L. ethanolic extract were 1,953, 977 and 122 µg/mL. Antioxidation effect by DPPH assay of *B. pandurata* Holtt. extracts and *C. longa* L. extracts showed IC50 between 1.78 to 2.68 µg/mL. It is suggested that *Boesenbergia pandurata* Holtt. and *Curcuma longa* L. extracts had promising potential to develop as acne control products.

Keywords: *Boesenbergia pandurata* Holtt., *Curcuma longa* L., antibacterial, antioxidant, acne

1. บทนำ

สิว เป็นภาวะผิดปกติของผิวหนัง พบได้บ่อยในวัยรุ่นและโดยทั่วไปจะค่อยๆหายไปเมื่อวัยมากขึ้น การเป็นสิวไม่ใช่โรคร้ายแรงถึงแก่ชีวิตแต่อาจส่งผลกระทบต่อจิตใจและความมั่นใจอย่างมาก การรักษาสิวจึงมีความจำเป็น มีค่าใช้จ่ายสูงมาก และอาจใช้ระยะเวลานานในการรักษา การเกิดสิวเริ่มจากการที่ผิวหนังผลิตไขมันมากขึ้น ทำให้เกิดการอุดตัน แบคทีเรียที่อาศัยอยู่บนผิวหนังจึงเพิ่มจำนวนขึ้นมา และทำให้เกิดการอักเสบและทิ้งร่องรอยทำความเสียหายให้แก่เซลล์ผิวหนัง โดยเฉพาะบนผิวหนังหน้าและแผ่นหลัง

จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุหลักของสิวอาจพบได้ทั้งแบคทีเรียและยีสต์ โดยทั่วไปจะพบว่าสิวเกิดจากแบคทีเรียเป็นส่วนใหญ่ แบคทีเรียที่พบบ่อยและเป็นสาเหตุของสิวได้แก่ *Propionibacterium acnes* และ *Staphylococcus epidermidis* แบคทีเรียจะกระตุ้นให้เกิดการอักเสบ เนื้อเยื่อที่อักเสบจะเกิดสารอนุมูลอิสระขึ้นมาทำให้เนื้อเยื่อบริเวณที่เป็นรอยโรคเกิดความเสียหายได้ [1]

การรักษาสิวมียุทธศาสตร์หลายอย่าง เช่น การลดการสร้างน้ำมันบนผิวหนัง การใช้ยาปฏิชีวนะต้านจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของสิว การต้านการอักเสบ และการฟื้นฟูรูปร่างผิวหนังที่เกิดความเสียหาย การรักษาสิวด้วยการฆ่าเชื้อที่เป็นสาเหตุมีหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่นการใช้ยาปฏิชีวนะในการกำจัดเชื้อ แต่การใช้ยาปฏิชีวนะอาจมีข้อจำกัด เช่น หากใช้ไปนานวันอาจเกิดการดื้อยา เกิดการทำลายจุลินทรีย์ประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหาร (ยารับประทาน) หรืออาจใช้ยาปฏิชีวนะไม่ได้ในกรณีผู้ป่วยที่มีอาการแพ้ยา ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทางเลือกในการรักษาสิวในรูปแบบอื่นมาร่วมด้วย [2,3]

จากความรู้ที่สั่งสมกันมายาวนานจากบรรพบุรุษ มียุทธศาสตร์การใช้สมุนไพรมาเพื่อบำรุงร่างกายหรือรักษาโรค และจากรายงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่ามีพืชสมุนไพรไทยหลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ จากความรู้ภูมิปัญญาของไทยบันทึกว่ามีการใช้พืชในวงศ์ขิงข่า (*Zingiberaceae*) เป็นส่วนผสมในการทำมาสะอาผิวหรือในการรักษาโรคทางผิวหนัง [4] จึงเป็นที่มาของงานวิจัยขั้นนี้ที่ศึกษาฤทธิ์การต้านแบคทีเรียและการต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากกระชายและขมิ้นชันเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาใช้สารสกัดให้ถูกส่วนเพื่อใช้ในการควบคุมการเกิดสิว

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 พืชและการสกัดสารจากพืช

ตัวอย่างพืชที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ กระชาย (*Boesenbergia pandurata* Holtt.) และขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.) ใช้ส่วนเหง้าใต้ดิน ได้มาจากอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2561 มีการพิสูจน์เอกลักษณ์ของพืช ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ การสกัดสารจากพืชเริ่มจากนำตัวอย่างพืชมาล้างน้ำให้สะอาดเพื่อเอาเศษดินที่ติดอยู่ให้หมดไป หั่นเป็นแว่นขนาดเล็ก อบให้แห้งในตู้อบพืชที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน สกัดสารจากพืชด้วยตัวทำละลายเฮกเซนและเอธานอลโดยวิธี soxhlet extraction ส่วนการสกัดพืชด้วยน้ำนั้นใช้การต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator (Buchi Rotavapor R 205, Germany) แล้วนำไปทำให้แห้งอีกครั้งด้วยการใช้เครื่อง freeze dryer

2.2 แบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ ได้รับมาจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ *Propionibacterium acnes* DMST 14916, *Staphylococcus epidermidis* DMST 3547 และ *Staphylococcus epidermidis* DMST 4343 ใช้ Brain heart infusion agar ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ยกเว้น *Propionibacterium acnes* DMST 14916 ให้เพาะเชื้อในสภาวะไร้อากาศ

2.3 การทดสอบการต้านแบคทีเรีย

การทดสอบการต้านแบคทีเรียด้วยวิธี agar disc diffusion และ microdilution broth ใช้วิธีทดสอบมาตรฐานของ CLSI (2009) [5] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้แผ่นยาปฏิชีวนะมาตรฐาน tetracycline (Oxoid, UK) เป็นตัวควบคุม

2.4 การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity

วิธี DPPH นี้ เป็นการทดสอบการต้านออกซิเดชันโดยให้ตัวอย่างทำปฏิกิริยากับ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่คงตัวมีสีม่วง เมื่อ DPPH ได้รับอนุมูลอิสระไฮโดรเจน จะเปลี่ยนเป็นสารไม่มีสี วิธีทดสอบนี้ทำโดยเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 mM ในเมทานอล จากนั้นผสมสารละลาย DPPH ปริมาตร 2 mL

กับสารละลายตัวอย่างที่ทราบความเข้มข้นต่างๆที่ละลายในเอทานอลปริมาตร 1 mL บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ตัวควบคุมผลบวกได้แก่วิตามินอี คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% inhibition) ดังนี้ $\%inhibition = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100$ โดยที่ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เติมสารละลาย DPPH ลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เติมเอทานอลและ $A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ ethanol ที่เติม DPPH ลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลจากนั้นนำค่า % inhibition ไปคำนวณหาค่า IC_{50} ค่า IC_{50} หมายถึง ค่าความเข้มข้นของสารสกัด ที่สามารถทำลายหรือกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้ร้อยละ 50 จากปริมาณสารอนุมูลอิสระเริ่มต้น คำนวณได้จากกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์การกำจัดกับความเข้มข้น แสดงเป็นค่าความเข้มข้นที่กำจัดได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง 5 ซ้ำ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดกระชายและขมิ้นชันด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน 3 ชนิด (เฮกเซน เอทานอล และน้ำ) ในการต้านแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของสิว พบว่า ด้วยวิธีการทดสอบ agar disc diffusion นั้น (ตารางที่ 1) สารสกัดกระชายในชั้นเอทานอลมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ดีกว่าสารสกัดในชั้นเฮกเซน และน้ำ โดยมีวงใสยับยั้งต่อ *P. acnes* DMST 14916, *S. epidermidis* DMST 3547 และ *S. epidermidis* DMST 4343 เท่ากับ 15.7, 9.8 และ 10.8 ตามลำดับ และเป็นที่น่าสนใจที่ว่าสารสกัดในชั้นนี้มีฤทธิ์ต้าน *S. epidermidis* DMST 4343 ได้ ในขณะที่เชื่อกันว่ายาปฏิชีวนะมาตรฐาน tetracycline ส่วนสารสกัดกระชายในชั้นเฮกเซนมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียรองลงมา แต่สารสกัดในชั้นน้ำมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียไม่มากนัก สำหรับสารสกัดจากขมิ้นชันพบว่าสารสกัดในชั้นเอทานอลฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้ดีกว่าสารสกัดในชั้นเฮกเซน และน้ำเช่นเดียวกันกับกระชาย โดยมีวงใสยับยั้งต่อ *P. acnes* DMST 14916, *S. epidermidis* DMST 3547 และ *S. epidermidis* DMST 4343 เท่ากับ 15.4, 14.0 และ 8.2 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่สารสกัดขมิ้นชันในชั้นเฮกเซน ส่วนสารสกัดในชั้นน้ำมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ไม่มาก

ตารางที่ 1 Antibacterial susceptibility by agar disc diffusion assay of *Boesenbergia pandurata* Holtt. and *Curcuma longa* L. extracts

Plant and antibiotic	Solvent	Inhibition zone (mm)		
		<i>P. acnes</i> DMST	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>
		14916	DMST 3547	DMST 4343
<i>Boesenbergia pandurata</i> Holtt.	Hexane	11.9±0.7	9.8±0.5	8.9±0.5
	Ethanol	15.7±0.2	9.8±0.7	10.8±0.6
	Distilled water	7.5±0.5	6.8±0.2	6.1±0.1
<i>Curcuma longa</i> L.	Hexane	7.2±0.2	7.8±0.9	8.7±0.7
	Ethanol	15.4±2.0	14.0±2.6	8.2±0.2
	Distilled water	6.1±0.1	0	0
Tetracycline		69.5±0	38.23±1.8	6.03±0.1

ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ในการยับยั้งแบคทีเรีย (Minimal inhibitory concentration, MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ในการฆ่าแบคทีเรีย (Minimal bactericidal concentration, MBC) ทำด้วยวิธี microdilution พบว่า สารสกัดกระชายในชั้นเฮกเซนมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่ต่ำมาก (ตารางที่ 2) โดยมีค่า MIC อยู่ระหว่าง 0.48 ถึง 30.5 µg/mL ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียรองลงมาได้แก่สารสกัดในชั้นเอทานอลและน้ำตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาสารสกัดกระชายในชั้นเอทานอลพบว่า มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้หลายชนิดทั้ง *S. epidermidis* และ *S. aureus* [6] สารสกัดขมิ้นชันในชั้นเฮกเซนมีฤทธิ์ต้าน *S. epidermidis* DMST 3547 และ 4343 ได้ดี มีค่า MIC เท่ากับ 244 และ 977 µg/mL ตามลำดับ ส่วนสารสกัดชั้นเอทานอลมีฤทธิ์ต้าน *P. acnes* DMST 14916 ได้ดีโดยมีค่า MIC เท่ากับ 1,953 µg/mL จึงสามารถใช้สารสกัดขมิ้นชันในชั้นเฮกเซนและเอทานอลต้านเชื้อได้ดี โดยมีค่า MIC เท่ากับ 1.9 µg/mL

จากผลการทดลองสารสกัดในชั้นน้ำของทั้งกระชายและขมิ้นชันมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในชั้นน้ำน้อย เนื่องจากสารออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในขมิ้นชันได้แก่ curcumin [7] เป็นสารที่ละลายในเอทานอลได้ แต่ละลายน้ำได้ไม่ดีจึงทำให้มีฤทธิ์การต้านแบคทีเรียของสารสกัดในชั้นน้ำน้อย และจากผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้พบว่าสารสกัดกระชายในชั้นน้ำมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ โดยพบว่า สารสกัดกระชายด้วยตัวทำละลายต่างๆ เช่น สารสกัดในชั้นเอทานอล สารสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วน้อย (เฮกเซน) หรือสารออกฤทธิ์ในส่วนที่เป็นน้ำมัน มีฤทธิ์การต้านแบคทีเรียได้ดีกว่าในชั้นน้ำ เนื่องจากสารออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียเหล่านั้นมีสมบัติในการละลายในตัวทำละลายดังกล่าวได้ดีกว่าน้ำ ตัวอย่างเช่น พบสารสกัดกระชายในชั้นเอทานอล (pinostrobin และ red oil จากส่วน rhizome) มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียแกรมลบ *Helicobacter pylori* ได้ดี [8] อีกงานวิจัยหนึ่งพบว่าสารสกัดกระชายในชั้นเอทานอล (panduratin A) มีฤทธิ์ต้าน clinical *Staphylococcus* sp. ได้ดีโดยมีค่า MIC เท่ากับ 1 µg/mL [9] และมีการรายงานผลการต้านจุลินทรีย์จากช่องปากด้วยน้ำมันหอมระเหยกระชายว่ามีสารออกฤทธิ์ที่ต้าน *Streptococcus mutans*, *Aggregatibacter* (Actinobacillus) *actinomycetemcomitans*, *Lactobacillus* sp. และ *Candida albicans* ได้ [10]

ตารางที่ 2 MIC and MBC values of *Boesenbergia pandurata* Holtt. and *Curcuma longa* L. extracts

Plant	Solvent	<i>P. acnes</i> DMST		<i>S. epidermidis</i>		<i>S. epidermidis</i>	
		14916		DMST 3547		DMST 4343	
		MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC
<i>Boesenbergia</i>	Hexane	0.48	1.9	30.5	977	1.9	61
<i>pandurata</i>	Ethanol	244	488	488	1,953	1.9	30.5
Holtt.	Distilled water	31,250	62,500	25,625	31,250	61	15,625
<i>Curcuma</i>	Hexane	7,812	15,625	244	977	977	977
<i>longa</i> L.	Ethanol	1,953	7,812	977	1,953	122	1,953
	Distilled water	31,250	250,000	31,250	>250,000	15,625	125,000

หมายเหตุ: ค่า MIC และ MBC มีหน่วยเป็น µg/mL

การทดสอบสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกระชายและขมิ้นชันด้วยวิธี DPPH พบว่า สารสกัดจากพืชทั้งสองชนิดในชั้นเฮกเซน เอทานอล และน้ำ ให้ค่า IC50 ที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.78 ถึง 2.68 µg/mL พืชวงศ์ Zingiberaceae นั้นมีการกระจายตัวอยู่ในหลายประเทศในทวีปเอเชีย และมีการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชวงศ์นี้หลายประการ จากการศึกษาจากไต้หวัน [11] บังคลาเทศ [12] และในประเทศไทย [6] ก็พบว่าพืชวงศ์นี้มีสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระที่ดีเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 3 Antioxidant activity of *Boesenbergia pandurata* Holtt. and *Curcuma longa* L. extracts using DPPH assay

Plant	Solvent	IC50 (µg/mL)
<i>Boesenbergia pandurata</i> Holtt.	Hexane	2.12
	Ethanol	2.07
	Distilled water	2.68
<i>Curcuma longa</i> L.	Hexane	2.24
	Ethanol	1.78
	Distilled water	2.27
Vitamin E	-	0.07

4. บทสรุป

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าสารสกัดจากกระชายและขมิ้นชันในชั้นเฮกเซนและเอธานอลมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของสิวได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังได้ นอกจากนี้สารสกัดจากพืชทั้งสองชนิดนี้มีสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระที่ยอมรับได้ ถือว่าเป็นพืชที่มีศักยภาพในการที่จะพัฒนาในการควบคุมสิวและสามารถใช้ทดแทน หรือใช้ร่วมกับการใช้ยาเคมี นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องสารออกฤทธิ์ และความเป็นพิษต่อเซลล์ เพื่อที่จะใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ควบคุมสิวได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณของมหาวิทยาลัยนเรศวรและมหาวิทยาลัยแม่โจ้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Dréno, S. Pécastaings, S. Corvec, S. Veraldi, A. Khammari, C. Roques, *Cutibacterium acnes* (*Propionibacterium acnes*) and acne vulgaris: A brief look at the latest updates. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 32 (2018) 5-14. doi: 10.1111/jdv.15043.
- [2] L.K. Oge', A. Broussard, M.D. Marshall, Acne vulgaris: Diagnosis and treatment. *American Family Physician*. 8 (2019) 475-484.
- [3] E. Platsidaki, C. Dessinioti, Recent advances in understanding *Propionibacterium acnes* (*Cutibacterium acnes*) in acne. 7(2018). doi: 10.12688/f1000research.15659.1.
- [4] B. Kocaadam, N. Sanlier, Curcumin, an active component of turmeric (*Curcuma longa*), and its effects on health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 13 (2017) 2889-2895.
- [5] Clinical and Laboratory Standards Institutes (CLSI). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: Nineteenth informational supplement. Approved standard, 10th ed. M02-A10 Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI), Wayne, P.A. 2009.
- [6] R. Jitvaropas, S. Saenthaweesuk, N. Somporn, A. Thuppiya, S. Sireeratawong, W. Phoolcharoen, Antioxidant, antimicrobial and wound healing activities of *Boesenbergia rotunda*. *Natural Product Communications*. 7 (2012) 909-912.
- [7] S.Y. Teow, K. Liew, S.A. Ali, A.S.B. Khoo, S.C. Peh, Antibacterial action of curcumin against *Staphylococcus aureus*: A brief review. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 2016. doi: 10.1155/2016/2853045.
- [8] S. Bhamarapravati, S. Juthaprueth, W. Mahachai, G. Mahady, Antibacterial activity of *Boesenbergia rotunda* (L.) mansf. and *Myristica fragrans* houtt. against *Helicobacter pylori*. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 28 (2006) 157-163.
- [9] Y. Rukayadi, K. Lee, S. Han, D. Yong, J. K. Hwang, In vitro activities of panduratin A against clinical *Staphylococcus* strains. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 53 (2009) 4529-4532.
- [10] S. Taweechaisupapong, S. Singhara, P. Lertsatitthanakorn, W. Khunkitti, Antimicrobial effects of *Boesenbergia pandurata* and *Piper sarmentosum* leaf extracts on planktonic cells and biofilm of oral pathogens. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*. 23 (2010) 224-231.
- [11] I.N. Chen, C.C. Chang, C.C. Ng, C.Y. Wang, Y.T. Shyu, T.L. Chang, Antioxidant and antimicrobial activity of Zingiberaceae plants in Taiwan. *Plant Foods Human Nutrition*. 63 (2008) 15-20. doi: 10.1007/s11130-007-0063-7.
- [12] E.M. Tanvir, F. Hossain, R. Afroz, S.H. Gan, I. Khalil, N. Karim, Antioxidant properties of popular turmeric (*Curcuma longa*) varieties from Bangladesh. *Journal of Food Quality*. 2017. Article ID 8471785, doi.org/10.1155/2017/8471785.

การสังเคราะห์ซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการทำแก้วคริสตัลลี Synthesis of silica from rice husk ash for color crystal glass

วงศ์ธร สุขวัฒน์¹ อินทนนท์ อภิขยานิภูฏากุล¹ อรัญญา หุ่นหลา¹ ธนาพร บุญชู¹ และ วิไลวรรณ ลีนะกุล^{1,*}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

*Email: Wilaiwan.l@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ในการวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะผลิตแก้วคริสตัล โดยใช้ซิลิกาจากแกลบเป็นวัตถุดิบตั้งต้น โดยการทดลองแบ่งเป็นสองช่วงได้แก่ ช่วงแรกเป็นการสังเคราะห์ซิลิกาจากแกลบ โดยใช้วิธีการเผาด้วยเงื่อนไขอุณหภูมิที่ต่างกันที่ 1000-1200 องศาเซลเซียส แกลบช่วงที่สองเป็นการนำแกลบที่สังเคราะห์ได้ไปทำการผลิตเป็นแก้วคริสตัลลี พร้อมทั้งเปรียบเทียบชิ้นงานแก้วคริสตัลลีที่ได้จากการใช้ซิลิกาจากสารเคมีด้วย โดยผลการทดลองพบว่าแกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่ 1000-1200 องศาเซลเซียส สามารถสังเคราะห์ซิลิกาได้ความบริสุทธิ์เฉลี่ยอยู่ที่ 90 ร้อยละโดยน้ำหนัก และเมื่อตรวจสอบองค์ประกอบของเฟสด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD Diffraction) พบว่าเกิดเป็นองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกันทั้งหมด นั่นคือ Cristoballite, Tridamite และเมื่อนำซิลิกาที่สังเคราะห์ได้ไปเป็นสารตั้งต้นในการหลอมคริสตัลลีพบว่าได้แก้วสีฟ้าใส โดยชิ้นงานแก้วคริสตัลลีที่มีค่าความหนาแน่น และค่าความแข็งแรงมากที่สุดได้มาจากชิ้นงานที่มีแกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: แกลบ แก้วคริสตัล ซิลิกา

Abstract

The aim of this work was to synthesis the glass crystals by using silica from rice husk ash (RHA) as a raw material. First, rice husk was synthesis by heated at various temperatures between 1000-1200 °C and then, silica which was heated at the first step was used to be the raw materials for glass crystal. From the result shows that RHA with heated at 1000-1200 C could be use for silica to synthesis crystals glass. X-ray Diffraction pattern demonstrated that all of condition to heat RHA showed the same results, Cristobalite, Tridymite are the phase formation appeared all of materials. The crystal glass shows blue colour. The optimum condition with show the highest density and density value were obtain with the sample of heated RHA at 1000°C

Keywords: Rice husk, crystal glass, silica

1. บทนำ

แก้วเป็นวัสดุวัสดุอสัณฐานประเภทหนึ่งที่มีนิยามใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแก้วคริสตัลลีที่ทำนี้มีสมบัติเฉพาะตัวในเรื่องของความโปร่งใส ความแข็งแรง และความ-มันวาววาว ซึ่งเป็นสมบัติที่วัสดุอื่นทดแทนไม่ได้แก้วคริสตัล (crystal glass) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุประเภทแก้ว ซึ่งมีโครงสร้างเป็นวัสดุอสัณฐาน มีสมบัติเฉพาะตัวในเรื่องของความแข็งแรง และความวาววาว สวยงาม นอกจากนั้นยังเป็นวัสดุที่มีค่าดัชนีหักเหสูง (high

refractive index) ทำให้มีความโปร่งใส เป็นประกายแวววาวเป็นพิเศษ ซึ่งสมบัติต่างๆเหล่านี้ล้วนมีผลทำให้แก้วคริสตัลสินี้มีราคาสูงกว่าแก้วชนิดอื่นๆทั่วไปในท้องตลาด เมื่อกล่าวถึงความเป็นประกายแวววาว ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของประเภทนี้ พบว่าเกิดจากการเจือสารประกอบทางเคมีนั้นคือ ตะกั่วออกไซด์ ดังนั้นแก้วคริสตัลจึงถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แก้วตะกั่ว (lead glasses) โดยปกติแก้วคริสตัลจะมีส่วนผสมตะกั่วออกไซด์อยู่ประมาณ ร้อยละ 24 ถึง 32 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีโปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) และซิลิกาเป็นส่วนประกอบหลักอีกด้วยด้วยปริมาณร้อยละ 12 และ 59 โดยน้ำหนักตามลำดับ จากส่วนประกอบที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ซิลิกาเป็นสารเคมีสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตแก้วคริสตัล ดังนั้นในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยมีความสนใจที่จะผลิตแก้วคริสตัลโดยมีจุดเด่นคือจะนำสารตั้งต้นที่สังเคราะห์จากวัสดุธรรมชาติ นั่นคือแกลบมาทำการสังเคราะห์ให้ได้ซิลิกา เนื่องจากสารเคมีชนิดนี้ถ้าต้องการความบริสุทธิ์สูงจะมีราคาที่สูงมากซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนของการผลิตแก้วคริสตัลนี้สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อที่จะปรับราคาค่าต้นทุนของวัสดุให้ต่ำลงจึงมีความจำเป็นต้องลดราคาของวัตถุดิบลง โดยในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกข้าว เลี้ยงสัตว์ เป็นอาชีพหลัก ในฤดูเก็บเกี่ยวจะมีแกลบ (Rice husk) ที่เป็นวัสดุธรรมชาติเหลือใช้เป็นจำนวนมาก และจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแกลบที่ได้จากการสีข้าวนี้ ความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 95 ของน้ำหนักแล้ว

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะทำการสังเคราะห์แก้วคริสตัลที่สามารถผลิตได้ในประเทศ และมีจุดเด่นคือสังเคราะห์ซิลิกาจากแกลบมาเป็นแก้วคริสตัล โดยทั้งนี้ได้เป็นการลดต้นทุนในการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศเพราะสามารถผลิตและใช้ได้ในประเทศโดยที่วัตถุดิบหลักนั้นที่ได้มาจากแกลบข้าวที่เหลือจากการเกษตรโดยเป็นการนำพารายได้อีกทางให้กับชาวนาอีกด้วย

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการเตรียมแกลบ

นำแกลบมาประมาณ 100 กรัม มาล้างทำความสะอาด แล้วไปเผาด้วยอุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส จากนั้นนำซีเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาในช่วงแรกที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส มาทำการเผาอีกครั้งในเงื่อนไขช่วงอุณหภูมิ 1000, 1100, และ 1200 องศาเซลเซียส นำแกลบที่เผาที่อุณหภูมิต่างๆ มาวิเคราะห์เฟสด้วยวิธีการ XRD, XRF

2.2 การเตรียมแก้ว

นำผงแกลบที่บริสุทธิ์มาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก้วคริสตัล นำสารเคมีทั้งหมด มาผสมตามอัตราส่วน 42% (SiO_2), 14% (K_2O), 3% (Na_2O), 1% (Borax), 20% (PbO), 8% (Ba_2O_3), 12% (CaO), 2% (CuO) นำสารทั้งหมดที่ผ่านการผสมมาทำการหลอมแก้ว ที่อุณหภูมิ 1400°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แก้วคริสตัลที่ได้จากซีเถ้าแกลบและแก้วคริสตัลที่ได้จากซิลิกาอุตสาหกรรมไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ความแข็ง ความหนาแน่น การหักเหของแสง และ XRF นำการแก้วคริสตัลที่ได้จากซีเถ้าแกลบและแก้วคริสตัลที่

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการสังเคราะห์ซิลิกาจากแกลบ

ในการเตรียมซิลิกาจากแกลบนั้นผู้วิจัยเริ่มจากการนำแกลบไปทำการเผาที่อุณหภูมิ 1000°C 4 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ให้ออกจากแกลบ โดยผลการทดลองแสดงดังรูป 3.1 หลังจากนั้นทำการนำแกลบที่ได้มาเผาในช่วงที่ 2 โดยเผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยเงื่อนไขที่ 1000°C, 1100°C และ 1200°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงด้วยอัตราการขึ้น-ลงของอุณหภูมิ คือ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยผงแกลบที่ผ่านการเผาแล้วแสดงดังรูป 3.2

3.1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRF) ของแกลบที่ผ่านการเผาด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 3.1-3.3 แสดงองค์ประกอบของธาตุในแกลบที่ผ่านเงื่อนไขในการเผาที่แตกต่างกัน พบว่าองค์ประกอบหลักที่พบทั้ง 3 เงื่อนไขคือ ซิลิกา (SiO_2) รองลงมา คือ โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) โดยที่ 3 เงื่อนไขมีแนวโน้มในการเกิดธาตุคล้ายคลึงกัน นอกจากนั้นพบว่าซิลิกามีความบริสุทธิ์สูงที่สุดจากการเผาแกลบที่อุณหภูมิ 1200° โดยได้ปริมาณซิลิกาเท่ากับ 90.89 % w/w



รูปที่ 3.1 แสดงผงแกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000°C ช่วงแรก จากกล้อง OM



ก. ผงแกลบที่อุณหภูมิ 1000°C



ข. ผงแกลบที่อุณหภูมิ 1100°C



ค. ผงแกลบที่อุณหภูมิ 1200°C

รูปที่ 3.2 แสดงผงแกลบที่ผ่านการเผาที่เงื่อนไขที่แตกต่างกัน

ตาราง 3.1 แสดงองค์ประกอบของธาตุในแกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000°

องค์ประกอบสารเคมี	%w/w
SiO_2	90.50
P_2O_5	0.92
SO_3	0.66
K_2O	5.39
CaO	1.71
MnO	0.59
Fe_2O_3	0.24

ตาราง 3.2 แสดงองค์ประกอบของธาตุในแคลสที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1100°

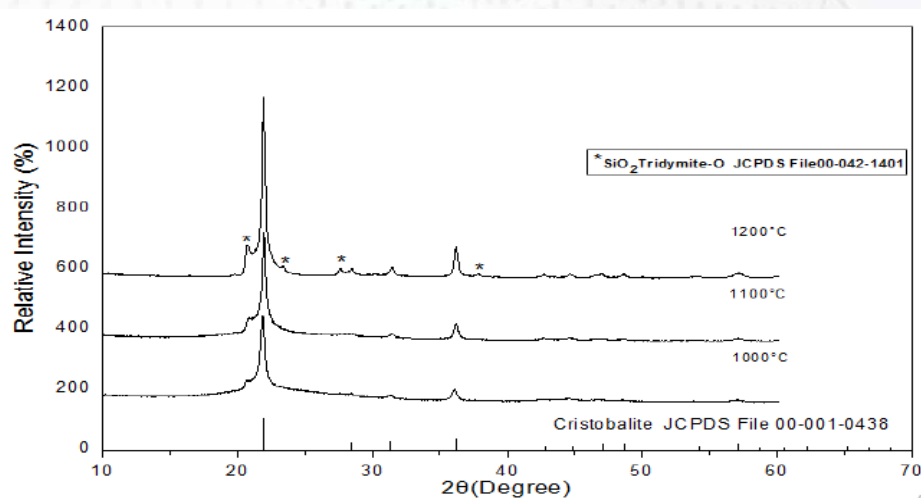
องค์ประกอบสารเคมี	%w/w
SiO ₂	90.88
SO ₃	0.76
K ₂ O	5.79
CaO	1.79
MnO	0.58
Fe ₂ O ₃	0.19

ตาราง 3.3 แสดงองค์ประกอบของธาตุในแคลสที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200°

องค์ประกอบสารเคมี	%w/w
SiO ₂	90.89
P ₂ O ₅	1.25
K ₂ O	5.47
CaO	1.88
MnO	0.52

3.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ของแคลสที่ผ่านการเผาด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

หลักจากการทำการเผาแคลสที่เงื่อนไขแตกต่างกันพบว่าแคลสที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000-1200 องศาพบแนวโน้มการเกิดเฟสองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน โดยเฟสที่เกิดประกอบด้วยเฟสองค์ประกอบด้วยกัน 2 เฟส โดยเฟสหลักได้แก่ เฟสของ SiO₂ (Cristobalite JCPDS File 00-001-0438) และเฟสรองคือเฟสของ SiO₂ Tridymite-o JCPDS File 00-042-1401 โดยที่แคลสที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะพบเฟสของ Cristobalite และ Tridymite มีแนวโน้มสูงขึ้น

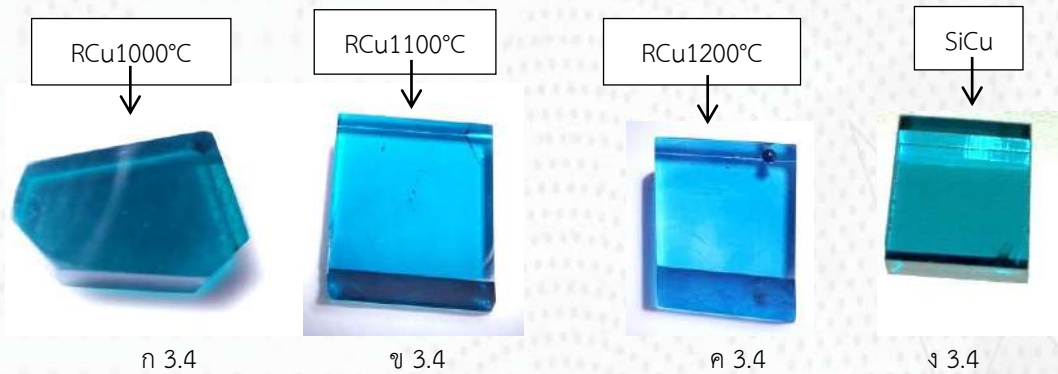


รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของแคลสที่ผ่านเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

3.2 ผลการสังเคราะห์แก้วคริสตัลจากแคลบ

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของแก้วคริสตัลจากแคลบ

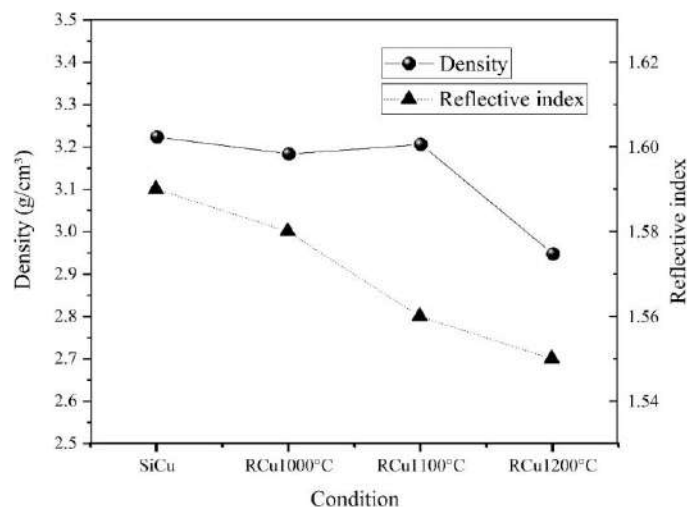
หลังจากได้ซิลิกาจากแคลบที่ผ่านการเผาที่เงื่อนไขที่แตกต่างกัน (RCu1000, RCu1100, RCu1200) แล้วก็นำมาผสมกับออกไซด์ของ Cu เพื่อให้เกิดสีฟ้าในเนื้อแก้วโดยอาศัยหลักการผสมสีของแม่สี และ Pb เพื่อทำให้เกิดแก้วคริสตัลสี เปรียบเทียบกับแก้วซิลิกาจากสารเคมี พบว่าในการเทียบเฉดสีในการวิเคราะห์ใช้วิธี shade of color or chromatic spectrophotometer ดังแสดงรูป 3.16 และตาราง 3.5 มาเทียบกับรูปที่แสดงรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงรูปชิ้นงานแก้วคริสตัลสี

3.2.2 ผลการทดสอบวัดค่าความหนาแน่น (Density)

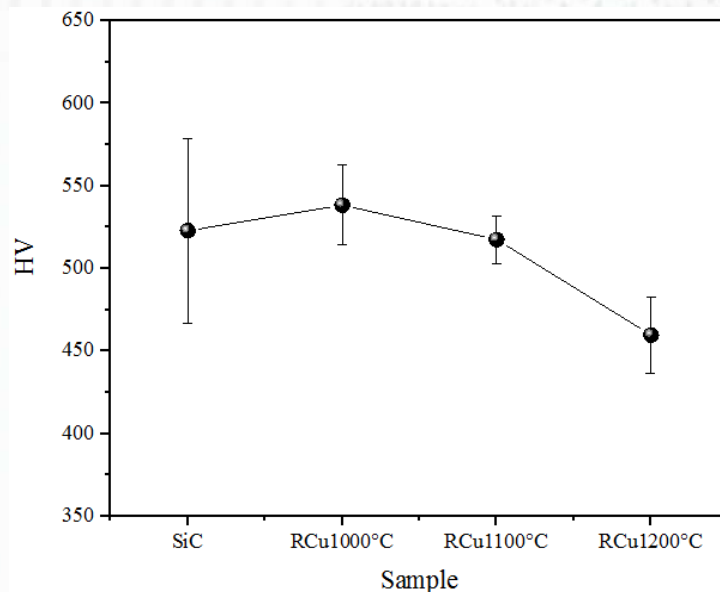
จากเอกสารทางวิชาการ [1-3] ได้กำหนดว่าแก้วที่สามารถจัดได้ว่าเป็นแก้วคริสตัลได้นั้นจะต้องมีค่าความหนาแน่นมากกว่า 2.95 g/cm³ ค่าดัชนีหักเหของแสง 1.55 เนื่องจากว่าค่าต่ำกว่านี้จะทำให้แก้วสูญเสียความใส เคาะแล้วจะต้องมีเสียงดังกังวาน นอกจากนี้แก้วตะกั่วยังสามารถปรับเปลี่ยนค่าดัชนีหักเหได้ตั้งแต่ 1.5-1.7 ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสูตรแก้ว จากการทดลองนี้พบว่า จากรูป 3.5 จะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นที่ได้จะอยู่ในช่วง 2.94-3.22 g/cm³ โดยค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดได้มาจากชิ้นงานแคลบที่เผาอุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส เหตุที่เป็นเช่นนั้นอาจเป็นผลมาจากการเกิดเฟสองค์ประกอบของ Tridymite ที่มีปริมาณมากที่สุดที่ปรากฏในการเผาแคลบที่อุณหภูมินี้ ในขณะที่การปรากฏเฟสของ Cristobalite มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นของแก้วมีค่าสูงขึ้นเอง



รูปที่ 3.5 จากกราฟจะเห็นความสัมพันธ์ลักษณะแปลกผันระหว่างค่าความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหกล่าวคือ หากแก้วคริสตัลมีความหนาแน่นสูงจะมีค่าดัชนีหักเหสูงไปด้วย

3.2.3 ผลการทดสอบวัดค่าความแข็ง (hardness)

โดยนำชิ้นงานแก้วคริสตัลจากแคลบในแต่ละเงื่อนไข คือ RCu1000, RCu1100, RCu1200 และชิ้นงานจากแก้วคริสตัลที่ได้จากซิลิกาทางเคมี มาทำการทดสอบความแข็งของชิ้น โดยชิ้นงานที่วัดมีขนาดที่ $10 \times 10 \text{ mm}$ กว้างยาว ชิ้นงานหนา ขนาด 5-8 mm จากกราฟจะเห็นได้ว่า SiCu เป็นซิลิกาทางเคมีมีความแข็งมากที่สุดถ้ามาเปรียบเทียบกับซิลิกาที่ได้จากแคลบ คือ RCu1000°C ซึ่งมีความแข็งที่ใกล้เคียงกันมาก นั่นก็หมายความว่า ซิลิกาที่ได้จากแคลบนั้นก็มีความใกล้เคียงกับซิลิกาที่ได้จากทางเคมี แล้วถ้าเผาแคลบในอุณหภูมิที่สูงขึ้นไป ค่าความแข็งก็จะลดลง ยิ่งมีความบริสุทธิ์ที่มากกว่าซิลิกาที่ได้จากทางเคมี เป็นการตอกย้ำว่าแคลบจากธรรมชาติสามารถนำมาสังเคราะห์ให้ได้ซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก



รูปที่ 3.6 ค่าความแข็ง (hardness)

4. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้ที่สามารถผลิตแก้วคริสตัลที่มีวัตถุตั้งต้นมาจากแคลบ โดยเงื่อนไขที่ดีที่สุดที่ในผลการผลิตแก้วคริสตัลได้แก่ชิ้นงานที่มีแคลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลที่ได้มีแค่ ความหนาแน่น มีค่าเท่ากับ 3.1835 ละมีค่าความความแข็ง เท่ากับ 538.37 และเฟสที่ได้เป็นเฟสของซิลิกา Cristobalite และ Tridymite และพบว่ามีค่าความบริสุทธิ์ของซิลิกาเท่ากับ 90.89 %

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัยนวัตกรรมฯ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] การผลิตแก้วคริสตัลสีแดงโดยอนุภาคทองคำด้วยปฏิกิริยารีดักชัน (2010). <http://gensci.science.swu.ac.th/Pm3/บทคัดย่อปัญหาพิเศษวัสดุศาสตร์2553/4.การผลิตแก้วคริสตัลสีแดง%20โดยอนุภาคทองคำ%20ด้วยปฏิกิริยารีดักชัน.pdf>.
- [2] แก้วและการประยุกต์. (2558). ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [3] Arinzeh T.L., Tran T., Mcalary J., Daculsi G. A comparative study of Biphasic calcium phosphate ceramics for human mesenchymal stem-cell-induced bone formation Biomatetr (2005) 26: 3631-3638

- [4] Galss Production Industry. (2015). Retrived Dec 7, 2018 from https://www.researchgate.net/profile/Nattapol_Laorodphan/publication/286775244_xutsahkrmkarphlitkaew_Glass_Production_Industry/links/566d7e0308ae1a797e4033fb/xutsahkrmkarphlitkaew-Glass-Production-Industry
- [5] Vogel, W. (1994). Glass Chemistry, 2nd Edition, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, 464 p.
- [6] วีระชัย ลามอ. (2007). ความแข็ง (hardness). สืบค้นเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2562, http://www.dss.go.th/images/st-article/pep_5_2550_hardness.pdf
- [7] Harvey, Modern Analytical Chemistry. (2000). สเปกตรัมรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2562, <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XS0fbbBcmJoJ:https://web.rmutp.ac.th/woravith/upload/AnalChem/spectroscopy.pdf+&cd=4&hl=th&ct=clnk&gl=th>