

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ
ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2



Proceeding Book

NCON-Sci
2019

“วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม
เพื่อการสร้างสรรค์
เทคโนโลยี”



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
19 สิงหาคม 2562



รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2
(National Conference on Science, Technology and Innovation: NCON-Sci 2)
“วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เพื่อการสร้างสรรค์เทคโนโลยี”

วันจันทร์ที่ 19 สิงหาคม 2562

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ตีพิมพ์และเผยแพร่ออนไลน์

บรรณาธิการ คณาวุฒิ อินทร์แก้ว

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารจากคณบดี



การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น เป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาประเทศทุก ๆ ด้าน ทั้งเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และเกษตรกรรม รวมทั้งมีส่วนในการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเจริญก้าวหน้า ทำให้เกิดการพัฒนาคูณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน ตลอดจนสังคมและประเทศชาติ การจัดการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ครั้งที่ 2 (National Conference on Science, Technology and Innovation : NCON-Sci 2) ในครั้งนี้ จัดขึ้นภายใต้แนวคิด “วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เพื่อการสร้างสรรค์เทคโนโลยี” โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นเวทีให้แก่ นักศึกษา อาจารย์ และนักวิจัย ในหลากหลายสาขาวิชาได้มีการประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์และงานวิจัย ผ่านการนำเสนอบทความวิชาการ ผลงานการวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ โดยแบ่งการนำเสนอผลงานออกเป็นภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ซึ่งครอบคลุมหัวข้อวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เพื่อการสร้างสรรค์เทคโนโลยีทั้งในสายการศึกษาและสายวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ในงานยังมีการประกวดผลงานสิ่งประดิษฐ์ โครงการ และการแสดงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมงานได้รับความรู้ และความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อม ๆ กันอันจะนำไปสู่แรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์เทคโนโลยีต่อไป

ในนามของประธานคณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ผมขอขอบคุณท่านประธาน คณะกรรมการที่ปรึกษาเกิตติมศักดิ์ คณะกรรมการที่ปรึกษา คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ คณะกรรมการผู้พิจารณาและประเมินบทความ คณะกรรมการดำเนินงาน ผู้เข้าร่วมประชุม รวมทั้งผู้ให้การสนับสนุนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ประสบผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายทุกประการ

(ดร.ไพศาล การถาง)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายชื่อคณะกรรมการ

กรรมการที่ปรึกษาเกิตติมศักดิ์

รศ.ดร.สุภัทรา โกไศยกานนท์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กรรมการที่ปรึกษา

ผศ.เฟื่องฟ้า เมฆเกรียงไกร รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

ดร.เจนสมุทร แสงพันธุ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.รพีพรรณ กองตูม	มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
ดร.ศิริชัย เจริญล้ำเลิศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.นิชากรณ์ พันธุ์คง	มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ดร.เสาวลักษณ์ อร่ามพงศานุวัต	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.สุนันทา สดศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.อุษณีย์ ลีรัตน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ศศิเทพ ปิตุพรเทพิน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สิดานันท์ ธิติประเสริฐ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ภญ.วริศรา ปาริชาติกานนท์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร. ภศิชา ไชยแก้ว	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.วรพจน์ กนกกันทพงษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.ภุมรินทร์ คำเดชศักดิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สวนันท์ แดงประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.สุรกิจ ปรางสร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

คณะกรรมการอำนวยการ

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา
หัวหน้าสำนักงานคณบดี
ผู้ช่วยคณบดี
หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
หัวหน้าสาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม
หัวหน้างานวิชาการ วิจัยและบริการวิชาการ

คณะกรรมการดำเนินงาน

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย	นางสาวสุนิสา สายอุปราชา	ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปรามพยัคฆ์
นายจิระศักดิ์ ธาระจักร์	นายคณาวุฒิ อินทร์แก้ว	ผศ.สังเวศ เสวกวิหารี
ผศ.ภาคิน อังศุณิศา	นางศรีวิไล พวงน้อย	ผศ.สลักจิต พุกจรรณ
ผศ.จรัลยา ดอกมณี	ผศ.ดร.ปิยะพงษ์ ปานแก้ว	นางพรรณนิการ์ มีอ่อน
นางสาวเพ็ญลัดดา โสภา	นางสาวขวณีย์ สุภรัตน์	นางปิยธิดา พันธนะ
นางพัทธาณี วรดิษฐ์	นางสาวอรรณพ มุกนนท์	นางสาวสายรุ้ง แก้วน้อย
นายสุริโย ก่อวานิชกุล	นายวรวุฒิ สาสิงห์	นางศุภานัน ปิ่นเจริญ
นางสาวนิสากร น่วมศรีนวล	นางสาวเบญจวรรณ จินะทา	นายณัฐชัย แสงทองศรี
นางสาวอัจฉรา เฉลิมเกียรติ	นางสาวนริศรา นาคเมธี	นางสาวชลิตา อินสระโร
นางสาวสุวรรณา ไย้เพ้ง	นางสาวสุนันทา แก้วกระจ่าง	นางสาวสุภา น้อยจาก
นางสาวชูไอบ๊ะ ดอเลาะ	นางศิริพร บัวสีตัน	นายสมักร นาคเกษม
นางกุลลาภ ภักดีทัยวิรสุข	นางรุจิรา สองน้อย	นายเกียรติภูมิ เล็งสมุทร
นางสาวฐิตาภา เนื่องนิยม	นางสาวกาญจนา อินทร์เฉลิม	นายชัยวัฒน์ ศักดิ์เวฬุวัน
นางณิศรา สุทธิสังข์		

คณะกรรมการวิชาการ

ผศ.ดร.วรวิทย์ จันทรสุวรรณ	ผศ.ธัญญา อำนวยวัฒนกุล	นายชัชวาล ศรีภักดี
นางสาวสิริรัตน์ พานิช	นางสาววรินทร์ บุญยะโรจน์	นางสาวภัทริกา สูงสมบัติ
ผศ.ดร.กัลทิมา เชวน์ชาญชัยกุล	ผศ.ดร.ปิยะพงษ์ ปานแก้ว	นายพลกฤษณ์ คุ่มกล้า
นายธนพงศ์ สารีอินทร์	ผศ.ดร.วิไลวรรณ ลีนะกุล	นางวิภา จักรชัยกุล
นางสาวนริศรา นาคเมธี	นางวีรวรรณ จันทะทรัพย์	นางสาวเมธิญาณินธ์ คำขาว
นางสาวณัฐติญา ไชติยากุล	นายกฤษฎา เหล็กดี	นางสาวสุนิสา สายอุปราช
ผศ.ดร.ชาญวิทย์ ปราบพัยค์	นายคณาวุฒิ อินทร์แก้ว	

คณะกรรมการฝ่ายจัดประกวดโครงงาน

ผศ.ดร.อุดมเดช พลเยี่ยม	ผศ.ดร.เพชรรัตน์ เวฬุคามกุล	นางสาวอัญชนา ชัตติยะวงศ์
นางธนาพร บุญชู	นางสาวสุนิสา สายอุปราช	ผศ.สุนัย สัมมาทัต
นายกฤษฎา เหล็กดี	ผศ.พิชญา พุกผาสุข	ผศ.นิตยา บุญสิทธิ์
นายวรารุณ พุทธิให้		

ผู้ให้การสนับสนุน

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
สำนักสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6

ตารางการนำเสนอผลงานภาคบรรยาย

การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2

“วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม เพื่อการสร้างสรรค์เทคโนโลยี”

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันจันทร์ที่ 19 สิงหาคม 2562

วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ กลุ่มที่ 2 (ห้อง9505)

ประธานกลุ่ม ผศ.ดร. วรวิทย์ จันท์สุวรรณ

คณะกรรมการประจำกลุ่ม ดร.วรินทร์ บุญยะโรจน์ ดร.สิริรัตน์ พานิช

ดร.ณัฐติญา ไชติยากุล ผศ. ธัญญา อำนวยวัฒนกุล

เวลา	หัวข้อ	ผู้บรรยาย
13.20-13.40 น.	การพัฒนาชุดควบคุมสถานะการปลูกพืชอัตโนมัติ	สุจินต์ จิระชีวะนันท์, จิตตินันท์ ไชยชาติ, จิราภา โพธิปัญญา, ชัยวุฒิ โอสธ, นพดล แจ่มดวง, และ บุญส่ง เหมวัฒน์
13.40-14.00 น.	ชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI	บุญส่ง เหมวัฒน์, ชลธาร สายสะอาด และ ณัฐพล กลั่นมีผล
13.00-14.20 น.	การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ของไหลอนุภาคนาโนทองคำเป็นสารทำงาน	สุจินต์ จิระชีวะนันท์, ศิระดา เชื้ออินทร์, ธวัชชัย เลิศพันธ์, บุญส่ง เหมวัฒน์ และ ดาครอง พิศสุวรรณ
14.20-14.40 น.	การศึกษาอุณหภูมิการเผาเลือกหอยลาย เพื่อเพิ่มสมบัติของอิฐมอญผสมวัสดุรีไซเคิลจากเปลือกหอยลาย	ศุภชัย ทิรัญสุขโชติ และ จิระศักดิ์ ธาระจักร์
14.40-15.00 น.	ผลิตภัณฑ์สารสกัดธรรมชาติจากผลกล้วยและเปลือกมะละกอตแทนสารเคมีเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในครีมทาเส้นเท้า	ดวงฤทัย นิคมรัฐ, ภัทริกา สูงสมบัติ, วิมลรัตน์ ม่วงประเสริฐ, นันทชา เนื่อนวล และ แก้วกาญจน์ เสี่ยงเสนาะ

เวลา	หัวข้อ	ผู้บรรยาย
15.00-15.20 น.	ผลิตภัณฑ์ลดความชื้นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้สารสกัดซิลิกาจากใบไผ่	ภัทริกา สูงสมบัติ, ศิริวรรณ พรมเกตุ จันทร และ ฐาปกรณ์ วงษ์ประยูร ¹
15.20-15.30 น.	การอภิปรายสรุปประจำกลุ่ม	
15.30-16.00 น.	พิธีปิด การมอบเกียรติบัตร และการถ่ายภาพที่ระลึก	

ตารางการนำเสนอผลงานภาคบรรยาย

การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2

“วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม เพื่อการสร้างสรรค์เทคโนโลยี”

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันจันทร์ที่ 19 สิงหาคม 2562

วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ กลุ่มที่ 2 (ห้อง9503)

ประธานกลุ่ม ดร. คณาวุฒิ อินทร์แก้ว

คณะกรรมการประจำกลุ่ม ดร.พลกฤษ คุ่มกล้า ผศ.ดร.ธนพงศ์ สารอินทร์

ดร.เมธิญาณินท์ คำขาว

เวลา	หัวข้อ	ผู้บรรยาย
13.00-13.20 น.	สมบัติทางกายภาพของเซรามิกบูรพุน สำหรับการผลิตกังหันกระถางต้นไม้	วรกานต์ บุตรสาร และ อธิญา หุ่นหลา
13.20-13.40 น.	การประยุกต์ใช้แผ่น Piezoelectric เพื่อ ความปลอดภัยในงานจราจร	อินทนนท์ อภิขยานิภูฐานกุล และ หนึ่งอุตร มะณีจันทร์
13.40-14.00 น.	การแจ้งเตือนระดับน้ำโดยใช้อัลตราโซนิก เซนเซอร์มาแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ การจราจร	คณาพงษ์ พึ่งเพ็ญ, จักรพงศ์ พาหา และ จิรา ยุ เตือนจิตร
13.00-14.20 น.	ความเสี่ยงทางจุลินทรีย์ในห้องเรียนและ สำนักงานกรณีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	อรรวรรณ อยู่ยงสินธุ์, อารียา มลิวรรณ, วไลทิพย์ ฉัตรบรรยงค์, สมเกียรติ ลภากรณ์, เฉลิมชัย เจริญยิ่ง และปานตะวัน ทวีกุล
14.20-14.40 น.	คุณภาพอากาศภายในอาคารของคณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	จิรัชญา ใจกะสัน, บุษบง เกาจิตรัส, ทินพร แดงรีน, บุษลรัตน์ ช้างงาม นิศารัตน์ โคตรภูธร และณัฐธยาน์ กฤษณพันธุ์

เวลา	หัวข้อ	ผู้บรรยาย
14.40-15.00 น.	แสงสว่างและความร้อนภายในห้องเรียน และห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	นภสินธุ์ มณีโชติรัตน์, ไชยวัฒน์ มีสมสาร, พรณพา เขินไฟ, วิชุดา ชายเกตุ, รุ่งนภา งามเฉลียว และอรัญย์ ศรีจำรัส
15.00-15.20 น.	การวัดระดับเสียงด้วยแอปพลิเคชันบน โทรศัพท์เคลื่อนที่	สุภาวรรณ เชื้อประทุม, สุจินณา ใจบุญ, ชลากร เขาวนะโชติ, อรจิรา หอมเดช, เอกณิการ์ จำลอง และภาควัต เทียมระกิจ
15.20-15.40 น.	การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารของ นักศึกษาและบุคลากร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	อัญชิสา วิษณุรพี, อุทุมพร สุจริตสมาน, ภาณุวัฒน์ ชาวชายโขง, ฉัตรณรงค์ เลียนชอบ , นาริรัตน์ มีมาก และอนัญพร ลอมาเล๊ะ
15.40-16.00 น.	พิธีปิด การมอบเกียรติบัตร และการถ่ายภาพที่ระลึก	

ตารางการนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์

การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2

“วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม เพื่อการสร้างสรรค์เทคโนโลยี”

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันจันทร์ที่ 19 สิงหาคม 2562

(ช่วงเช้า)

กรรมการประจำกลุ่ม

ผศ.ดร.ปิยะพงศ์ ปานแก้ว

ผศ.ดร.เพชรรัตน์ เวหุคามกุล

ดร.ณิศรา สุทธิสังข์

เวลา	หัวข้อ	ผู้บรรยาย
10.30-10.50 น.	การถ่ายทอดอัตลักษณ์จากธรรมชาติสู่เทียน ต้นแบบด้วยแม่พิมพ์ยางซิลิโคนเพื่อลด ต้นทุนการผลิตเครื่องประดับเชิงสร้างสรรค์	จินต์จิ สหรัตน์พันธ์, ดวงกมล นาตุ รัตน์ และประภาพรรณ ประเสริฐ ศรี
11.10-11.30 น.	พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของ นักศึกษา: จากรูปธรรมสู่นามธรรม	ณิศรา สุทธิสังข์ และ ภาคิน อังศุณิศ
11.30-11.50 น.	การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่ม สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและ เทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปี ที่ 6 โดยใช้บทเรียนบูรณาการ ชุด การ ขยายพันธุ์พืช	จงกล สิงห์คา
พักกลางวัน		

ตารางการนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์

การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 2

“วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม เพื่อการสร้างสรรค์เทคโนโลยี”

ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วันจันทร์ที่ 19 สิงหาคม 2562

(ช่วงบ่าย)

กรรมการประจำกลุ่ม

- ผศ.ดร.เพชรรัตน์ เวฬุคามกุล
- ดร.พลกฤษณ์ คุ่มกล้า

เวลา	หัวข้อ	ผู้บรรยาย
13.00-13.20 น.	เว็บไซต์การท่องเที่ยวปีทีเอส (สายสุขุมวิท)	พีรณัฐ พุทธิสัทธ, นายสัทยา จ้อย มณี, ภักัสสร สิงหธรรม3 และนางนิภาพร ปัญญา
13.20-14.40 น.	เว็บแอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารภาษาไทย สำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ	อุไรวรรณ รักโคตร, สุริย์รัตน์ ทองลี และนางภักัสสร สิงหธรรม
14.40-15.00 น.	บรรจุภัณฑ์ชานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัด จากขมิ้นชันสำหรับแพะผักสลัดกรีนคอส	ภัทริกา สูงสมบัติ, ดวงฤทัย นิคมรัฐ , ปิยะพัทธ์ บัวบาน และสรินญา ลำจวน
15.00-15.20 น.	การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะ พลาสติก	นิรชา น้อยยะ, ศุภามาศ หล้าหา และปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์
15.20-15.30 น.	การผลิตบล็อกตัวหนอนด้วยซีเมนต์ผสมเถ้า หนักจากเตาเผาขยะชุมชน	วันเฉลิม หมายชื่น, ส.ทศพล มี เพียร และคณาวุฒิ อินทร์แก้ว
15.30-16.00 น.	พิธีปิด การมอบเกียรติบัตร และการถ่ายภาพที่ระลึก	

สารบัญ

	หน้า
สารจากคณบดี	ก
รายชื่อคณะกรรมการ	ข-ง
ตารางการนำเสนอผลงาน	จ-ญ
สารบัญ	ฎ-ฐ
กลุ่มที่ 2 วิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์	
1. การพัฒนาชุดควบคุมสถานะการปลูกพืชอัตโนมัติ (Development of Indoor Growing System)	1-10
เจ้าของผลงาน : สุจินต์ จิระชีวะนันท์, จิตตินันท์ ไชยชาติ, จิราภา โพธิปัญญา, ชัยจติ โอสธ, นพดล แจ่มดวง และบุญส่ง เหมวัฒน์	
2. ชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI (A Demonstrative Set of Programmed Fuel Injection System)	11-17
เจ้าของผลงาน : บุญส่ง เหมวัฒน์, ชลธาร สายสะอาด และณัฐพล กลั่นมีผล	
3. การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ของไหลอนุภาคนาโนทองคำเป็นสารทำงาน (Thermal Performance of Thermosyphon Heat Pipe Filled with Gold-nanofluid)	18-26
เจ้าของผลงาน : สุจินต์ จิระชีวะนันท์, ศิระดา เชื้ออินทร์, ธวัชชัย เลิศพันธ์, บุญส่ง เหมวัฒน์ และ ดาครอง พิศสุวรรณ	
4. การศึกษาอุณหภูมิการเผาเปลือกหอยลายเพื่อเพิ่มสมบัติของอิฐมอญผสมวัสดุรีไซเคิลจากเปลือกหอยลาย (Study of Temperature for Clams Shell Incineration Increasing Brick Quality Mixing Recycle Material from Clams Shell)	27-34
เจ้าของผลงาน : ศุภชัย หิรัญศุภโชติ และจิระศักดิ์ ธาระจักร์	
5. สารสกัดธรรมชาติจากผลกล้วยและเปลือกมะละกอตแทนสารเคมีเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ครีมทาผิว (Natural Extracts from Bananas and Papaya Peels Substitute Chemicals to Inhibit Microbes in Heel Cream Product)	35-51

เจ้าของผลงาน : ดวงฤทัย นิคมรัฐ, ภัทริกา สูงสมบัติ, วิมลรัตน์ ม่วงประเสริฐ, นันทชา เนื่อนวล และแก้วกาญจน์ เสี่ยงเสนาะ

52-63

6. ผลิตภัณฑ์ลดความชื้นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้สารสกัดซิลิกาจากใบไผ่
(Environmentally Friendly Dehumidifying Product Using Silica Extracted from Bamboo Leaves)

เจ้าของผลงาน : ภัทริกา สูงสมบัติ, ศิริวรรณ พรหมเกตุจันทร์ และฐาปกรณ์ วงษ์ประยูร

7. การถ่ายทอดอัตลักษณ์จากธรรมชาติสู่เทียนต้นแบบด้วยแม่พิมพ์ยางซิลิโคนเพื่อลดต้นทุนการผลิตเครื่องประดับเชิงสร้างสรรค์ (The Transfer of Natural Identity to the Wax Model with Silicone Rubber Mold to Reduce the Cost of Creative Jewelry Production)

64-72

เจ้าของผลงาน : จินต์จิ สหรัตนพันธ์, ดวงกมล นาตุรัตน์ และประภาพรรณ ประเสริฐศรี

8. พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษา: จากรูปธรรมสู่นามธรรม (The Development of Mathematical Concepts of Undergraduate Student : From Embodiment to Formalism)

73-83

เจ้าของผลงาน : ณศรา สุทธิสังข์ และภาคิน อังศุณิศ

9. รายงานการศึกษการใช้บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (The Report of Using Integrated Lesson Kit of Plant Propagation for Occupational and Technology Learning Group (Agriculture) Grade 6)

84-93

เจ้าของผลงาน จงกล สิงห์คา

10. เว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส สายสุขุมวิท (Sukhumvit Line BTS Travel)

94-102

เจ้าของผลงาน : พีรณัฐ พุทธิลีลาศ, สักยา จ้อยมณี, ภาัสสร สิงห์ธรรม และนิภาพร ปัญญา

11. เว็บแอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ (Web Application for Thai Language Communication for Foreign Tourists)

103-110

เจ้าของผลงาน : อุไรวรรณ รักโคตร, สุรีย์รัตน์ ทองลี และนิภาพร ปัญญา

12. บรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส (Bagasse Packaging Antagonising Fungi with Tumeric Extract for Green Cos Lettuce Cultivation)

111-122

เจ้าของผลงาน : ภัทริกา สูงสมบัติ, ดวงฤทัย นิคมรัฐ, ปิยะพัทธ์ บัวบาน และสริญญา ลำจวน

13. การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก (Production of Thermal Insulation from Plastic Waste)	123-135
เจ้าของผลงาน : นีรชา น้อยยะ, ศุภามาศ หล้าหา และปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์	
ดัชนีเจ้าของผลงาน	136-137

การพัฒนาชุดควบคุมสถานะการปลูกพืชอัตโนมัติ Development of Indoor Growing System

สุจินต์ จิระชีวะนันท์^{1*} จิตตินันท์ ไชยชาติ² จิราภา โพธิปัญญา³ ชัยจติ โอสอ⁴ นพดล แจ่มดวง⁵
และบุญส่ง เหมวัฒน์⁶

Sujin Jirachewanant^{1*}, Jittinun Chaiyachat², Jirapa Potipunya³, Chaichuti Osot⁴,
Noppadol Chamduang⁵ and Boongsong Hemwat⁶

^{1,2,3,4,5,6}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*sujin.jir@mail.kmutt.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบและพัฒนาชุดควบคุมการปลูกพืชอัตโนมัติ ชุดควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกพืชในที่ร่ม ทำงานโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 60W จำนวน 6 แผ่น สร้างความเย็นให้กับระบบทำความเย็นและใช้ฮีตเตอร์สร้างความร้อน เพิ่มและลดความชื้นด้วยเครื่องทำหมอก ทำงานร่วมกับพัดลม ภายในมีหลอด LED สีแดงและน้ำเงินให้แสงแก่พืช สภาพแวดล้อมภายในควบคุมโดยใช้ Arduino board ทำงานร่วมกับตัวตรวจจับ มีระบบเก็บผลค่าอุณหภูมิ ความชื้น สามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านสมาร์ทโฟนโดยเชื่อมต่อผ่าน Blynk server ผลการศึกษา พบว่า 1) ภายในชุดควบคุมสภาพแวดล้อมด้านบนซึ่งติดกับชุดทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าด้านล่าง อุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 2-3°C โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายในมีค่าใกล้เคียงกัน 2) ภายในชุดควบคุมสภาพแวดล้อมมีการรักษาอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28 ถึง 30°C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 80 ถึง 90% อย่างสม่ำเสมอ 3) การทำงานของระบบชุดควบคุม ได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และหลอดไฟ LED เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด มีการแจ้งเตือนการทำงานผ่าน Line notify พบว่าเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทำการแจ้งเตือนทุกครั้ง 4) ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าประมาณ 4-5 หน่วยต่อวัน

คำสำคัญ: ระบบการปลูกพืชอัตโนมัติ, ระบบทำความเย็น, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ไมโครกรีน

Abstract

The purposes of this research were to design and build an environment control system for indoor growing unit, to study temperature and humidity distribution inside the unit and to control the conditions inside the unit using microcontroller. The unit had thermoelectric cooling (6 modules of 60W-Peltier) and heating systems. Ultrasonic humidifiers controlled the humidity in the unit. LED grow lights (red and blue) also used as a light source. A microcontroller, Arduino board worked with temperature and humidity sensors, controlled growing conditions inside the unit. The results showed that the growing unit operated successfully under operating conditions, temperature of 28-30°C and 80-90% of relative humidity. The inside temperature of the top part of the unit, which closed to the cooling system, was cooler than the bottom part around 2-3°C. The humidity was spread evenly over the unit. Notification via Line notify found that the temperature and relative humidity sensors were alerted every time A power consumption of the unit was found to be 4-5 kWh/day.

Keywords: Indoor growing system, Thermoelectric cooling system, Microcontroller, Microgreen

1. บทนำ

ผักไมโครกรีนเป็นผักที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตไว แต่ยังมีปัญหา คือ การปลูกผักไมโครกรีนแล้วเกิดเชื้อราเนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่สูงขึ้น สภาพแวดล้อมที่ต้องควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการงอกและเจริญเติบโตของผักไมโครกรีน คือ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และแสง เนื่องจากการปลูกผักประเภทนี้ผลผลิตในแต่ละฤดูกาลจะได้ปริมาณที่ไม่เท่ากัน หากเป็นฤดูร้อนอุณหภูมิจะสูงเกินไป ฤดูหนาวอุณหภูมิจะต่ำเกินไปและฤดูฝนความชื้นในอากาศจะมีมากเกินไป ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อปริมาณการงอกของเมล็ดและระยะเวลาในการเจริญเติบโต อีกทั้งยังทำให้เกิดเชื้อราหรือโรคต่าง ๆ ที่ทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หรือผลผลิตที่ได้ออกมาไม่มีคุณภาพ ไม่สามารถบริโภคได้ [4] ซึ่งผู้ที่ปลูกผักไมโครกรีนต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับทำแปลงดินเพาะปลูกหรือบางคนปลูกในกระถางเพาะเมล็ดอาจปลูกไว้ในตัวบ้านได้โดยไม่ต้องใช้พื้นที่มากนัก แต่ต้องเป็นผู้ที่มีเวลาในการดูแล นำออกไปรับแสงแดด แต่กรณีที่กำลังกล่าวมาคือการปลูกในแปลงดินนอกบ้านหรือปลูกในกระถางเพาะเมล็ดที่นำมาไว้ในตัวบ้าน ผู้ปลูกจะไม่สามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และแสงให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับผักไมโครกรีนได้ หากผู้ที่ต้องการปลูกไว้บริโภคเองในครัวเรือนเป็นผู้ที่อยู่อาศัยในห้องพักหรืออาคาร ที่มีพื้นที่จำกัด ไม่มีเวลาในการดูแลก็ไม่สามารถที่จะปลูกผักไมโครกรีนไว้บริโภคเองได้ หากมีการควบคุมปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมและสามารถ

ทำให้ปลูกผักไมโครกรีนได้ในพื้นที่จำกัด ไม่ต้องใช้เวลาดูแลมากนักก็สามารถเร่งการเจริญเติบโต ลดการเกิดเชื้อราหรือโรคต่าง ๆ ที่ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ทุกฤดูกาลและทำให้การปลูกผักไมโครกรีนเป็นเรื่องง่ายตายสำหรับทุกคน ถึงแม้จะมีพื้นที่น้อย ไม่มีเวลาดูแลก็สามารถปลูกได้

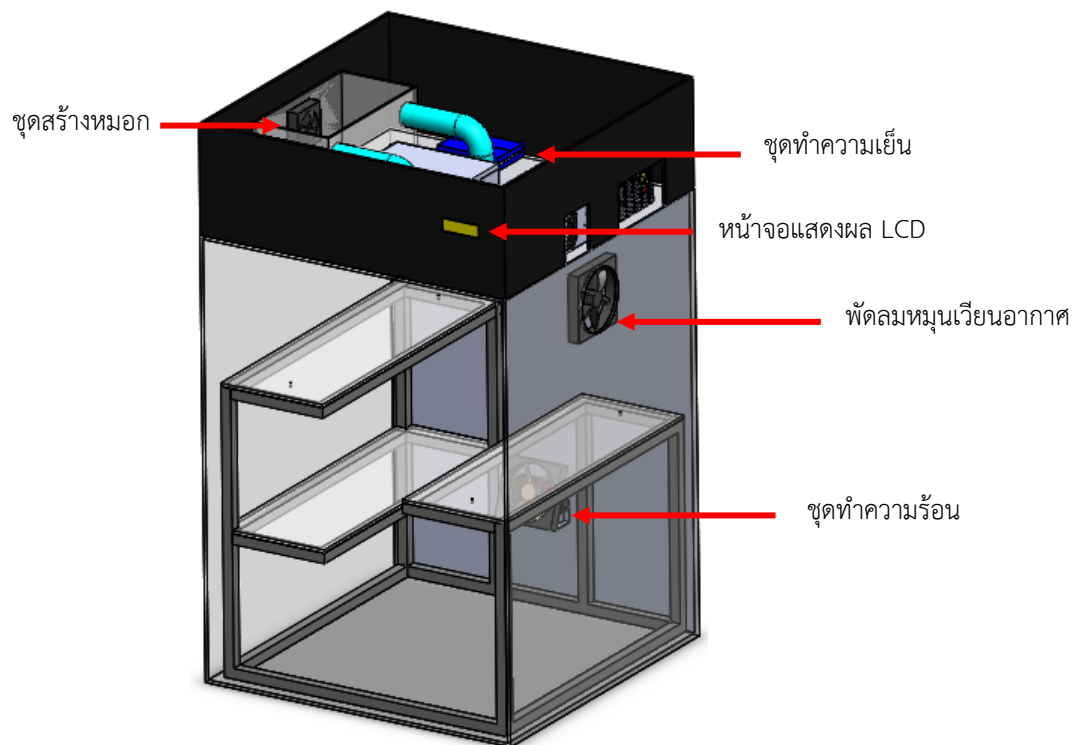
จากการศึกษาแนวทางการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสง พบว่าสามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เข้ามาควบคุมระบบได้ [1-4] โดยไมโครคอนโทรลเลอร์มีอยู่หลายตระกูล ไม่ว่าจะเป็นตระกูล Peripheral Interface Controller หรือที่เรียกว่า PIC เป็นตระกูลที่รวมทุกอย่างไว้ในตัวเดียวโดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดเพิ่มเติม แผ่นวงจรจะมีขนาดเล็กและอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มาก แต่ใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมซับซ้อนและมีข้อจำกัดในเรื่องหน่วยความจำที่ไม่สามารถเพิ่มหรือขยายได้ทำให้เหมาะกับงานขนาดเล็กมากกว่า ตระกูล Raspberry pi เป็นตระกูลที่มีความสามารถหลายอย่างเหมือนคอมพิวเตอร์ ราคาไม่แพงและสามารถหาอุปกรณ์เสริมได้ง่าย แต่มีความเร็วค่อนข้างต่ำแต่ไม่ช้ามาก ราคาคือเป็นระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งอาจจะใช้งานยากสำหรับผู้ที่ไม่คุ้นเคย และตระกูล Arduino เป็นตระกูลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น มีกลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาระบบที่แข็งแกร่ง ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน อีกทั้งยังหาอุปกรณ์เสริมได้ง่ายและราคาไม่แพง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหให้กับเกษตรกรและผู้เพาะปลูกรายย่อย เปลี่ยนจากการเพาะปลูกแบบเดิม ให้กลายเป็นการเพาะปลูกในชุดควบคุมการปลูกพืชอัตโนมัติอัจฉริยะ ผ่านแอปพลิเคชันโทรศัพท์บนมือถืออย่างสมาร์ทโฟนที่รองรับกับการใช้งานของฟาร์มอัจฉริยะนี้ด้วย ทำให้สามารถรับรู้ ความชื้น อุณหภูมิ คุณภาพอากาศและควบคุมการเปิด/ปิด ชุดทำความเย็น (Cooler) ในชุดควบคุมการปลูกพืชอัตโนมัติอัจฉริยะได้ เป็นการควบคุมและจัดการฟาร์มอัจฉริยะได้ทุกที่ทุกเวลาเพื่อความสะดวก รวดเร็ว ประหยัดเวลาในการดูแลพืช บริหารจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดค่าใช้จ่ายเพื่อเป็นการลดต้นทุนของเกษตรกรต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

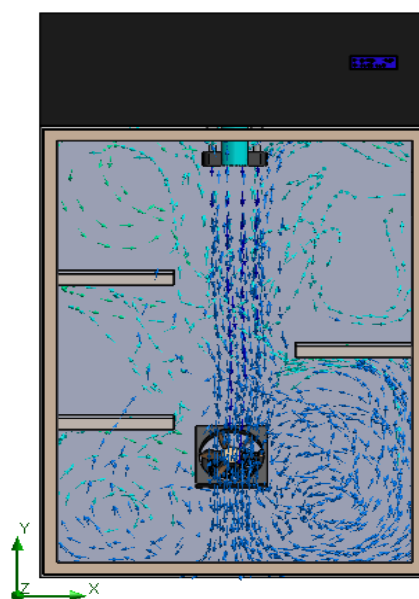
2.1 ชุดควบคุมสถานะการปลูกพืชอัตโนมัติ

ชุดควบคุมการปลูกพืชอัตโนมัติ ตัวตู้ทำจากวัสดุอะคริลิก ประตูเป็นอะคริลิกใสเพื่อความสะดวกในการสังเกตการเจริญเติบโตของพืช ช่วยลดการสูญเสียอุณหภูมิและความชื้นภายในเพราะไม่ต้องเปิดประตูดูการเจริญเติบโตบ่อยและเพื่อความสวยงาม การออกแบบต้องคำนึงถึงขนาดของตู้ที่จะต้องมีขนาดกะทัดรัด การจัดวางชั้นสำหรับปลูกพืชรวมถึงจำนวนชั้นที่เหมาะสมด้วย โดยตู้ที่ออกแบบมีขนาด กว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนบน (สีดำ) เป็นห้องเก็บชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ไฟฟ้า และระบบควบคุมชุดทำความเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR คือ Arduino เข้ามาควบคุมระบบ



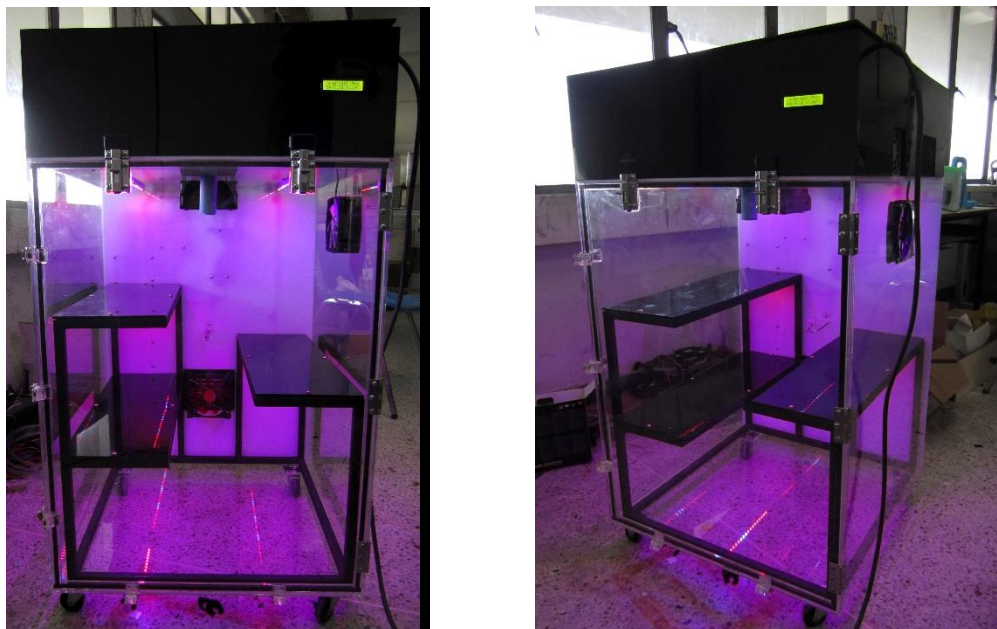
ภาพที่ 1 การออกแบบชุดควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกพืช

การจำลองการไหลของอากาศภายในตู้ที่มีการจัดวางชั้นสลับพื้นปลา จำนวน 3 ชั้น จะเห็นว่าอากาศส่วนใหญ่ที่ออกจากชุดทำความเย็นจะกระจายไปยังชั้นต่าง ๆ ได้ทั่วถึงดังแสดงในภาพที่ 2 จึงเป็นแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการสร้างชุดควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกพืชในที่ร่ม



ภาพที่ 2 การจำลองการไหลของอากาศภายในตู้ที่มีการจัดวางชั้นสลับพื้นปลา จำนวน 3 ชั้น

เมื่อทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วจึงสร้างชุดจริงขึ้นมาและติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 3 รวมถึงทดสอบการทำงานอีกครั้งพร้อมปรับปรุงแก้ไข



ภาพที่ 3 สร้างชุดควบคุมสถานะการปลูกพืชอัตโนมัติและทดสอบการทำงาน

2.2 หลักการทำงานของชุดควบคุมสถานะการปลูกพืชอัตโนมัติ

ชุดควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกพืชในที่ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

2.2.1 เงื่อนไขการควบคุมอุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิน้อยกว่า 22°C ชุดทำความร้อนจะทำงานเพื่อเพิ่มอุณหภูมิในตู้และเมื่ออุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 25°C ชุดทำความร้อนจะหยุดทำงาน หากอุณหภูมิมากกว่า 30°C ชุดทำความเย็นจะทำงานเพื่อลดอุณหภูมิและเมื่ออุณหภูมिन้อยกว่าหรือเท่ากับ 28°C ชุดทำความเย็นจะหยุดทำงาน

2.2.2 เงื่อนไขการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศน้อยกว่า 80% ชุดทำความชื้น (Ultrasonic mist maker) จะทำงานเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศ และเมื่อความชื้นในอากาศมากกว่าหรือเท่ากับ 85% ชุดทำความชื้นจะหยุดทำงาน หากความชื้นในอากาศมากกว่า 90% พัดลมระบายอากาศจะทำงานเพื่อลดความชื้นและเมื่อความชื้นในอากาศน้อยกว่าหรือเท่ากับ 85% พัดลมจะหยุดทำงาน

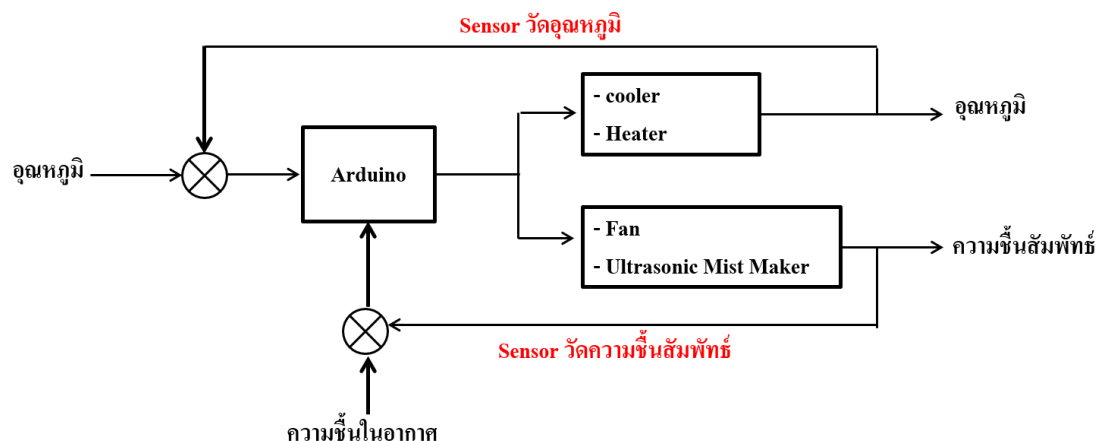
2.2.3 เงื่อนไขการควบคุมการให้แสง

เมื่อถึงเวลา 18:00 น. ของทุกวัน หลอดไฟ LED grow lights จะติดเพื่อให้แสงแก่พืช และเมื่อถึงเวลา 06:00 น. หลอดไฟ LED grow lights จะดับลงเพื่อหยุดการให้แสงแก่พืช

2.2.4 การทำงานของระบบควบคุม

การทำงานของระบบควบคุมจะมีทั้งส่วนที่เป็นแบบระบบปิด (Closed loop system) และระบบเปิด (Open loop system) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4 และ 5

2.2.4.1 ระบบปิด



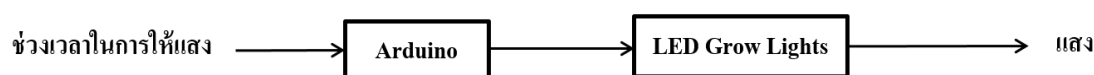
ภาพที่ 4 Block diagram แบบระบบปิด

จากภาพที่ 4 จะเห็นว่าระบบมี 2 Input และ 2 Output โดยที่

Input 1 คืออุณหภูมิ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ชุดทำความเย็นหรือชุดทำความร้อนทำงานเพื่อให้ได้ Output คืออุณหภูมิที่ต้องการอยู่ในช่วง 28-30°C โดยจะมีตัวตรวจจับ (Sensor) เพื่อวัดอุณหภูมิป้อนกลับว่าค่าอุณหภูมิได้ค่าตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่ได้ชุดทำความเย็น หรือชุดทำความร้อนจะทำงานให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ

Input 2 คือความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้พัดลมระบายอากาศ (Fan) หรือชุดสร้างความชื้นทำงานเพื่อให้ได้ Output คือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต้องการอยู่ในช่วง 80-90% โดยจะมีตัวตรวจจับวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศป้อนกลับว่าได้ค่าตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่ได้พัดลม หรือชุดสร้างความชื้นจะทำงานให้ได้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต้องการ

2.2.4.2 ระบบเปิด

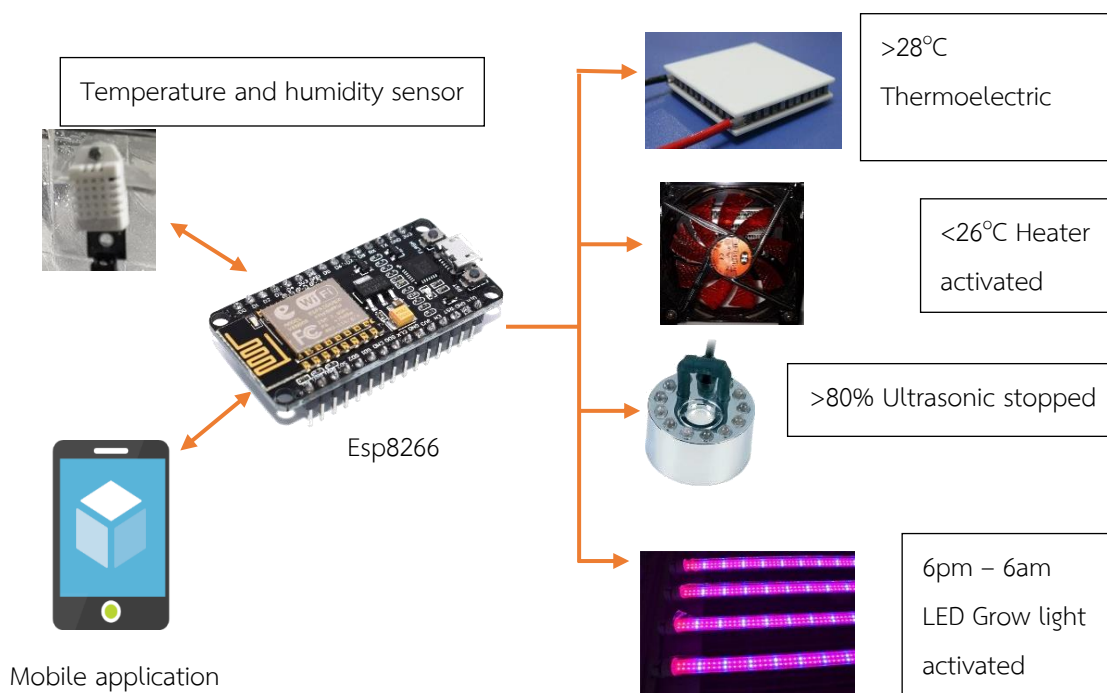


ภาพที่ 5 Block diagram แบบ Open loop system

จากภาพที่ 5 จะเห็นว่าระบบมี 1 Input 1 Output โดยที่

Input คือช่วงเวลาในการให้แสงโดยเมื่อถึงเวลา 18:00 น. ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้หลอดไฟ LED grow lights ทำงานเพื่อให้ได้ **Output** คือ แสงที่ให้แก่ต้นไม้ และเมื่อถึงเวลา 6:00 น. หลอดไฟ LED grow lights ก็จะดับลง

การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมสภาพแวดล้อมมีตัวสั่งการคือ ESP8266 NodeMCU ควบคุมอุปกรณ์วงจรและเงื่อนไขที่กำหนดไว้ทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงวงจรการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

การศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ จะใช้การเปรียบเทียบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในช่วงวันที่ทำการปิดและเปิด LED grow light ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ได้แก่ ชุดทำความเย็นและชุดทำความร้อน โดยชุดทำความเย็นจะทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในมากกว่า 28 °C และชุดทำความร้อนจะทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในน้อยกว่า 26°C ผลการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเป็น ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

วันที่	ปิด LED grow LIGHT			เปิด LED grow LIGHT		
	อุณหภูมิภายนอก เฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิภายใน เฉลี่ย (°C)	ชุดทำความ เย็น (นาทื)	อุณหภูมิ ภายนอกเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิภายใน เฉลี่ย (°C)	ชุดทำความ เย็น (นาทื)
1	28.73	28.13	227	28.90	28.49	731
2	28.78	28.4	213	29.42	28.66	960
3	29.02	28.47	436	29.56	28.70	1003
4	29.59	28.51	663	29.69	28.77	1043
5	29.33	28.45	533	29.63	28.71	1040

จากตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบวันที่อุณหภูมิภายนอกใกล้เคียงกันคือ 29.59 °C และ 29.56 °C จะพบว่าวันที่เปิด LED row Light อุณหภูมิภายในชุดควบคุมมีอุณหภูมิที่สูงกว่าการที่ปิด LED grow light เนื่องจากขณะที่เปิด LED grow light นั้นมีความร้อนเกิดขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิภายในชุดควบคุมมีค่าที่สูงกว่า ดังนั้นถ้าอุณหภูมิภายในชุดควบคุมสูงจะทำให้ชุดทำความเย็นใช้เวลาในการทำความเย็นนานจึงจะทำให้อุณหภูมิภายในชุดควบคุมได้อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ และอุณหภูมิภายนอกชุดควบคุมก็มีผลต่อการทำความเย็น ถ้าอุณหภูมิภายนอกชุดควบคุมสูงจะทำให้อุณหภูมิภายในชุดควบคุมสูงตามไปด้วย

3.2 ผลการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

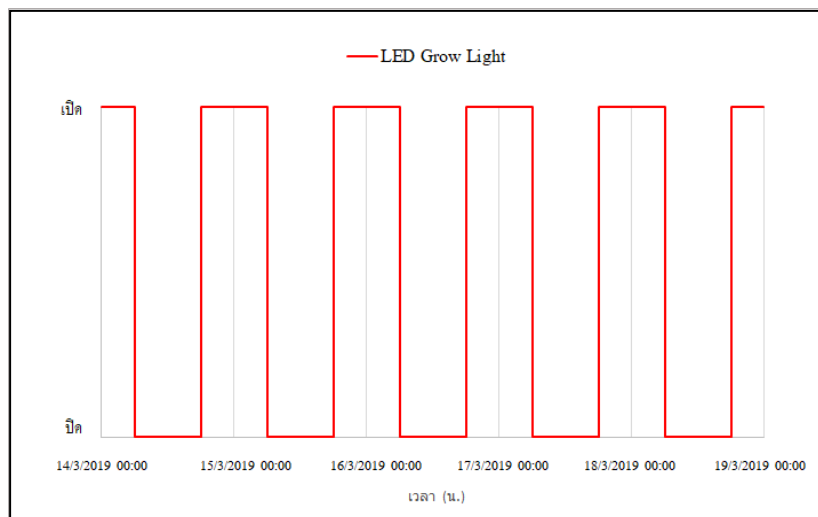
จากตารางที่ 2 การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความชื้นโดยเปิด LED grow light จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในชุดควบคุมมีความชื้นสัมพัทธ์ที่น้อยกว่าการที่ปิด LED grow light ประมาณ 2-4% ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกนั้นไม่ได้มีผลต่อความชื้นภายในแต่อย่างใด และความชื้นภายในชุดควบคุมมีค่ามากกว่า 80% จึงทำให้ชุดทำความชื้นไม่ได้ทำงาน

ตารางที่ 2 การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

วันที่	ปิด LED grow light			เปิด LED grow light		
	ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกเฉลี่ย (%)	ความชื้นสัมพัทธ์ ภายใน เฉลี่ย (%)	ชุดทำความชื้น (นาทื)	ความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอก เฉลี่ย (%)	ความชื้นสัมพัทธ์ ภายใน เฉลี่ย (%)	ชุดทำความชื้น (นาทื)
1	86.00	99.77	0	93.57	97.86	0
2	85.13	99.89	0	91.36	96.50	0
3	83.33	99.58	0	85.79	96.15	0
4	84.94	98.84	0	86.22	95.98	0
5	84.97	99.58	0	85.90	96.63	0

3.3 ผลการทำงานของ LED Grow Light

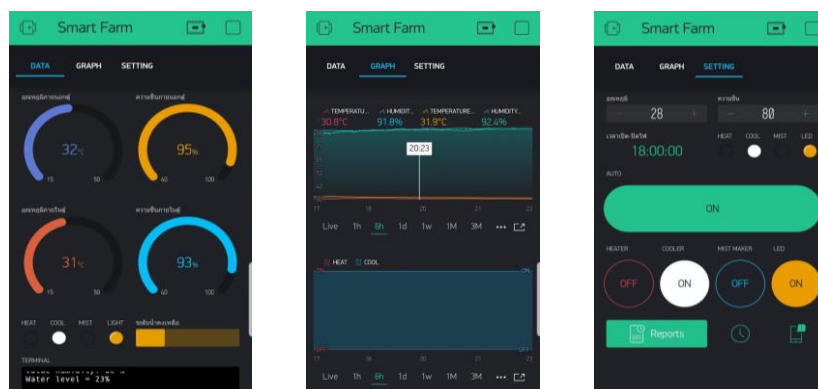
การทำงานของหลอดไฟ LED grow light เทียบกับช่วงเวลาที่กำหนดในการเปิด LED grow light จะพบว่า LED grow light จะเปิดทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 06.00 น. นอกเหนือจากนั้นจะปิดการทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ทุกครั้ง



ภาพที่ 7 ผลการทำงานของ LED grow light เทียบกับช่วงเวลาที่กำหนด

3.4 การแสดงผลการทำงานของระบบผ่านแอปพลิเคชัน

การศึกษาผลการศึกษากการแสดงผลการทำงานของระบบผ่านแอปพลิเคชัน โดยแอปพลิเคชันจะแบ่งออกเป็น 3 หน้าหลัก ได้แก่ หน้า 1 DATA คือหน้าแสดงผลแบบ Real time หน้า 2 GRAPH คือหน้าแสดงกราฟข้อมูลย้อนหลัง และหน้าที่ 3 SETTING เป็นหน้าตั้งค่าการควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 8



หน้าแสดงข้อมูล (Data) หน้าแสดงกราฟ (GRAPH) หน้าตั้งค่า (SETTING)

ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอแอปพลิเคชันในการแสดงผลและปรับตั้งค่า

4. สรุป

ชุดควบคุมสภาวะการปลูกพืชอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า 1) ภายในชุดควบคุมสภาพแวดล้อมด้านบนซึ่งติดกับชุดทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำกว่าด้านล่าง อุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 2-3°C โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ภายในมีค่าใกล้เคียงกัน 2) ภายในชุดควบคุมสภาพแวดล้อมมีการรักษาอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28 ถึง 30°C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 80 ถึง 90% อย่างสม่ำเสมอ 3) การทำงานของระบบชุดควบคุม ได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และหลอดไฟ LED 4) ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าประมาณ 4-5 หน่วยต่อวัน ในส่วนของการแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านสมาร์ทโฟนโดยเชื่อมต่อผ่าน Blynk server มีการแจ้งเตือนการทำงานผ่าน Line notify พบว่าเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทำการแจ้งเตือนทุกครั้ง

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] อีระชัย หล้าเนียม. การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2559.
- [2] ศศิมาภรณ์ มงคลพิทักษ์. ระบบอัตโนมัติและตรวจสอบการทำงานสำหรับเกษตรอัจฉริยะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. 2559.
- [3] สมนึก ฉิมเรือง และตันติกร จันโท. การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพื่อการปลูกผักสวนครัว. โครงการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน. 2559.
- [4] ศิวกร จินดารัตน์. ระบบจัดการฟาร์มไก่อัจฉริยะด้วยระบบรีไฟและอาอูยโน้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมพระนครเหนือ. 2557.
- [5] กิตติพงษ์ เนียมนก, นพดล ทองกลัด และมนตรี วิเชียรสาร. การออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สำหรับตู้เพาะเห็ดฟาง. โครงการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก. 2552.

ชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI

A Demonstrative Set of Programmed Fuel Injection System

บุญส่ง เหมวัฒน์^{1*} ชลธาร สายสาอด² และ ณัฐพล กลั่นมีผล³

Boongsong Hemwat^{1*} Chonlatarn Saisa-ard² and Natthapon Klanmeepol³

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*boongsong.hem@kmutt.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจากชุดสาธิต และหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีซึ่งไม่เคยได้เรียนเรื่องนี้มาก่อนจำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย แบบแผนการทดลองเป็นแบบกลุ่มเดียว-วัดผลก่อนและหลังทดลอง (One group pretest-posttest design) และกลุ่มตัวอย่างเรียนรู้โดยการใช้ชุดสาธิตเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยชุดสาธิต แบบประเมินคุณภาพชุดสาธิตโดยผู้เชี่ยวชาญ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า ชุดสาธิตมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีที่ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.10 และกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความพึงพอใจต่อชุดสาธิตอยู่ในระดับดีมากโดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.45 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI สามารถนำไปเป็นสื่อประกอบการสอนในบริบทอาชีวศึกษาได้

คำสำคัญ: ชุดสาธิต, ระบบหัวฉีด, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The objectives of this study were to create a PGM-FI injection system demonstrative kit, to find out the academic achievement of the learners using this kit, and to find out the learners' satisfaction towards the academic quality of the kit. The study used a sample of 30 first-year students of Mechanical Technology Education programme, Faculty of Industrial

Education, King Mongkut's University of Technology Thonburi who never had learning experience of PGM-FI injection system before. The tools used in the study included the demonstrative kit, the kit's quality evaluation based on the perspectives of experienced teachers, the pretest and posttest of academic contents, and a set of questionnaire towards the academic quality of the kit by the sample group. The one group pretest-posttest was to use to conduct the experiment within 4-hours. The results of the analysis showed that the kit's quality was in good rank (4.10). There was significant finding at the statistical level of 0.05 of academic achievement. Also, the sample's satisfaction was averaged in a very good rank of 4.36. The results indicated that the kit could be used as a teaching aid in the vocational study context.

Keywords: Demonstrative kit, Fuel injection system, Academic achievement

1. บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยเรามีประชากรที่ใช้รถจักรยานยนต์จำนวนมาก ทำให้รถจักรยานยนต์มีการพัฒนาระบบการส่งจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ระบบการสันดาปภายในที่ทำการเปลี่ยนพลังงานความร้อนมาเป็นพลังงานกล การควบคุมมลพิษจากไอเสีย ระบบส่งกำลัง ระบบห้ามล้อรวมทั้งสมรรถนะของยานยนต์ที่ซับซ้อนต้องปลอดภัยมีสมรรถนะที่ดีขึ้น มีการนำเอาอุปกรณ์ชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับอุปกรณ์ชิ้นส่วนทางกลไก ชิ้นส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์จะแสดงผลออกมาในรูปแบบระบบดิจิทัลที่มีผลรวดเร็วเที่ยงตรงส่วนที่สำคัญของระบบอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถบันทึกข้อมูลการใช้งานและนำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลใหม่เทียบกับข้อมูลเดิมที่ได้บันทึกไว้ ทำให้ระบบการซ่อมบำรุงรักษาได้สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งทันต่อเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่

ระบบหัวฉีด PGM - FI ย่อมาจากคำว่า Programmed fuel injection คือ การใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ มีการรับข้อมูลจากความเร็วรอบ อุณหภูมิ ความดันไอเสีย ระยะเวลา ส่วนผสมของไอเสียที่เกิดจากการสันดาป และทำการส่งข้อมูลไปยังหัวฉีด (Injector) ชุดควบคุมการสันดาป เพื่อให้การทำงานของเครื่องยนต์ได้มีประสิทธิภาพและลดมลพิษทางอากาศ [1-3]

ปัญหาสภาพการจัดการศึกษามีผลมาจากปัจจัยที่บ่งชี้คุณภาพการจัดการศึกษา จำเป็นต้องมีการพัฒนาและการใช้สื่อเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา การพัฒนากระบวนการเรียนรู้และการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา โดยเฉพาะด้านการจัดหาสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา การพัฒนาสื่อและนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน การจัดให้มีศูนย์สื่อหรือศูนย์วิชาการของสถานศึกษา โดยเฉพาะการใช้สื่อและนวัตกรรมการสอน และวิธีสอนหลาย ๆ วิธีจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้

ด้วยตนเอง ตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ [2-6] ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามความสามารถของแต่ละบุคคล สามารถใช้เรียนได้ทั้งแบบกลุ่มและรายบุคคล

เพื่อเพิ่มคุณภาพการศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทางคณะผู้จัดทำจึงได้สร้างชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ขึ้นมาด้วยการออกแบบจำลองให้มีการนำเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา มาเป็นสื่อการเรียนการสอน โดยมีความสำคัญอย่างยิ่งในที่จะทำให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุด เพราะสื่อการเรียนการสอนเป็นส่วนสำคัญในการจัดสภาพแวดล้อมซึ่งก่อให้เกิดบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้และยังเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้และยังเป็นแหล่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาหาความรู้โดยที่ผู้สอนนั้นต้องนำเอาสภาพปัญหาและความต้องการเหล่านั้นมาพัฒนาด้านนวัตกรรม

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

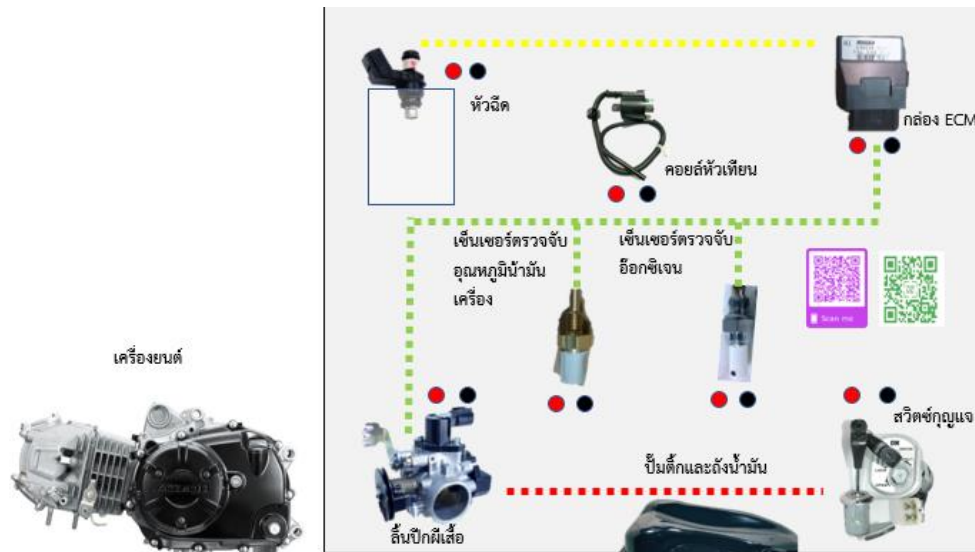
2.1 ชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI

ชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ออกแบบโดยนำส่วนจริงของระบบหัวฉีด PGM-FI มาจำลองติดตั้งบนชุดสาธิตเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและดึงดูดผู้เรียน ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1) ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง 2) ลิ้นปีกผีเสื้อ 3) เครื่องยนต์ 4) เซ็นเซอร์ตรวจจับออกซิเจน 5) เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ น้ำมันเครื่อง 6) กล่อง ECM 7) คอยล์จุดระเบิด และ 8) หัวฉีด



ภาพที่ 1 ชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI

โดยชุดสาธิตมีจุดเด่น คือ สามารถปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ด้วยการปรับรอบของมอเตอร์ สามารถกำหนดค่าของตัวแปรต้น คือ ความดัน อุณหภูมิ และรอบ เพื่อใช้ในการตรวจวัดค่าตัวแปรตาม คือ ปริมาณการจ่ายของเชื้อเพลิง และผู้เรียนยังสามารถเรียนรู้เนื้อหาของสื่อผ่านระบบไอทีได้โดยมีควอาร์โค้ด



ภาพที่ 2 วงจรการทำงานของชุดสาธิต

จากภาพที่ 2 แสดงหลักการทำงานของชุดสาธิต เมื่อเปิดสวิตช์กุญแจ กระแสไฟฟ้า 12 V จะเข้าสู่ระบบชุดสาธิตจะทำให้ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงทำงานเป็นเวลา 2 วินาที จากนั้นสัญญาณจะส่งต่อไปยังลิ้นปีกผีเสื้อและเครื่องยนต์ เมื่อสัญญาณที่เครื่องยนต์พร้อมแล้วจะทำการส่งสัญญาณต่อไปยังเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ น้ำมันเครื่องและเซ็นเซอร์ตรวจจับออกซิเจน จากนั้นสัญญาณจะส่งไปที่กล่อง ECM ทั้งหมดเมื่อกล่องรับรู้แล้วว่าอุปกรณ์ทุกอย่างพร้อมแล้ว เราทำการเปิดเครื่องยนต์กล่องก็จะส่งสัญญาณให้หัวฉีดทำงานต่อไป

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 ชุดสื่อการสอนระบบหัวฉีด PGM-FI ประกอบไปด้วยชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ที่ใช้เครื่องยนต์ HONDA WAVE 110i

2.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.2.3 แบบประเมินความพึงพอใจของชุดสาธิตหัวฉีด PGM-FI โดยใช้ระดับในการประเมิน 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ น้อย ปรับปรุง

2.3 วิธีการศึกษา

2.3.1 สร้างแบบทดสอบเพื่อเป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

2.3.2 หาคุณภาพของข้อสอบจากผู้เชี่ยวชาญและวิเคราะห์ความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อสอบจากกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง

2.3.3 สร้างชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องยนต์มอเตอร์ไซค์ wave 110 i หัวฉีด และ คิวอาร์โค้ดสำหรับช่วยสอน

2.3.4 สร้างแบบประเมินเพื่อวัดคุณภาพของชุดสาธิตที่สร้างขึ้น โดยใช้ระดับในการประเมิน 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ น้อย ปรับปรุง

2.3.5 นำชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านสื่อการเรียนการสอน ประเมิน

2.3.6 นำชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์ เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 30 คน ดังแสดงในภาพที่ 3

2.3.7 หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน แล้วนำผลที่ได้ไปทดสอบกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

2.3.8 หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI



ภาพที่ 3 การทดลองใช้ชุดสาธิตประกอบการสอน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการประเมินคุณภาพของชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในด้าน รูปลักษณะและการออกแบบ ความสวยงามเหมาะสม ความสะดวกสบาย และความปลอดภัยในการใช้งาน พบว่า คะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.22 อยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านการใช้ประกอบการเรียนการสอน พบว่าคะแนน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.38 อยู่ในช่วง 3.50-4.49 อยู่ในเกณฑ์ดี และในด้านการเก็บและบำรุงรักษา พบว่าคะแนน เฉลี่ยเท่ากับ 4 อยู่ในช่วง 3.50-4.49 อยู่ในเกณฑ์ดี โดยภาพรวมสามารถสรุปได้ว่าเป็นสื่อการสอนได้ดี

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบจากการวิเคราะห์ข้อสอบทั้งหมด 38 ข้อ ได้ทำการเลือกข้อสอบที่จะใช้ จริง โดยพิจารณาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงคือ 0.8 – 0.2 จำนวน 30 ข้อ ได้นำมาใช้เป็นแบบทดสอบในชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของสื่อจากการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพของชุดสาธิต ระบบหัวฉีด PGM-FI ในด้านรูปลักษณะและการออกแบบกล่าวถึงตัวโครงงานทั้งหมด อย่างเช่นลักษณะ และ รูปร่าง มีความสวยงามเหมาะสมหรือไม่ ตลอดจนความสะดวกสบาย และความปลอดภัยในการใช้งานพบว่า คะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.22 อยู่ในช่วง 3.50-4.49 ซึ่งสรุปได้ว่าเป็นสื่อการสอนได้ดีในด้านการใช้ ประกอบการเรียนการสอน พบว่าคะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.38 อยู่ในช่วง 3.50-4.49 ซึ่งสรุปได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ ดี และในด้านการเก็บและบำรุงรักษา พบว่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4 อยู่ในช่วง 3.50-4.49 อยู่ในเกณฑ์ ดี

ผลการประเมินความคิดเห็นและความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง จากการนำเอาชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล ชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 30 คน โดยสุ่มอย่างง่าย ผลการประเมินความคิดเห็นและความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างคะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.49 อยู่ในช่วง 3.50 – 4.45 ซึ่งสรุปได้ว่า ความคิดเห็นของผู้เข้าเรียนอยู่ในเกณฑ์ ดี

การวิเคราะห์การทดสอบผลต่างผลสัมฤทธิ์ จากการที่นำชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล ชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 30 คนโดยสุ่มอย่างง่ายผลการวิเคราะห์พบว่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 12.33 คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 25.87 ระดับชั้นความเป็นอิสระที่ 29 ได้ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า 0.05 มีค่าเท่ากับ 1.6991 เมื่อพิจารณาระดับนัยสำคัญจะเห็นได้ว่าค่า t ที่คำนวณได้ สูงกว่าค่าวิกฤตของ t ในตาราง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าระดับ 0.05 ($14.76 > 1.6991$)

4. บทสรุป

จากการทดสอบชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI โดยใช้เครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์ HONDA WAVE 110i ได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการทดลองจากการสร้างสภาวะจำลองของการรับข้อมูลเพื่อแสดงผลต่อสภาวะการทำงานของระบบหัวฉีด พบว่าสามารถทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้มากยิ่งขึ้น ขั้นที่สองทำการสร้างสภาวะจำลองตรวจวัดค่าอุปกรณ์ที่มีชุดอิเล็กทรอนิกส์บันทึกข้อมูลในการรับข้อมูลและส่งข้อมูลได้ตามความต้องการของผู้ใช้สื่อการสอนชุดนี้ในการเรียนรู้ การใช้ประกอบการสอน ทำให้ผู้สนใจได้เรียนรู้เทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น อยู่ในเกณฑ์ ดี ดังนั้นการจัดทำชุดสาธิตระบบหัวฉีด PGM-FI บรรลุวัตถุประสงค์และสามารถนำไปเป็นสื่อประกอบการสอนในบริบทอาชีวศึกษาได้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชม ภูมิภาค. (2558). หัวฉีด PGM-FI ของ Honda. สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2562. จาก <http://bigbike.boxzaracing.com/knowledge/7229>.
- [2] สุรัชย์ ลิกขาบัณฑิต. (2558). สื่อประกอบการเรียนการสอน ระบบฉีดเชื้อเพลิง PGMFI แบบ D-JETRONIC. สืบค้นเมื่อ 12 เมษายน 2562. จาก <http://www.payaptechno.ac.th/app/images/payap/qa/innovation/student/Project%20นักศึกษา/project%20นักศึกษาช่างยนต์55/ปวส55/สื่อประกอบการเรียนการสอน%20ระบบฉีดเชื้อเพลิง%20PGM-FI%20แบบ%20D-Jetronic.pdf>.

-
- [3] ศักดา แซ่เผ่า และ เอกพันธ์ เกษตรบรรพต. ชุดสาธิตระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง PGM-FI แบบ D-JETRONIC. สาขาเทคนิคยานยนต์ คณะช่างอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีพายัพและบริหารธุรกิจ. 2558.
- [4] เดชชาติ เชิดชัย และ อุทัย สุขสิงห์. พัฒนาระบบการฉีดเชื้อเพลิงรถจักรยานยนต์เพื่อใช้โปรแกรมประหยัดน้ำมัน. วารสารวิจัย มข. 13(2013)58-72.
- [5] คณาพจน์ มาเทพ และผดุงศักดิ์ พงษ์คาแดง. การพัฒนาระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E85 เป็นเชื้อเพลิง. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 2556.
- [6] ธวัชชัย คำหลิน และ ฤทธิพันธ์ เป้าบุญ. ชุดสาธิตระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์. สาขาเทคนิคยานยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 2557.

การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ของไหลอนุภาคนาโนทองคำเป็นสารทำงาน

Thermal Performance of Thermosyphon Heat Pipe Filled with Gold-nanofluid

สุจินต์ จิระชีวะนันท์^{*1}, ศิระดา เชื้ออินทร์², ธวัชชัย เลิศพันธ์³, บุญส่ง เหมวัฒน์⁴ และดาครอง พิศสุวรรณ⁵

Sujin Jirachewanant^{*1}, Sirada Chua-In², Thawatchai Lertpan³, Boongsong Hemwat⁴

and Dakrong Pissuwan⁵

^{1,2,3,4,5}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

⁵ห้องปฏิบัติการ Nanobiotechnology & Nanobiomaterial Research (N-BMR)

กลุ่มสาขาวิชาวัสดุศาสตร์และนวัตกรรมวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

^{*}sujin.jir@mail.kmutt.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงานแตกต่างกัน ประกอบด้วยน้ำประปา น้ำปราศจากไอออน และของไหลอนุภาคนาโนทองคำ โดยผสมน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) กับอนุภาคทองคำนาโนรูปทรงกลมที่มีความเข้มข้น 0.001% w/v ท่อความร้อนทำมาจากท่อทองแดงกลวง ขนาด 5/8 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร โดยเติมสารทำงานปริมาตร 20 cm³ ในการทดลองเป็นการให้ความร้อนบริเวณส่วนการระเหยด้วยหลอดความร้อน ศึกษาการให้ความร้อนตั้งแต่ 20 W – 60 W พบว่า ท่อความร้อนที่ใช้ของไหลอนุภาคนาโนทองคำมีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่ดี โดยค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยจะลดลงเมื่อภาระทางความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 50-60 W และท่อความร้อนที่ใช้ของไหลอนุภาคนาโนทองคำมีค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสารทำงานชนิดอื่น

คำสำคัญ: ของไหลอนุภาคนาโนทองคำ, ความต้านทานความร้อน, ท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน

Abstract

The purpose of this research is to compare the thermal performance of thermosyphon heat pipe filled by different working fluids; tap water, deionized water and gold-nanofluid (deionized water with 0.001% w/v gold nanoparticles). The heat pipe was made of the 5/8-inch, 50 cm copper tube. The working fluid inside the heat pipe was filled at a volume of 20 cm³. In this experiment, the evaporation section of heat pipe was heated up to 20 W – 60 W using a heating wire. The results showed that the heat pipe with gold-nanofluid provides the shortest starting point of heat transfer process. The average thermal resistance decreased when the heat load decreased. The heat pipe with gold-nanofluid also provided the lowest average thermal resistance, especially at 50 - 60 W.

Keywords: Gold-nanofluid, Thermal resistance, Thermosyphon heat pipe

1. บทนำ

เครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือกระทั่งเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือน ล้วนมีความร้อนสะสมในตัว เช่น มอเตอร์ที่ถูกใช้งานเป็นเวลานานจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เครื่องคอมพิวเตอร์เมื่อใช้งานเป็นเวลานานจะทำให้เครื่องร้อนขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศก็พบว่าบริเวณคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิสูง และเมื่อมีการใช้งานอย่างหนักจะทำให้เครื่องดังกล่าวระบายความร้อนไม่ทัน [1] จนอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดน้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวความคิดการช่วยระบายความร้อนให้แก่เครื่องจักรกลและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านี้ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ โดยการระบายความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีตามลักษณะเครื่องจักรหรือเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น ๆ เช่น การใช้อากาศเป็นตัวกลางพาความร้อนด้วยการใช้พัดลมเป่า [2] การใช้ท่อความร้อนระบายความร้อนในเครื่องคอมพิวเตอร์ [3] หรือกระทั่งคอนเดนเซอร์ที่อาจระบายความร้อนได้ไม่เพียงพอจึงมีการนำท่อความร้อนหรือฮีทไปป์มาเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วย

ท่อความร้อนเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ไม่มีชิ้นส่วนกลไก และทำงานโดยมีการบำรุงรักษาน้อย อีกทั้งไม่ต้องเสียค่าไฟฟ้า ท่อความร้อนถูกออกแบบและสร้างในหลายรูปแบบตามลักษณะการใช้งาน เช่น การใช้งานท่อความร้อนในคอมพิวเตอร์ [4] การใช้งานท่อความร้อนในระบบปรับอากาศ [4] ท่อความร้อนส่วนใหญ่ทำมาจากทองแดงเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงแต่ราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามแม้ว่าท่อความร้อนจะเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงแต่ก็มีข้อจำกัดหลายประการ [5] จึงมีการศึกษาพัฒนาท่อความร้อนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งสารทำงานเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน โดยทั่วไปการผลิตท่อความร้อนมักใช้น้ำเป็นสารทำงานภายในท่อเนื่องจากมีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูง การใช้สารทำความเย็นเป็นสารทำงานด้วยเนื่องจาก

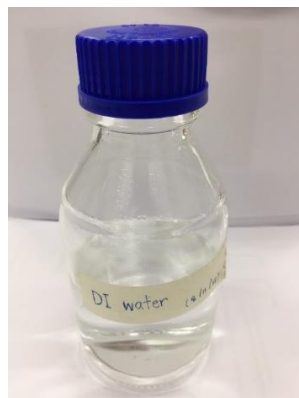
มีจุดเดือดที่ค่อนข้างต่ำและส่งผลให้ท่อความร้อนทำงานได้เร็วขึ้น อีกทั้งยังมีการใช้น้ำปราศจากไอออนอีกด้วย นอกจากนี้สารดังกล่าวยังมีการนำสารอนุภาคนาโน (Nanoparticles) ที่ใช้กับงานทางด้านอุตสาหกรรม [6] จำพวกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ได้แก่ การบรรจุน้ำกับผงทองแดงอนุภาคนาโนในท่อความร้อน [7] การบรรจุสารทำความเย็นผสมกับผงไทเทเนียมอนุภาคนาโน [5] รวมไปถึงผงทองที่มีอนุภาคนาโน เพื่อเพิ่มค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารทำงานภายในด้วยการนำมาผสมกับน้ำที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของท่อความร้อนในแนวตั้งทำมุม 90 องศา โดยมีวัสดุเป็นท่อทองแดงกลวง ภายในท่อความร้อนได้ทดลองเปลี่ยนสารทำงานเป็น 3 ชนิด คือ น้ำประปา น้ำปราศจากไอออน และน้ำปราศจากไอออนผสมกับผงทองอนุภาคนาโน (Gold nanoparticles) เพื่อทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนเมื่อใช้สารแต่ละชนิด

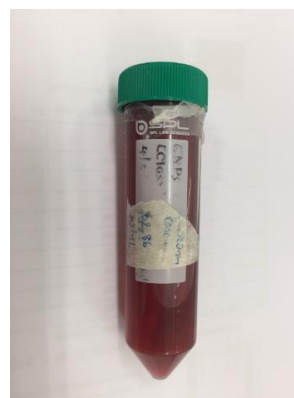
2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขอบเขตการวิจัย

การทดลองนี้ได้ศึกษาทดลองสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน ทำมาจากท่อทองแดงกลวง ขนาด 5/8 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 1 ท่อ ซึ่งสารทำงานที่ใช้ในการทดสอบมี 3 ชนิด ได้แก่ น้ำประปา น้ำปราศจากไอออน และน้ำปราศจากไอออนผสมกับของไหลอนุภาคนาโนทองคำ (Au) ที่ความเข้มข้น 0.001 %w/v โดยปริมาตรของสารทำงานที่เติมภายในท่อความร้อน คือ ปริมาตรที่ 20 % เท่ากับ 19.79 cm^3 (ประมาณ 20 cm^3) ที่สภาวะการให้ความร้อนในส่วนการระเหยอยู่ระหว่าง 20 W – 60 W

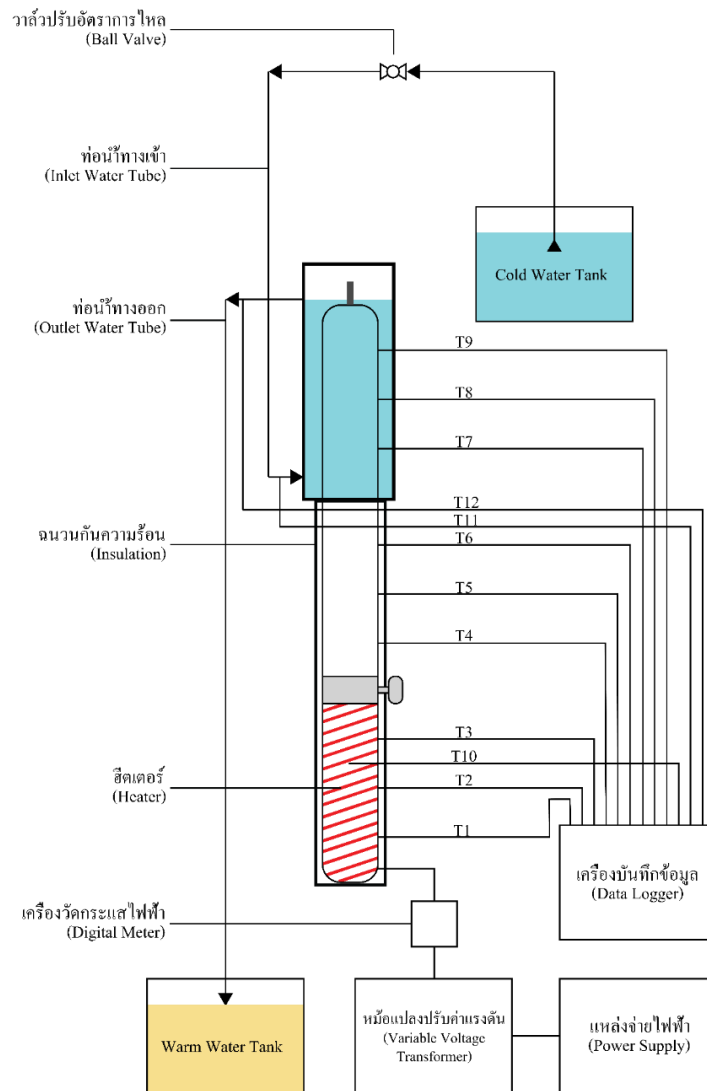


(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 สารทำงานที่ใช้ในการทดสอบ (ก) น้ำปราศจากไอออน (ข) ผงทองอนุภาคนาโน



ภาพที่ 2 วงจรการทำงานของชุดทดสอบท่อความร้อน และตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลของท่อความร้อน

จากภาพที่ 2 แสดงวงจรการทำงานของชุดทดสอบท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน ซึ่งประกอบด้วย ความต้านทานความร้อนของท่อความร้อน คณะผู้ศึกษาได้เก็บผลอุณหภูมิเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าดังกล่าว ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ควบคู่กับสายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดที (Thermocouple type T) โดย ติดสายเทอร์โมคัปเปิ้ลทั้งหมด 12 จุด คือ บริเวณผิวท่อความร้อนทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนระเหย (Evaporator section) ส่วนอะเดียแบติก (Adiabatic section) และส่วนควบแน่น (Condenser section) ติดส่วนละ 3 จุด ท่อน้ำทางเข้าระบบและทางออกจากระบบ จำนวน 2 จุด และบริเวณฮีตเตอร์ชนิดสาย 1 จุด

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

- เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) จำนวน 1 เครื่อง สำหรับใช้ในการบันทึกอุณหภูมิ
- หม้อแปลงปรับค่าแรงดัน (Variable voltage transformer) ขนาด 3000 VA จำนวน 1 เครื่อง
- เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (PZEM-021 AC Digital volt amp watt meter) จำนวน 1 เครื่อง

- บอลวาล์ว (Ball valve) ขนาด 1/4 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
- สายยาง (Rubber band) จำนวน 2 เส้น
- ท่อพีวีซี (PVC pipe) สำหรับกันความร้อนในส่วนการระเหย-ส่วนอะเดียแบติก ขนาด 1 1/4 นิ้ว
- ฮีตเตอร์สายไฟ (Cable heater) ขนาด 60 W จำนวน 1 เส้น
- สายเทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิด ที (Thermocouple cable type T) จำนวน 12 สาย

2.3 วิธีการศึกษา

2.3.1 ออกแบบและสร้างท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน

2.3.2 ทดสอบและเปรียบเทียบการทำงานระหว่างท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนและท่อทองแดงธรรมดาที่บรรจุน้ำภายใน

2.3.3 ปรับปรุงและแก้ไขท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน

2.3.4 สร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน

2.3.5 ติดตั้งเครื่องมือวัด และชุดทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อน

2.3.6 ทดสอบการทำงานของชุดทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

วิธีการทดลอง ป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ฮีตเตอร์ ให้ความร้อนเริ่มต้นที่ 20 W ในช่วงการระเหยของท่อความร้อน บันทึกอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ นำค่าอุณหภูมิที่ผิวท่อความร้อน ณ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังภาพที่ 2 มาคำนวณค่าความต้านทานความร้อน จากนั้นทำการเพิ่มสภาวะการให้ความร้อนเป็น 30 W, 40 W, 50 W และ 60 W ตามลำดับ โดยค่าความต้านทานของท่อความร้อนสามารถหาได้จากสมการที่ (1)

$$R = \frac{T_{e,av} - T_{c,ev}}{Q_{in}} \quad (1)$$

เมื่อ	R	=	ความต้านทานความร้อน (°C/W)
	$T_{e,av}$	=	อุณหภูมิของผิวท่อเฉลี่ยส่วนระเหย (°C)
	$T_{c,av}$	=	อุณหภูมิของผิวท่อเฉลี่ยส่วนควบแน่น (°C)

2.3.7 ปรับปรุงและแก้ไขชุดทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

2.3.8 ทดลองชุดทดสอบเพื่อนำตัวแปรต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

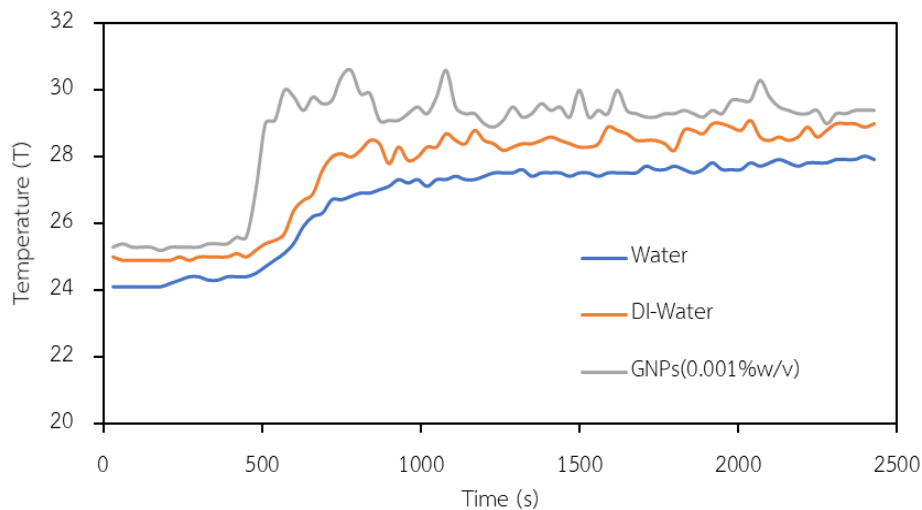
2.3.9 วิเคราะห์ผลความต้านทานความร้อนการทดลองพร้อมแก้ไขปรับปรุง

2.3.10 สรุปผลและอภิปรายการทดลอง พร้อมรายงานผล

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

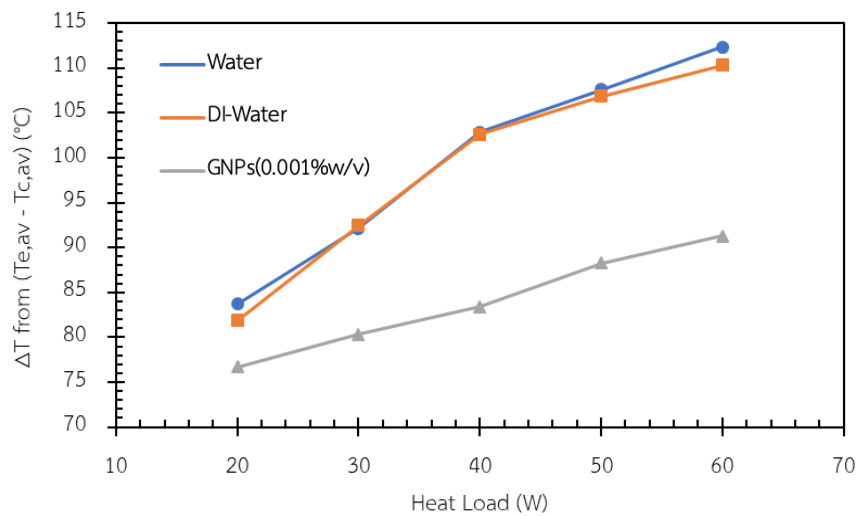
ผลการทดลองจากการวัดค่าอุณหภูมิที่ทางออกของน้ำที่รับความร้อนที่ส่วนการควบแน่น (T_{out}) ท่อความร้อน เมื่อสภาวะการให้พลังงานความร้อนเป็น 50 W ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่าสารทำงานที่ถ่ายเทความ

ร้อนได้ดีที่สุดคือ ของไหลอนุภาคนาโนทองคำ น้ำปราศจากไอออน และน้ำประปา ตามลำดับดังจะเห็นได้จาก
ต่อความร้อนที่บรรจุด้วยของไหลอนุภาคนาโนทองคำเริ่มต้นการถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่าสารทำงานชนิดอื่น
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเพิ่มขึ้นของน้ำที่ส่วนการควบแน่นพบว่าสารทำงานของไหลอนุภาคนาโนทองคำเพิ่ม
อุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยได้มากที่สุด 4.1°C สารทำงานน้ำปราศจากไอออนเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย 3.7°C และ
สารทำงานน้ำปราศจากไอออนเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยได้น้อยที่สุด 3.4°C



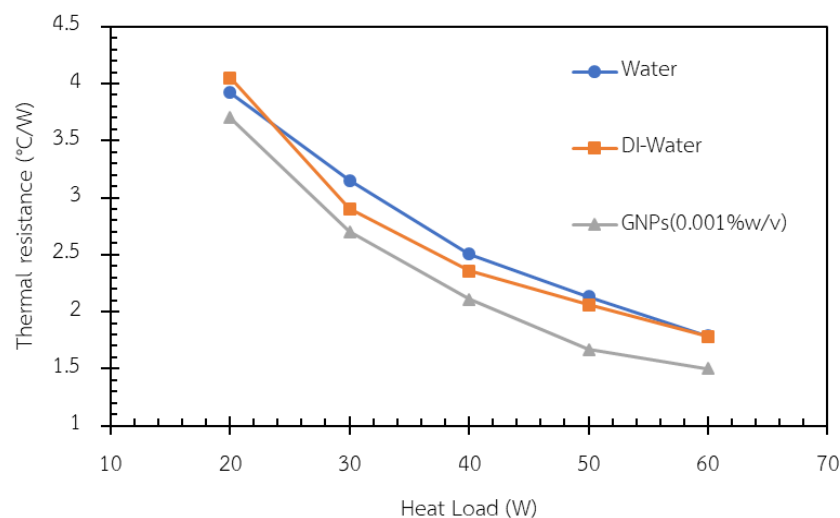
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิอุณหภูมิที่ทางออกส่วนการควบแน่นและเวลา

เมื่อพิจารณาผลต่างของอุณหภูมิผิวตามแนวแกนต่อความร้อนที่ส่วนการระเหยและส่วนการควบแน่น
($T_{e,av} - T_{c,av}$) พบว่าต่อความร้อนที่ใช้ของไหลอนุภาคนาโนทองคำเป็นสารทำงานมีค่าผลต่างอุณหภูมิต่ำกว่าต่อ
ความร้อนที่ใช้น้ำและน้ำปราศจากไอออนเป็นสารทำงานที่การให้สภาวะการให้ความร้อนเดียวกัน ซึ่งแสดงว่า
ของไหลอนุภาคนาโนทองคำช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของต่อความร้อนเมื่อเทียบกับสาร
ทำงานชนิดอื่น เนื่องจากของไหลนาโนมีส่วนประกอบของอนุภาคทองคำซึ่งทำให้ค่าการนำความร้อนของน้ำ
ปราศจากไอออนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของต่อความร้อนจะเริ่มได้เร็วกว่าต่อที่บรรจุสาร
ทำงานอื่น ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4 ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนของต่อความร้อนสูงขึ้น เมื่อการถ่ายเทความร้อน
ดีขึ้น จึงส่งผลให้อุณหภูมิสะสมในต่อความร้อนลดลง เป็นผลให้ผลต่างของอุณหภูมิผิวของต่อความร้อน มี
ผลต่างอุณหภูมิต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลต่างอุณหภูมิผิวตามแนวแกนของท่อความร้อนที่ส่วนการระเหยและส่วนการควบแน่น

จากการทดลองหาค่าอุณหภูมิผิวตามแนวแกนท่อความร้อนตามแนวแกนของท่อความร้อนนั้นสามารถนำมาคำนวณหาความต้านทานความร้อนของท่อความร้อนได้โดยใช้สมการที่ (1) ซึ่งแสดงผลได้ดังภาพที่ 6 โดยจะเห็นได้ว่า ค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistance) จะลดลงเมื่อภาระทางความร้อน (Heat load) เพิ่มขึ้น น้ำประปาและน้ำปราศจากไอออนมีค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยน้ำปราศจากไอออนจะมีค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำประปา สำหรับสารทำงานของไหลอนุภาคนาโนทองคำจากการทดลองพบว่ามีความต้านทานความร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบท่อความร้อนที่ใช้สารทำงานของไหลอนุภาคนาโนทองคำกับท่อความร้อนที่ใช้ น้ำปราศจากไอออน พบว่าสารทำงานของไหลอนุภาคนาโนทองคำสามารถลดค่าความต้านทานความร้อนได้มากที่สุดที่ภาระความร้อน 50 W คิดเป็น 18.93 % ที่ และลดค่าความต้านทานความร้อนน้อยที่สุดที่สภาวะการให้การให้ความร้อน 30 W คือ 6.90 % ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 6 ค่าความต้านทานความร้อนของท่อความร้อนที่ใช้สารทำงานชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยของท่อที่ใช้สารทำงานของไหลอนุภาคนาโนทองคำเมื่อทำการเปรียบเทียบกับท่อที่ใช้สารทำงานน้ำปราศจากไอออน

ภาระความร้อน Heat Load (W)	ค่าความต้านทานความร้อน Thermal Resistance (°C/W)		ลดลงร้อยละ เทียบ DI-Water
	DI-Water	Gold nanoparticles	
20	4.05	3.70	8.64
30	2.90	2.70	6.90
40	2.35	2.11	10.40
50	2.06	1.67	18.93
60	1.70	1.50	15.67

4. สรุป

ในการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ของไหลนาโนทองคำเป็นสารทำงาน ซึ่งท่อความร้อนทำมาจากท่อทองแดงกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 1 ท่อ โดยทำการเปรียบเทียบท่อความร้อนที่ใช้ น้ำประปา น้ำปราศจากไอออน และของไหลอนุภาคนาโนทองคำเป็นสารทำงาน ศึกษาการให้ความร้อนตั้งแต่ 20 W – 60 W สามารถสรุปผลการทดลอง ได้ดังนี้

1) จากการเปรียบเทียบที่ภาระความร้อน 50 W ท่อความร้อนที่ใช้สารทำงานเป็นของไหลนาโนทองคำ ใช้ระยะเวลาในการเดือดที่สั้นที่สุด เนื่องจากของไหลนาโนมีส่วนประกอบของอนุภาคทองคำซึ่งทำให้ค่าการนำความร้อนของน้ำปราศจากไอออนเพิ่มขึ้น

2) ท่อความร้อนที่ใช้ของไหลอนุภาคนาโนทองคำจะมีผลต่างของอุณหภูมิผิวตามแนวแกนท่อความร้อนที่ส่วนการระเหยและส่วนการควบแน่นต่ำกว่ากรณีอื่น เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนดีขึ้น จึงส่งผลให้อุณหภูมิสะสมในท่อความร้อนลดลง เป็นผลให้ผลต่างของอุณหภูมิผิวของท่อความร้อน มีผลต่างอุณหภูมิที่ต่ำ

3) ค่าความต้านทานความร้อนของท่อความร้อนจะลดลงเมื่อภาระทางความร้อนเพิ่มท่อความร้อนที่ใช้สารทำงานน้ำและน้ำปราศจากไอออนมีค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยน้ำปราศจากไอออนจะมีค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำ ท่อความร้อนที่ใช้สารทำงานของไหลอนุภาคนาโนทองคำจะมีค่าความต้านทานความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่าสารทำงานชนิดอื่น 6-18%

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัท TOYOTA K.MOTORS TOYOTA'S. (2561). TOYOTA K.MOTORS. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2562. จาก <https://www.kmotors.co.th/kmotors-guru/hot-coil-clog-up-at-kmotors-2/>

- [2] บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด อาทิตยเวนต์เลเตอร์. (2562) ARTITH VENTILATOR MACHINERY. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2561. จาก <http://artithfan.artith.com/how-to-cool-the-roof/>
- [3] อธิวัฒน์ ทิพระชาहार. (2562). Extreme IT. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2561. จาก <https://www.extremeit.com/heatsink-knowledge/>.
- [4] สกฤตลา วรรณปะเข. การประยุกต์ใช้งานท่อความร้อนและเทอร์โมไซฟอน. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 22(2555)689-702.
- [5] ดิฐพงษ์ ทองคำ. การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อความร้อนโดยใช้สารทำความเย็นผสมอนุภาคนาโน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2551.
- [6] ขวัญจิต วงษ์ขารี. (2557). เพราะจิ้งจอกแจ้ว ของไหลนาโนกับการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน. สืบค้นเมื่อ 9 พฤษภาคม 2562. จาก http://www.mut.ac.th/research-detail-29?fbclid=IwAR2O79N6daXdALJF5Mpb_YyPeNyO2Py9HV1OXZSXApbA70IGMC4V5BBzFQQ
- [7] วสันต์ ศรีเมือง และเด่น คอกพิมาย. การเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมไซฟอนหน้าต่างแบบด้วยการใช้ผงทองแดงกับน้ำเป็นสารทำงาน. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18(2556)125-136.

การศึกษาอุณหภูมิการเผาเปลือกหอยลายเพื่อเพิ่มสมบัติของอิฐมอญผสมวัสดุรีไซเคิลจากเปลือกหอยลาย

Study of Temperature for Clams Shell Incineration Increasing Brick Quality Mixing Recycle Material from Clams Shell

ศุภชัย หิรัญศุภโชติ^{1*} และ จิระศักดิ์ ธาระจักร²

Supachai Hirunsupachote^{1*} and Jirasak Tharajak²

^{1,2}สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

²สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*supachai.h@rmutp.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติ คือ เปลือกหอยลาย จากอำเภอมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการทำโรงงานอุตสาหกรรมหอยลายกระป๋องนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมอญเปลือกหอยลาย ซึ่งมีองค์ประกอบของแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลัก เท่ากับร้อยละ 98.50 ของน้ำหนักแห้ง มีความชื้น 1.88 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเถ้า 58.27 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง จากการศึกษาโดยการนำเปลือกหอยลายที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900 1,000 1,100 และ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง มาใช้เป็นส่วนผสมทดแทนแกลบทั้งหมด โดยการทดลองได้ขึ้นรูปอิฐมอญตัวอย่างขนาด 5x5x5 เซนติเมตร ผลการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการเผาเปลือกหอยลายสูงขึ้น ความหนาแน่นและการรับแรงอัดของอิฐจะเพิ่มมากขึ้น โดยมีความชื้นและการดูดซึมน้ำลดลง เมื่อนำอิฐมาขึ้นรูปขนาด 6x15x3.5 เซนติเมตร พบว่า คุณสมบัติที่อิฐมอญที่เปลี่ยนไปมีผลดังชุดตัวอย่างขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยอิฐมอญชุดที่มีการใส่เปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีค่าความหนาแน่น 2.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความชื้นร้อยละ 2.86 ค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำที่ 1 และ 24 ชั่วโมงคิดเป็นร้อยละ 17.40 และ 20.16 ตามลำดับ และค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 0.52 เมกะปาสคาล ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านมาตรฐานตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตอิฐมอญโดยลดค่าใช้จ่ายในการซื้อแกลบได้ 28,800 บาทต่อปี และสามารถลดของเสียในโรงงานหอยลายกระป๋องได้ร้อยละ 20.94 ของของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด

คำสำคัญ: เปลือกหอยลาย, อิฐมอญ, วัสดุรีไซเคิล, อุณหภูมิ, สมบัติของวัสดุ

Abstract

This research was to study the recycling of residue clams shell from Mahachai, Samutsakorn, Thailand. The sample was collected from canned clams industry and it could be recycled as the composition of Mon brick instead of the rice husk. The study of clams shell composition found that Calcium was the main composition as 98.50%VS. The moisture and ash content weve 0.88% and 58.27%TS, respectively. The works methodology is using ash from clams shell incinerated at temperature 900°C 1,000°C 1,100 and 1,200°C in 5 hours, respectively instead of rice husk in Mon brick processing. The fabrication of Mon brick was in size 5x5x5 cm adding ash from clams shell intead of rice husk. The experiment showed that increasing the temperature to incinerate clams shell ash resulting , in density and compressive strength increased while moisture and water absorption deceased. When Mon brick was fabricated in standard size at 6 x15x3.5 cm, the changed material characteristics was in the same trend as previous size. Mon brick in standard size adding 100% clams shell ash instead of rice husk had density 2.63 g/cm³, moisture content was 2.86%, water absorption at 1 and 24h were 17.40 and 20.16% respectively and compressive strength were 0.52 MPa. These characteristics was according to standard of Engineering Institute of Thailand. It could reduce the cost of rice husk in Mon brick factory 28,800 bath/year while the waste from canned clams factory could be reduced 20.94%.

Keywords: Clams shell, Mon brick, Recycled material, Temperature, Material characteristics

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบกับปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นด้านมลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศและมลพิษทางขยะ ด้วยการเติบโตของประชากร ความเจริญทางเศรษฐกิจ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี โครงสร้างทางสังคมและรูปแบบการดำรงชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้มีการสรรหาทรัพยากรเพื่อให้ตรงตามความต้องการของตลาด เมื่ออุตสาหกรรมได้เข้ามามีบทบาทต่อประเทศและมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อย ๆ การผลิตแบบจำนวนมาก (Mass production) จากภาคอุตสาหกรรม ได้สร้างของเสียจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก [1-3]

จากที่ตำบลมหาชัยที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรสาคร ได้ชื่อว่าเป็นเมืองแห่งทะเลและน้ำ เป็นแหล่งที่มีชื่อเสียงทางด้านการประมงและอาหารทะเล มีโรงงานเกี่ยวกับการจัดหาอาหารทะเลเพื่อจัดจำหน่ายแก่ผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งในแต่ละครั้งที่มีการออกเรือเพื่อหาอาหารทะเลและหอยต่าง ๆ มาได้

ต้องมีการคัดประเภทและขนาด ก่อนที่จะนำมาทำความสะอาดและแกะเปลือกเพื่อเอาน้ำมาจำหน่าย โดยแต่ละครั้งจะมีการทิ้งเปลือกหอยจำนวนมากซึ่งไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อะไรและทำให้เกิดผลเสียทางสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน [4] ซึ่งในแต่ละวันเปลือกหอยส่วนใหญ่จะถูกทำลายโดยวิธีการนำมาทิ้งในบริเวณพื้นที่ของโรงงาน ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษและส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิทัศน์ที่ไม่สวยงามและมีกลิ่นเหม็นเน่า [5] การจัดการเปลือกหอยลายที่มีจำนวนมากศาลด้วยหลักการ 3Rs วิธีที่ดีที่สุดคือ [2-3] การรีไซเคิล ซึ่งเป็นการนำเปลือกหอยไปแปรรูปเพื่อนำกลับไปใช้เป็นประโยชน์ไม่เป็นมลพิษทางขยะต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นการนำเปลือกหอยมาใช้ประโยชน์ เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการทิ้งเปลือกหอย เป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้มาประยุกต์ใช้งานและสามารถจำหน่ายเพื่อเพิ่มรายได้เป็นอาชีพเสริม เพิ่มมูลค่าของเปลือกหอยเหลือทิ้ง [6-7]

เนื่องจากเปลือกหอยมีส่วนผสมของแคลเซียม [8] มีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้ในการเผาและเป็นส่วนผสมของอิฐมอญเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุได้ [9-11] งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องเพื่อมุ่งเน้นการเพิ่มคุณสมบัติจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตอิฐมอญ โดยนำเปลือกหอยลายมาเป็นส่วนผสมของอิฐมอญและศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยมีสมมติฐานคาดว่าจะทำให้ปริมาณแคลเซียมในเปลือกหอยเปลี่ยนแปลงไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการเตรียมหอยลาย

ล้างเปลือกหอยลายด้วยน้ำสะอาดแล้วนำไปตากแดดให้แห้งแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 900 1,000 1,100 1,200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อให้สารอินทรีย์หมดไปและนำมาบดหยาบและบดละเอียดจนเป็นผงแคลเซียมดังภาพที่ 1



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมเถ้าหอยลาย

2.2 ขั้นตอนการขึ้นรูปอิฐ

เตรียมบล็อกอัดอิฐโดยการโรยซีเมนต์เกลบบริเวณบล็อก เพื่อไม่ให้ดินที่อัดติดบล็อกในขณะที่ถอดแท่งดินออกมา จากนั้นนำดินที่ผสมแล้วอัดลงในบล็อกแล้วปาดหน้าดินให้เรียบก่อนถอดแท่งดินออกจากบล็อก และเมื่อถอดแท่งดินออกจากบล็อกแล้วนำไปผึ่งแดดเป็นเวลา 6 – 8 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น จนดินเป็นสีเทาจนทั่วทั้งชิ้นขึ้นอยู่กับความแรงของแดด จากนั้นนำแท่งดินที่เตรียมเผาไปไว้ในเตาเผา โดยวางแท่งดินสลับกันให้สูงขึ้นพอประมาณ โดยเปิดช่องด้านล่างไว้สำหรับให้ความร้อนผ่านเข้าไปได้ทั่วถึงเตาเผา ก่อกำแพงดินล้อมรอบอีกชั้นหนึ่งเพื่อควบคุมความร้อนไม่ให้กระจายออกไปภายนอกเตาเผา โดยกำแพงต้องมีความสูงกว่าแท่งดินที่เตรียมเผาด้านในเล็กน้อย นำเกลบมาเทกลบแท่งดินภายในให้ทั่วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการเผา จากนั้นจุดไฟเผาแท่งดิน โดยจุดจากด้านล่างจนไฟลามขึ้นข้างบนต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนทั่วทั้งเตาเผา เกล็ดและเติมเกลบอยู่เสมอ ๆ เพื่อให้ความร้อนแผ่กระจายอย่างทั่วถึงจนได้อิฐ ซึ่งขึ้นอยู่กับดินที่เผา ถ้าใช้ดินแดงจะได้อิฐเป็นสีแดงส้ม ถ้าใช้ดินดำจะได้อิฐเป็นสีดำ จากนั้นนำอิฐออกมาจากเตาเผา

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ขนาด ความหนาแน่นอิฐสภาพธรรมชาติ ความชื้นในอิฐ การดูดซึมน้ำ และการรับแรงอัดของอิฐ [12]

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ทำอิฐมอญ

จากการศึกษาสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมอญซึ่งได้นำเปลือกหอยลาย ดินเผา และเกลบ มาทำการศึกษาทางด้านความชื้น เถ้า แคลเซียม และธาตุต่าง ๆ พบว่าในเปลือกหอยลายมีความชื้นคิดเป็น 1.88 เปอร์เซ็นต์ เถ้าคิดเป็น 58.27 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมคิดเป็น 98.50 เปอร์เซ็นต์และธาตุอื่น ๆ อีก 1.50 เปอร์เซ็นต์ จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าในเปลือกหอยลายมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นธาตุที่มีความแข็งแรง สามารถนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตวัสดุต่าง ๆ ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติของวัสดุที่ใช้ทำอิฐมอญ

ชื่อวัสดุ	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	แคลเซียม (Ca) (%)	ซิลิคอน (Si) (%)	ธาตุอื่น ๆ (%)
เปลือกหอยลาย	1.88	58.27	98.50 %	-	1.50 %
ดินเผา	1.15	12.03	5.26 %	83.71 %	11.03 %
เกลบ	10.75	21.18	4.61 %	81.07 %	14.32 %

จากการศึกษาพบว่าเปลือกหอยลายและแกลบมีสมบัติทางวัสดุที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งถ้าเปลือกหอยลายจะมีความชื้นที่ต่ำกว่า นอกจากนั้นเปลือกหอยลายมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งพบเป็นประมาณ 98.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในแกลบจะมีซิลิคอนเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งพบว่ามีถึง 81.07 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมมีสมบัติทางด้านความแข็งแรงและทนทานต่อแรงอัด ส่วนซิลิคอนจะมีความแข็งแรงแต่มีความเปราะ เมื่อเติมแคลเซียมแทนซิลิคอนจะทำให้ได้อิฐมอญที่มีความคงทนมากยิ่งขึ้น

3.2 การศึกษาสมบัติของอิฐมอญเมื่อเผาตามขนาดมาตรฐาน

จากการดำเนินการทดสอบตัวอย่างอิฐมอญที่ใช้เปลือกหอยลายทดแทนแกลบ เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตอิฐมอญ โดยการทดสอบคุณสมบัติดังนี้ คือ การทดสอบขนาด ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การดูดความชื้น และการทดสอบแรงอัด จากผลการวัดขนาดและความหนาแน่น พบว่าอิฐมอญที่ผสมเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศา มีค่าความหนาแน่นดีที่สุด คือ 2.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการวัดขนาดและความหนาแน่นของอิฐมอญทดสอบ

อุณหภูมิที่เผาเปลือกหอยลาย (องศาเซลเซียส)	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)	ปริมาตร (cm ³)	ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลบ.ซม.)
900	6.30	15.50	3.42	265.48	1.72
1,000	6.40	15.47	3.43	267.89	1.89
1,100	6.50	15.30	3.67	268.51	2.36
1,200	6.53	15.37	3.60	274.56	2.63

จากผลการทดสอบค่าความชื้นและการดูดซึมน้ำ พบว่าอิฐมอญที่ผสมเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศา มีค่าความชื้นและการดูดซึมน้ำดีที่สุด คือ 17.40 และ 20.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความชื้นและการดูดซึมน้ำของอิฐมอญทดสอบ

อุณหภูมิที่เผาเปลือกหอยลาย (องศาเซลเซียส)	ค่าความชื้น (%)	ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	
		1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
900	8.12	39.48	49.92
1,000	7.46	38.34	47.07
1,100	4.11	30.00	31.64
1,200	2.86	17.40	20.16

จากผลการทดสอบค่าการทดสอบการรับแรงอัด พบว่าอิฐมอญที่ผสมเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศา มีค่าการรับแรงอัดดีที่สุด คือ 0.52 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบค่าการทดสอบการรับแรงอัดของอิฐมอญทดสอบ

อุณหภูมิที่เผาเปลือกหอยลาย (องศาเซลเซียส)	การทดสอบแรงอัด (N/cm ²)
900	0.29
1000	0.32
1100	0.41
1200	0.52

จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อขยายขนาดการขึ้นรูปอิฐมอญ ค่าสมบัติทางวัสดุยังคงเปลี่ยนแปลงไปตามการทดลองเดิม กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาเปลือกหอยลายเพิ่มมากขึ้น อิฐมอญจะมีความหนาแน่นและการทดสอบแรงอัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้นและการดูดซึมน้ำต่ำลง จากผลการวัดขนาดและความหนาแน่น พบว่าอิฐทดสอบที่มีส่วนผสมเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นดีที่สุด คือ 2.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลการทดสอบค่าความชื้นและการดูดซึมน้ำ พบว่าอิฐทดสอบที่มีส่วนผสมเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นและการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด คือ 17.40 และ 20.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากผลการทดสอบค่าการรับแรงอัด พบว่าอิฐทดสอบที่มีส่วนผสมเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีค่าการรับแรงอัดดีที่สุด คือ 0.52 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4. บทสรุป

จากการสำรวจการทำประมงหอยลายในพื้นที่ ตำบลมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร พบว่ามีการจับหอยลายช่วงเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม โดยหอยลายที่ส่งเข้าโรงงานมีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 402.85 ตันต่อปี จากกระบวนการผลิตหอยลายกระป๋อง เปลือกหอยลายซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิตมีน้ำหนักประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ หรือคิดเป็น 302.14 ตันต่อปี

เมื่อนำเปลือกหอยลายมาใช้ประโยชน์ โดยการเผาให้เป็นเถ้าเปลือกหอยลายแล้วนำไปใช้ทดแทนแกลบในการผลิตอิฐมอญซึ่งมีส่วนผสมหลักคือดินเผาและแกลบ จากการศึกษาสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมอญซึ่งได้นำเปลือกหอยลาย ดินเผา และแกลบ มาทำการศึกษาทางด้านความชื้น เถ้าแคลเซียม และธาตุต่าง ๆ พบว่าในเปลือกหอยลายมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบหลักคิดเป็น 98.50 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความชื้น 1.88 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 58.27 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง

เมื่อมีการใช้เถาเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 900 1,000 1,100 1,200 องศาเซลเซียสตามลำดับพบว่า อิฐมอญมีความหนาแน่นและการรับแรงอัดเพิ่มขึ้นในขณะที่มีความชื้นและการดูดซึมน้ำต่ำลงตามลำดับและเมื่อนำอิฐมอญมาขึ้นรูปตามขนาดมาตรฐานและทำการทดลองซ้ำอีกครั้งพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงของสมบัติของอิฐมอญเมื่อนำเถาเปลือกหอยลายแทนแกลบยังคงเป็นไปตามการทดลองเดิม ดังนั้นการใช้เถาเปลือกหอยลายแทนแกลบในการผลิตอิฐมอญทั้งหมดจึงเป็นการลดต้นทุนของแกลบทั้งหมด จากการทดสอบพบว่าอิฐมอญขนาดมาตรฐานที่ใช้เถาเปลือกหอยลายที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นเท่ากับ 2.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความชื้นร้อยละ 2.86 ค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำคือที่ 1 และ 24 ชั่วโมงคิดเป็นร้อยละ 17.40 และ 20.16 และค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 0.52 เมกกะปาสคาล เมื่อเทียบกับมาตรฐานอิฐมอญของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วศท.) [9] พบว่าอิฐมอญมีค่ากำลังรับแรงอัดและการดูดซึมน้ำที่ดีกว่ามาตรฐาน แต่ความหนาแน่นอิฐจะมีค่าห่างจากมาตรฐานอยู่มาก เมื่อเทียบกับอิฐมอญทั่วไปแล้วยังมีกำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่าแต่จะมีความหนาแน่นมากกว่า

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณงบวิจัยรายได้ปี 2561 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนทุนวิจัยมา ณ ที่นี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมในการเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม. 2555. คู่มือการจัดการของเสียภายในโรงงาน. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- [2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2554. คู่มือ3Rs. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ
- [3] กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (ม.ป.ป.). ความรู้ด้าน3Rs. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ
- [4] กรมประมง. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล. 2557. สภาวะการทำประมงหอยลายและ เศรษฐกิจ - สังคมในพื้นที่อ่าวไทยตอนบน. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, ม.ป.ท.
- [5] สุกกร บุญยืนและคณะ. (2558). “การสลายตัวของแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอย.” วารสารมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์รังสิต. 4, 2 (พฤษภาคม) : 116-122.
- [6] สิทธิพร บุญนิคย์. 2555. พัฒนางานวิจัยจากเปลือกหอยเหลือทิ้งเป็นวัสดุทดแทนกระดุกมนุษย์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.prcmu.cmu.ac.th/perin_detail.php?perin_id=378, 25 มีนาคม 2560.
- [7] เอนก สวาทอินทร์ และ ชุตินุช สุจริต. 2557. “การใช้เชื้อเพลิงเปลือกหอยดิบเพื่อผลิตปูนขาวสำหรับ การบำบัดน้ำและน้ำเสีย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. (ภาควิชาสิ่งแวดล้อม). วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี การประมง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

- [8] ศศิพันธุ์ ณ สงขลา และคณะ. 2549. “การวิเคราะห์ธาตุในเปลือกหอยโดยวิธีนิวเคลียร์.” กองฟิสิกส์. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ
- [9] ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ ชโลธร ศิริภัทรประวัติ. 2553. “คุณสมบัติด้านกำลังอัดและการหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบที่ผสมเปลือกหอยบด.” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และผังเมือง. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์รังสิต.
- [10] สุริยา การเกษ. 2557. “กำลังอัดของบล็อกประสานที่ผลิตจากปูนซีเมนต์และเปลือกหอยเชอร์รี่บด” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. (ภาควิชาวิศวกรรมโยธา). คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- [11] อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ และ นิชาภา มินาบูลย์. 2558. “การศึกษาคุณสมบัติและประสิทธิภาพของคอนกรีตมวลเบาผสมเปลือกหอยแมลงภู่มะพร้าวเพื่อให้นำมาผลิตหลักนำทาง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม). คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- [12] มหาวิทยาลัยพะเยา. คณะวิศวกรรมศาสตร์. 2559. การหาขนาดความหนาแน่นความชื้น และการดูดซึมน้ำของอิฐ. คณะวิศวกรรมศาสตร์, พะเยา

สารสกัดธรรมชาติจากผลกล้วยและเปลือกมะละกอตแทนสารเคมีเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ใน ผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้า

Natural Extracts from Bananas and Papaya Peels Substitute Chemicals to Inhibit Microbes in Heel Cream Product

ดวงฤทัย นิคมรัฐ^{1*}, ภัทริกา สูงสมบัติ², วิมลรัตน์ ม่วงประเสริฐ³, นันทชา เนื่อนวล⁴ และ
แก้วกาญจน์ เสี่ยงเสนาะ⁵

Duangruitai Nicomrat^{1*}, Patarika Soongsombat², Wimonrat Muangprasert³,
Nantacha Nueanual⁴ and Kaewkarn Singsano⁵

^{1,2,3,4,5}สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
*duongruitai.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการใช้ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ส่วนใหญ่มีส่วนผสมของสารเคมีเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและก่ออันตรายต่อผู้ใช้ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอตแทนการใช้สารเคมีในการยับยั้งจุลินทรีย์ในครีมทาเส้นเท้า โดยการสกัดผลกล้วยและเปลือกมะละกอด้วยน้ำมันมะพร้าว และศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Disk diffusion และวิธี Turbidity ที่ความเข้มข้น 25 50 100 และ 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร พบว่าผลทดสอบทั้งสองวิธีสอดคล้องกัน คือสารสกัดมะละกอที่มีปริมาณโปรตีนเข้มข้นตั้งแต่ 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรทดสอบด้วยวิธี Turbidity ชนิดสามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 4 คือเชื้อ *E. coli*, *S. aureus*, *Aspergillus* sp. และ *S. cerevisiae* แต่วิธี Disk diffusion ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. cerevisiae* ซึ่งบ่งบอกแนวโน้มที่ดีของการไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ของคนเมื่อผสมสารสกัดในครีมทาเส้นเท้าพบว่า ได้ครีมทาเส้นเท้าชนิดมีสารสกัดจากกล้วย เปลือกมะละกอ และทั้งสองชนิดผสมกันด้วยความหนาแน่น 0.9674 0.9103 และ 0.8057 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนานกว่า 45 วัน และยังคงคุณสมบัติของการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ถึงร้อยละ 80 เมื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค จำนวน 40 คน พบว่ามากกว่าร้อยละ 80 มีความพึงพอใจต่อครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดดังกล่าว ครีมเหล่านี้สามารถทำให้เท้าที่แตกมากนุ่มชุ่มชื้นขึ้นภายใน 1 สัปดาห์ มีข้อเสนอแนะให้มี

การปรับปรุงกลิ่นของผลิตภัณฑ์ครีมทาส้นเท้าให้มีความเหมาะสม จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ และสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ครีมทาส้นเท้า เพื่อพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

คำสำคัญ: การยับยั้งจุลินทรีย์, การแพร่กระจายของแผ่น, ความชุ่ม, สารสกัดธรรมชาติ

Abstract

At present most human-related products contain a mixture of chemicals for inhibiting microorganisms which may pollute the environments and harm the users. The purpose of this research was to develop a heel cream product using banana and papaya peel extracts as replacers for the chemicals inhibiting microorganisms. The experiment began by extracting raw bananas and papaya peels with coconut oil. Then the efficacy of inhibition on *E. coli*, *S. aureus*, *Aspergillus* sp., and *S. cerevisiae* were performed with Disk diffusion method and Turbidity method at concentration of: 25, 50, 100, and 150 micrograms per milliliter. The observation of clear zone of inhibition. using light absorption at a length of 600 nm showed the consistent results of two methods. The papaya extract having the protein concentration at least of 150 micrograms per milliliter with Disk diffusion method could inhibit all 4 microbe species but the Turbidity method could not inhibit *S. cerevisiae*, that indicated a good trend of no harm on human. When mixing the extract in the heel cream, it was found that the cream containing banana extract, papaya and both mixtures had the density of 0.9674, 0.9103 and 0.8057 gram per cubic meter, respectively. They could be stored at room temperature for more than 45 days and still maintained the properties of microbial inhibition by up to 80 percentages. When studying the satisfaction of consumers collected randomly from teenagers to elders, at both sexes of 40 people, more than 80 percentages of the customers were satisfied with the heel cream from all extracts. These all creams could make the feet soft and moisturized within 1 week. More suggestions were to improve the smell of heel cream products to be suitable for all age of consumers. Therefore, this research could be concluded that banana and papaya peel extracts inhibiting microorganisms could be used as a heel cream for further continuously developing at the industrial level.

Keywords: Microorganism inhibition, Disk diffusion, Turbidity, Natural extracts

1. บทนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้กับร่างกายมนุษย์ทั้งยา เครื่องสำอาง และอาหาร จำเป็นต้องคำนึงถึง ความคงสภาพทางจุลชีววิทยา (Microbiological stability) ของผลิตภัณฑ์ในด้านความต้านทานต่อการ เจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ อันได้แก่ การป้องกันไม่ให้ผู้บริโภคเกิดโรคแทรกซ้อนจาก เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค และการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ให้เสียในระหว่างการเก็บรักษาและการใช้อัน มาจากการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปรากฏให้เห็นในลักษณะต่าง ๆ เช่น การเกิดก๊าซ ซึ่งมีกลิ่นเหม็น การ สูญเสียความหนืด การมีสีเปลี่ยนแปลง และอิมัลชันแยกชั้น เป็นต้น [1] ทั้งนี้การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์อาจมา จากหลายสาเหตุ ได้แก่ ผู้ผลิต วัตถุดิบและน้ำที่ใช้ในการผลิต ภาชนะ เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตและขั้นตอน การผลิตบรรจุและภาชนะบรรจุรวมทั้งฝาปิด ในการป้องกันการปนเปื้อนและเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ส่วน ใหญ่นิยมใช้สารกันเสียซึ่งเป็นวิธีทางเคมีซึ่งง่าย สะดวก ได้ผลดี และมีประสิทธิภาพ แต่อาจทำให้เกิดอาการแพ้ กับผู้ใช้ได้และอาจก่อให้เกิดมะเร็งขึ้น [2]

สารสกัดจากพืชซึ่งมาจากกระบวนการสกัดและการแยกทางกายภาพและทางเคมี เพื่อให้ได้สารออก ฤทธิ์ออกมา สารสกัดของพืชมีข้อดีคือสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาถูก ไม่เป็นอันตรายและเป็นมิตร ต่อสิ่งแวดล้อม สารสกัดจากพืชได้ใช้เป็นวัตถุดิบอย่างแพร่หลายในอาหาร เครื่องดื่ม ยา ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เครื่องสำอางอุตสาหกรรมปลายน้ำ และนำมาช่วยแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ [3]

กล้วยซึ่งเป็นผลไม้ที่มีสรรพคุณทางยาทั้งต้น ผล และดอก ในส่วนเนื้อกล้วยและเปลือกพบสารอาหาร หลากหลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามินเอ วิตามินบี6 วิตามินซี โพแทสเซียม และสารอาหารให้พลังงาน สูง แต่มีไขมันและคอเรสเตอรอลต่ำ มีปริมาณของสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่มีมากในกล้วยดิบในรูปของแป้ง ประมาณร้อยละ 20-25 และในรูปของน้ำตาลประมาณร้อยละ 1-2 และในระหว่างกล้วยสุกมีปริมาณของ โปรตีนอยู่ร้อยละ 0.5-1.5 โดยน้ำหนัก คาร์โบไฮเดรตจากกล้วยพบว่าเป็นแหล่งอาหารชั้นดีของจุลินทรีย์โปร บิโอติก ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดดีที่พบในลำไส้ นอกจากนี้ยังมีไขมันต่ำประมาณร้อยละ 0.2-0.5 ที่ส่วนใหญ่เป็น Palmitic acid, Oleic acid และ Linolenic acid กรดอินทรีย์ที่พบมากในกล้วยมากที่สุด คือกรดมาลิก และ รองลงมาคือกรดออกซาลิกและกรดซิตริก ในกล้วยสุกพบเอนไซม์ชนิดไฮโดรไลติกและออกซิเดทีฟเอนไซม์ เอนไซม์ที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่พบ ได้แก่ โพลีกลูคาเลส ทูโรเนส เพคตินเมธิลเอสเทอร์เรส ลามินาริเนส แอลฟา แมนโนซิเดส เบต้ากาแลคโตซิเดส อะไมเลส เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส เอนโดเบต้าแมนนาเนส และกา แลคทาเนส และในส่วนของยางมีแทนนิน (Tannin) ด้วยเป็นสารที่ให้รสฝาด มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่า [4,5]

มะละกอกับเป็นผลไม้ที่ในส่วนของเปลือกมะละกอมีนํ้ายาง และยังพบในส่วนของลำต้น และใบ โดยนํ้ายาง แห่งประมาณร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักผล มีเอนไซม์สำคัญที่สามารถย่อยโปรตีน 5 ชนิด คือ ปาเปน (Papain) ไคโมปาเปน เอ (Chymopapain A) ไคโมปาเปน บี (Chymopapain B) และเปปติเดส เอ (Papaya Peptidase A) หรือ Proteinase omega และ ไลโซไซม์ (Lysozyme) ที่มีความอยู่ตัวทนความร้อนและทน ต่อสภาพกรดได้ดี เอนไซม์จากยางมะละกอโดยเฉพาะชนิดปาเปน ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านเภสัชกรรม

เครื่องสำอาง และทางการแพทย์ เช่น เป็นส่วนผสมในยารักษาและช่วยยอยยสำหรับคนที่เป้นโรคกระเพาะหรือคนแก่ เช่น ยา Caroid และ Papase [6] ในเครื่องสำอางเพื่อลดรอยฝ้าและจุดด่างดำบนใบหน้าใช้ในการรักษาแผลเรื้อรังโดยช่วยยอยยหนองเนื้อที่ตายทำให้เศษเลือดสลายตัวไ้ภายใน 1 วัน ใช้ในการช่วยยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ และช่วยทำลายพิษของแบคทีเรียพวกแกรมลบ ลดอาการอักเสบ และใช้ในการกำจัดจุลินทรีย์ชนิดราก่อโรคพืช เช่น น้ำหมักยางมะละกอเพื่อกำจัดราแป้ง ราดำ ราสนิม เพลี้ย และการทำเป็นสารสกัดหยาบจากเปลือกมะละกอด้วยน้ำเป็นตัวทำละลาย เพื่อใช้ในการยับยั้งการเจริญของรา *Colletotrichum gloeosporioides* [7]

เท้าซึ่งเป็นอวัยวะรับน้ำหนักรับแรงกระแทกเมื่อเดินและวิ่ง ปัญหาของเท้าส่วนใหญ่มาจากการขาดการดูแลผิวและปล่อยให้ผิวแห้งกร้าน สูญเสียความชุ่มชื้น เมื่อผิวเท้าแห้งและเพิ่มความหนาของผิวเท้าขึ้นเรื่อย ๆ จนนำไปสู่ผิวเท้าแห้งแตกในที่สุด การบำรุงเท้าให้ชุ่มชื้นอยู่เสมอเป็นแนวทางที่นิยมในการดูแล ด้วยสารช่วยบำรุงเท้า ในรูปของน้ำมันหรือครีม เพื่อช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นของเท้า เช่น ผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้า ช่วยให้ผิวนุ่มชุ่มชื้น ช่วยสมานแผลรอย ลดการแตกของเส้นเท้า [8] ในส่วนประกอบของครีมทาเส้นเท้าส่วนใหญ่มีส่วนผสมของ ไข่ผึ้ง วาสลีน น้ำมันพืช และสารช่วยบำรุงผิว และสารกันเสีย

สารกันเสียหรือเรียกชื่ออื่น เช่น สารกันบูด ยากันบูด วัตถุกันเสีย (Preservatives) เป็นสารประกอบที่ใช้เติมลงในอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค เครื่องสำอาง เพื่อช่วยแก้ปัญหาของเน่าเสีย และลดเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ป้องกันการเสื่อมสลายของผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรีย เชื้อรา สารต้านอนุมูลอิสระ และโลหะหนักต่าง ๆ ทั้งนี้พบว่ามิพิชหรือผลอันไม่พึงประสงค์ ที่สามารถเกิดกับระบบอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ทำให้เกิดพิษต่อปอด ระบบประสาทและกระตุ้นให้เกิดอาการแพ้ ระคายเคืองต่อผิวหนัง ชนิดของสารกันเสียในผลิตภัณฑ์ที่เป็นอาหารหรือเครื่องสำอางส่วนใหญ่ ได้แก่ เมทิลไอโซไทโอโซลิโนน (Methylisothiazolinone) ซึ่งเป็นสารกันเสียที่ใช้มากในเครื่องสำอาง แชมพู โลชั่น สบู่อาบน้ำ สบู่ล้างมือและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาดเสื้อผ้า หรือสุขภัณฑ์ สารพาราเบน (Paraben) ซึ่งนิยมนำใช้มากในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางมากขึ้น เช่น Methylparaben Propylparaben, Ethylparaben และ Butylparaben และBenzisothiazolinone พบได้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย สารบีเอชเอ (BHA Butylated hydroxyanisole) และบีเอชที (BHT Butylated hydroxytoluene) ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันต่าง ๆ เพื่อป้องกันการเหม็นหืน ซึ่งต่างจากชนิดอื่นเพราะมีผลกระทบต่อร่างกายคล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจน สามารถกระตุ้นการเกิดมะเร็งในมนุษย์ และอาจส่งผลกระทบต่อระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) และไทรอยด์ฮอร์โมน และสารฟีนอกซีเอทานอล (Phenoxyethanol) ซึ่งพบในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดส่วนบุคคล และเครื่องสำอาง [3,5]

งานวิจัยด้านการใช้สารสกัดธรรมชาติจากพืชเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์มีหลากหลาย เช่น งานวิจัยของนิธิตังศิริทรัพย์ [9] ได้พบฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียจากสารสกัดจากกล้วยดิบ ด้วยการใช้ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วคือ Chloroform เป็นสารที่ไม่มีขั้วซึ่งมีฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียสูงกว่าในการสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วคือ เอทานอลและเมทานอล โดยมีค่า MIC และ MBC โดยเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *Methicillin-resistant, S. aureus* (MRSA) ได้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวดีหลังจากทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ตาม มอก. 152-2539 และมีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียด้วยการต้านการเจริญของแบคทีเรียชนิดก่อสิวและการติดเชื้อผิวหนัง จากงานวิจัยของสิริแซ พงษ์สวัสดิ์ และคณะ [10] ได้พบว่าเปลือกของผลไม้ซึ่งเป็นของเหลือทิ้ง จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ กระเทียม มะขาม มะนาว ลิ้นจี่ สับปะรด และเสาวรส มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของต่อ MRSA จำนวน 5 ไอโซเลท ด้วยวิธี Disk diffusion และ Broth microdilution มีองค์ประกอบที่เป็นสารต้านจุลชีพได้ โดยสารสกัดจากเปลือกมะนาวมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ต่อ MRSA ที่ที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากเปลือกเสาวรสและสับปะรด และงานของวิสุตา คุ่มวงษา [11] ได้ศึกษากรรมวิธีการสารสกัดจากเปลือกผลไม้ ด้วยระยะเวลาในการสกัด ชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ที่แตกต่างกัน ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคจำนวน 5 สายพันธุ์ คือ *Bacillus cereus*, *E. coli*, *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *Salmonella Typhimurium* ด้วยวิธี Agar well diffusion และยังคงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เจลล้างมือ ที่มีสารสกัดจากเปลือกผลไม้ ในขณะเดียวกันธารทิพย์ รัตน์ะ [7] ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบชีวภาพจากมะละกอและสับปะรด โดยใช้ตัวทำละลายน้ำและน้ำหมักจาก EM และทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *Colletotricum capsici* และ *C. gloeosporioides* ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและแปลงทดลอง โดยพบแนวโน้มในการใช้ทดแทนสารเคมีเพื่อควบคุมหรือ ยับยั้งราก่อโรคแอนแทรคโนสในแปลงปลูกพริกของเกษตรกรได้

ด้วยงานวิจัยและคุณสมบัติที่มีความหลากหลายของกล้วยและเปลือกมะละกอ และด้วยความต้องการลดการใช้สารเคมีกันเสีย ทีมผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาการประยุกต์ใช้สารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้กับมนุษย์ เพื่อทดแทนการใช้สารกันเสีย ให้ได้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งในรูปของสารสกัดและในผลิตภัณฑ์ครีม ได้ผลิตภัณฑ์ครีมที่มีความคงตัว มีการทำงานที่ดีในระยะเวลาอันยาวนานได้ดีเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับสารกันเสียที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและยืดอายุการใช้งานของครีมไม่ก่ออันตรายต่อผิวหนัง เช่น ไม่ก่อการเกิดการระคายเคือง หรือไม่ก่อสารก่อมะเร็ง เป็นทางเลือกการใช้สารกันเสียธรรมชาติจากสารสกัดพืชที่เป็นมิตรต่อผู้บริโภค โดยทีมผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอทางกายภาพและชีวภาพ ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอในการยับยั้งจุลินทรีย์ และศึกษาประสิทธิภาพของครีมทาसनเท้าในการยับยั้งจุลินทรีย์และความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในการทดแทนสารกันเสียในครีมทาसनเท้า

2. วิธีการวิจัย

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอแทนสารเคมี เพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในครีมทาसनเท้า มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

2.1 การเตรียมสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ

การเตรียมสารสกัด 3 ชนิดคือ สารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยผสมเปลือกมะละกอ โดยทำการแช่ (Maceration) ในน้ำ น้ำมัน และโพลีเอทิลีนไกลคอล (PEG) ในอัตราส่วน 1:1:1 เริ่มด้วยการเตรียมตัวอย่างกล้วยทั้งผล จำนวน 1 กิโลกรัม ตัวอย่างเปลือกมะละกอจำนวน 1 กิโลกรัม และตัวอย่างกล้วยทั้งผลจำนวน 0.5 กิโลกรัมผสมกับเปลือกมะละกอจำนวน 0.5 กิโลกรัม แล้วหั่น

ตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ (ภาพที่ 1) แล้วปั่นในน้ำแร่ให้ละเอียด ปรับด้วยน้ำแร่ให้ได้ตัวอย่างละ 1 ลิตรใส่ในภาชนะขนาด 5 ลิตร แล้วเติมน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น 1 กิโลกรัม และ PEG จำนวน 1 กิโลกรัม ก่อนทำการปั่นให้ละเอียดอีกครั้ง แล้วแช่สารสกัดที่เตรียมเสร็จไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 20 วัน ดังภาพที่ 2 และทำการทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพของสารสกัดที่ได้ ก่อนและหลังการผสมเป็นผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้า



ภาพที่ 1 การเตรียมตัวอย่างกล้วยและเปลือกมะละกอเพื่อทำสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ

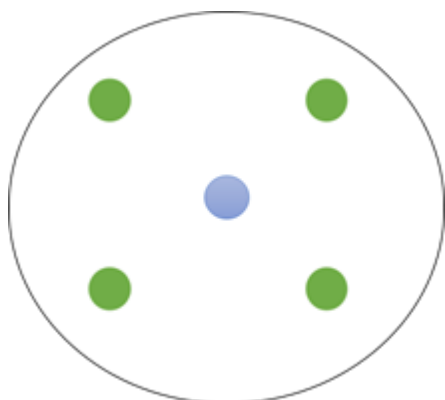


ภาพที่ 2 สารสกัดจากกล้วยหลังการแช่ไว้นาน 20 วัน

2.2 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ

2.2.1 ประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธี Disk diffusion

การทำวิธี Disk diffusion เพื่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เริ่มโดยแช่แผ่น Disk ในสารสกัดทั้งสามชนิด คือสารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอและสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำแผ่น Disk ที่มีสารสกัดมาวางบนแผ่นอาหารในจานเลี้ยงเชื้อ (Plate) 5 ตำแหน่ง โดยให้ Disk ตัวควบคุมแผ่น ที่แช่น้ำมันมะพร้าวอยู่ตรงกลาง และมีสารสกัดตัวอย่างอยู่ตำแหน่งโดยรอบ 4 ตำแหน่ง ด้วยความเข้มข้นตั้งแต่ 25 50 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร โดยที่มีเชื้อจะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ต้องการทดสอบ ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กระจาย (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ตำแหน่งของการวางแผน Disk ที่มีสารสกัดบนแผ่นอาหารเหลวที่อยู่ในจานเลี้ยงเชื้อ 5 ตำแหน่ง

2.2.2 ประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธี Turbidity

ในการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดแบคทีเรียและเชื้อราด้วยวิธี Turbidity เริ่มด้วยการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ชนิดเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิด Nutrient broth และหากเป็นเชื้อราเลี้ยงในอาหารเหลวชนิด Potato dextrose broth จนเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวเจริญเติบโตจนถึงระยะ log phase (10^7 - 10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ทำการบ่มโดยการเขย่าที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที ที่ 37 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และ ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 วันสำหรับเชื้อรา เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งในอาหารเหลว nutrient broth จะใส่สารสกัดตัวอย่าง 3 ชนิด คือสารสกัดจากกล้วย เปลือกมะละกอ และกล้วยกับเปลือกมะละกอ อย่างละ 1 มิลลิลิตร ก่อนทำการบ่ม หลังจากการบ่มแล้วจะทำการวัดการดูดกลืนของแสง (OD) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 600 nm ให้ผลค่า OD ของจุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตด้วยสารสกัด ให้ค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าของตัวควบคุมที่เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตปกติ แสดงถึงประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดได้ผลที่ดี โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวอย่าง Blank

2.3 ครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ

2.3.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้าที่มีสารสกัด

การเตรียมผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้าที่มีสารสกัดทั้งสามตัวอย่าง ด้วยการผสมส่วนผสมทั้งหมดในอุณหภูมิ 65°C (สารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ น้ำมันทานตะวัน การบูร น้ำมันยูคาลิปตัส วาสลีน และขี้ผึ้ง) แล้วกวนให้เข้ากันโดยเติมสารสกัดหลังสุด (ขั้นตอนการเตรียมครีมพัฒนาจากห้องปฏิบัติการ) ก่อนการเทลงในตลับบรรจุภัณฑ์ และปล่อยให้เย็นตัวลง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอดังแสดงภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเตรียมผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอและสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ

2.3.2 การวัดความหนาแน่นของครีมทาเส้นเท้า

การศึกษาค่าความหนาแน่นของครีมทาเส้นเท้า ด้วยการชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตรของครีมทาเส้นเท้า ทำ 3 ซ้ำแล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (มวลต่อปริมาตร, กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของสารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอมีผลการทดลองได้ดังนี้

3.1 คุณลักษณะของสารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ

จากสารสกัดทั้งสามชนิดหลังจากการแช่เป็นเวลานาน 20 วัน แสดงดังภาพที่ 5 พบว่าสารสกัดมีการแยกตัวออกเป็นสามชั้นตามชั้นของตัวทำละลายด้านล่างจนถึงชั้นบน คือ น้ำ PEG และน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น โดยสารสกัดส่วนที่เป็นตะกอนเนื้อจะตกอยู่ในชั้นล่างสุด จากสารสกัดจากกล้วย มีสีน้ำตาลอ่อน ที่ชั้นล่างสุดเป็นตะกอนของเนื้อกล้วยไม่สามารถละลายน้ำอยู่ปริมาณมากถึงร้อยละ 40 (v/v) ชั้นกลางเป็นส่วนของสารสกัดจากกล้วยละลายในชั้นของ PEG ที่มีเป็นสารมีขี้ร้อยละ 10-15 (v/v) และชั้นบนสุดเป็นชั้นของน้ำมันสารสกัดจากกล้วยซึ่งรวมกับน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็นร้อยละ 40 (v/v) ซึ่งเป็นชั้นที่ไม่ละลายน้ำ ไม่มีขี้ ส่วนสารสกัดจากเปลือกมะละกอมีสีเหลืองอ่อน ชั้นล่างสุดเห็นตะกอนของเนื้อมะละกอที่มีสีขาว ไม่สามารถละลายน้ำอยู่ร้อยละ 50 (v/v) ส่วนชั้นกลางมีร้อยละ 20 (v/v) และชั้นบนสุดมีร้อยละ 30 (v/v) ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าที่พบในตัวอย่างสารสกัดจากกล้วย และในสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ มีสีคล้ายสารสกัดจากกล้วย มีสีเหลืองอ่อน โดยชั้นล่างสุดเป็นตะกอนของกล้วยและเปลือกมะละกออยู่ร้อยละ 20-40 (v/v) โดยมีการปนจนถึงชั้นกลาง โดยที่สารสกัดในชั้นกลางของ PEG มีส่วนตะกอนปนในปริมาณร้อยละ 30 (v/v) และชั้นบนสุดมีปริมาณร้อยละ 40-50 มีลักษณะชั้นกว่าที่พบในสารสกัดจากกล้วยและสารสกัดจากเปลือกมะละกอ



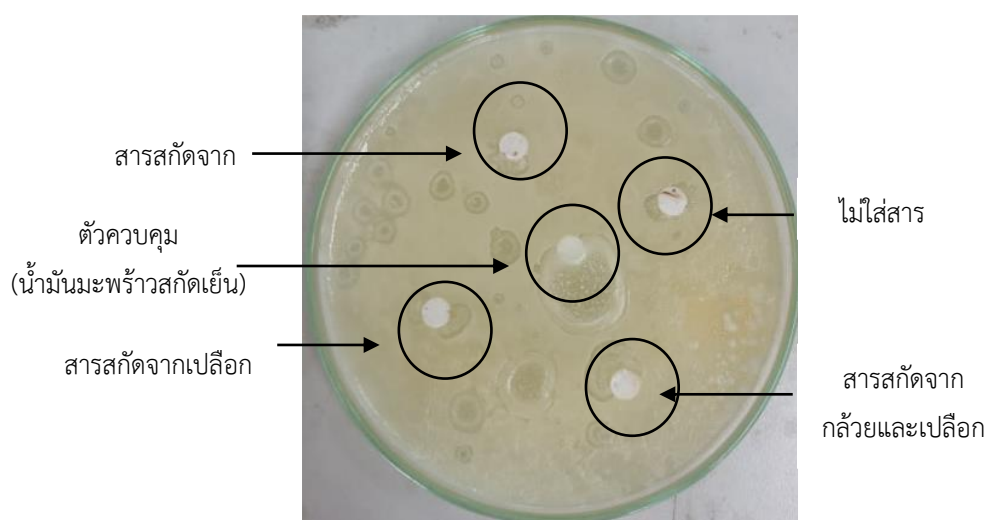
ภาพที่ 5 สารสกัดจากกล้วย (ซ้าย) สารสกัดจากเปลือกมะละกอ (กลาง) และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ (ขวา) หลังจากการแช่ไว้นาน 20 วัน

3.2 การทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผลกล้วยและเปลือกมะละกอด้วยวิธี Disk diffusion และ Turbidity

3.2.1 การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์วิธี Disk diffusion

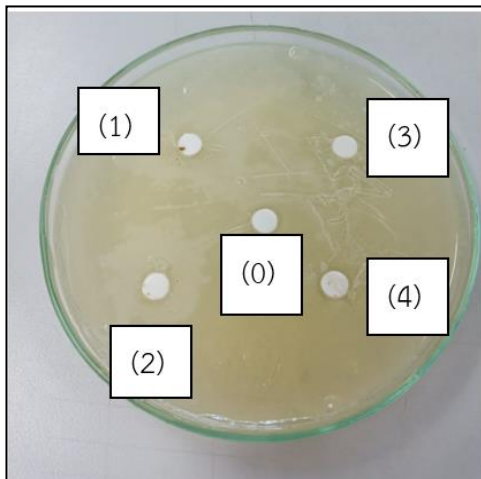
1) ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *E. coli*

ในการศึกษาคุณลักษณะทางชีวภาพด้วยการดูประสิทธิภาพการยับยั้งของสารสกัด สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ ในการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธี Disk diffusion พบ Clear zone จากสารสกัดทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรต่อเชื้อ *E. coli* ดังภาพที่ 6 แต่ตำแหน่ง Clear zone มีลักษณะใส ไม่กลมเนื่องมาจากการไหลของสารสกัดที่ละลายในชั้นน้ำมันมะพร้าว ไม่ซึมลงบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งได้ดี เมื่อผ่านไประยะเวลา 7 วัน

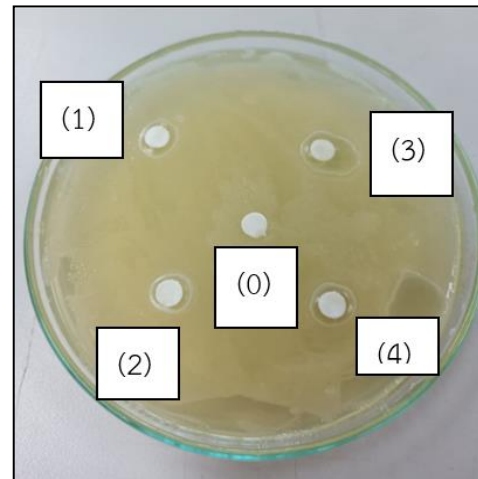


ภาพที่ 6 ตำแหน่งการเกิด Clear zone ของเชื้อ *E. coli* ด้วยวิธี Disk diffusion

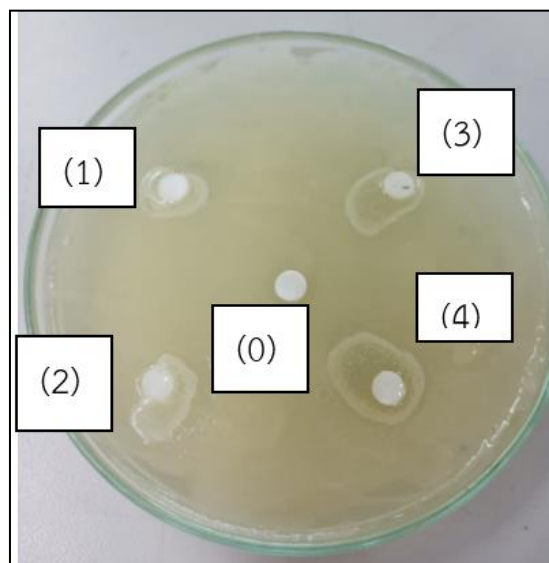
เมื่อทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดดังกล่าวทั้งสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ ตั้งแต่ 25 50 100 และ 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าสารสกัดจากกล้วยไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* (ภาพที่ 7 ก.) ในขณะที่สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 7 ข. และ ค.) สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดี



ก.



ข.

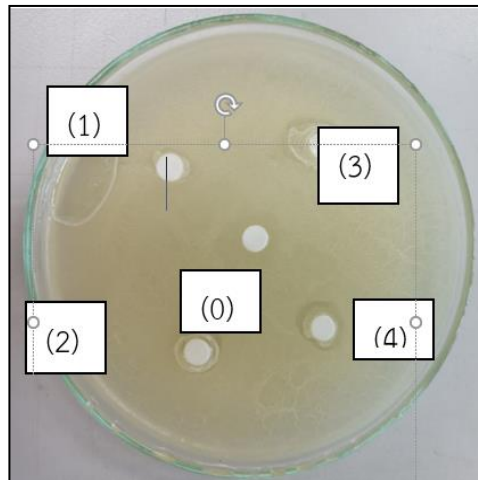


ค.

ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากกล้วย (ก) สารสกัดจากเปลือกมะละกอ (ข) และสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ (ค) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *E. coli* ด้วยวิธี Disk diffusion ที่ความเข้มข้นของสารสกัดแตกต่างกันคือ ตัวควบคุม (น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น) (0), 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (1), 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (2), 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (3), และ 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (4)

2) ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *S. aureus*

ผลของการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากกล้วยต่อการยับยั้ง *S. aureus* ด้วยวิธีเช่นเดียวกับต่อเชื้อ *E. coli* พบว่าสารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกามีการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยก่อให้เกิด Clear zone ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สกัดกล้วยต้องเพิ่มความเข้มข้นตั้งแต่ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตำแหน่งการเกิด Clear zone ของตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกมะละกอ ต่อเชื้อ *S. aureus* ที่ความเข้มข้นของสารสกัดแตกต่างกันคือ ตัวควบคุม (น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น) (0), 25 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (1), 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (2), 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (3), และ 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (4)

3) ประสิทธิภาพการยับยั้งต่อเชื้อรา *Aspergillus* sp.

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งของเชื้อรา *Aspergillus* sp. ผลหลังจากการบ่มเป็นเวลา 3 วัน สารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกามีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *Aspergillus* sp. ได้ดีที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยตามลำดับ โดยสารสกัดจากกล้วยพบที่ความเข้มข้น 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 9 ก.) สารสกัดจากเปลือกมะละกอพบที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรขึ้นไป (ภาพที่ 9 ข.) และสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอพบที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 9 ค.)



ภาพที่ 8 ตำแหน่งการเกิด clear zone ของเชื้อ *Aspergillus* sp. ด้วยวิธี Disk diffusion

4) ประสิทธิภาพการยับยั้งต่อเชื้อ *S. cerevisiae*

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งต่อเชื้อ *S. cerevisiae* ที่เป็นตัวแทนเบื้องต้นของสิ่งมีชีวิตในระดับยูคาริโอต พบว่าสารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ ไม่ยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร

3.2.2 การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Turbidity

ในการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตในอาหารเหลว ด้วยวิธี Turbidity ซึ่งเป็นการดูความขุ่นของจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อถูกยับยั้งการเจริญเติบโตด้วยสาร ซึ่งผลของการยับยั้งการเจริญเติบโตสามารถบอกได้เป็นร้อยละของประสิทธิภาพของการยับยั้งที่แตกต่างกัน โดยสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอและสารสกัดจากเปลือกมะละกอ มีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ดีที่สุด และมีต่อเชื้อ *E. coli*, *S. aureus*, *Aspergillus* sp. และน้อยที่สุดต่อ *S. cerevisiae* ดังตารางที่ 1 ซึ่งมีประสิทธิภาพกว่าวิธี Disk diffusion ที่สามารถบอกประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้เพียง 3 ชนิด คือ *E. coli*, *Aspergillus* sp. และ *S. aureus* ดังแสดงผลสรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ ด้วยวิธี Turbidity

ร้อยละของประสิทธิภาพการยับยั้ง	สารสกัดจากกล้วย	สารสกัดจากเปลือกมะละกอ	สารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ
<i>E. coli</i>	20	60	80
<i>S. aureus</i>	60	80	80
<i>Aspergillus</i> sp.	60	80	80
<i>S. cerevisiae</i>	60	60	50

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ของวิธี Disk diffusion และ Turbidity

เชื้อจุลินทรีย์	วิธี Disk diffusion	วิธี Turbidity
<i>Escherichia coli</i>	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+
<i>Aspergillus sp.</i>	+	+
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	-	+

หมายเหตุ + แสดงถึงการยับยั้งจุลินทรีย์, - ไม่แสดงถึงการยับยั้งจุลินทรีย์

3.3 ครีมทาसनเท้าจากสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ

หลังจากทำการแช่สกัดสารสกัดไว้เป็นเวลา 30 วัน แล้วผสมสารสกัดทั้ง 3 ลงในส่วนผสมครีมทาसनเท้า ได้ศึกษาคุณลักษณะของครีมทาसनเท้าแต่ละชนิดมีผลการทดสอบดังนี้

3.3.1 ลักษณะทางกายภาพของครีมทาसनเท้า

ครีมจากสารสกัดจากกล้วย หลังจากทำครีมทาसनเท้าแห้งตัวพบว่าเนื้อครีมทาसनเท้าที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากกล้วยจะมีลักษณะเนื้อนุ่มมีสีเหลืองอ่อน มีความหนาแน่น 0.9674 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อดมจะมีกลิ่นหอมเย็น และมีความคงตัวอยู่ได้นานอย่างน้อย 45 วัน

ครีมจากสารสกัดจากเปลือกมะละกอ หลังจากทำครีมทาसनเท้าแห้งตัว พบว่าเนื้อครีมทาसनเท้าที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเปลือกมะละกอจะมีลักษณะเนื้อนุ่มมีสีเหลืองอมเขียวมีความหนาแน่น 0.9103 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อดมจะมีกลิ่นหอมเย็น และมีความคงตัวอยู่ได้นานอย่างน้อย 45 วัน

ครีมจากสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอ หลังจากทำครีมทาसनเท้าแห้งตัว พบว่าเนื้อครีมทาसनเท้าที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเปลือกมะละกอจะมีลักษณะเนื้อนุ่มมีสีเหลืองเข้ม มีความหนาแน่น 0.8057 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อดมจะมีกลิ่นหอมเย็น และมีความคงตัวอยู่ได้นานอย่างน้อย 45 วัน

จากการเก็บสารสกัดทั้งสามชนิดไว้นาน 45 วัน ที่อุณหภูมิห้อง จะพบว่าครีมทาसनเท้าจากสารสกัดจากกล้วยสามารถคงกลิ่นหอมเย็น ไม่เหม็นหืน แต่สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และกล้วยกับเปลือกมะละกอ เมื่อระยะเวลาผ่านไปเริ่มมีกลิ่นหืนของน้ำมันเล็กน้อย สารสกัดทั้งสามชนิดมีคุณลักษณะที่สังเกตสรุปได้ดังตารางที่

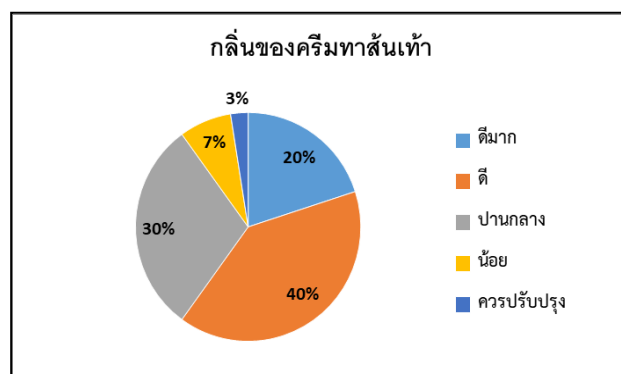
ตารางที่ 3.3 ลักษณะครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดจากกล้วย เปลือกมะละกอ และกล้วยกับเปลือกมะละกอ

สารสกัดใน ครีมทาเส้นเท้า	กลิ่น	สี	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความคงตัวของ ครีมทาเส้นเท้า (วัน)
กล้วย	หอมเย็น	เหลืองอ่อน	0.9674	45
เปลือกมะละกอ	หอมเย็น และเริ่มมีกลิ่นหืน	เหลืองอมเขียว	0.9103	45
กล้วยกับ เปลือกมะละกอ	หอมเย็น และเริ่มมีกลิ่นหืน	เหลืองเข้ม	0.8057	45

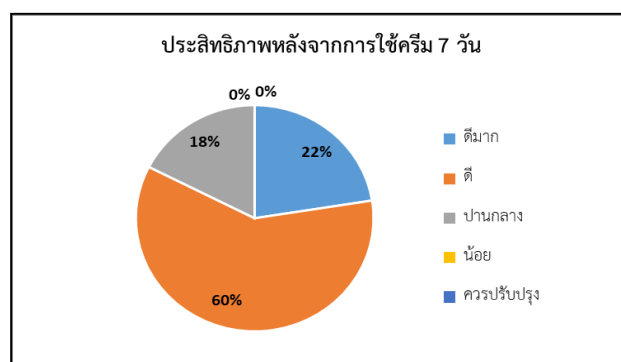
3.3.2 ความพึงพอใจในการใช้ครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอ

ความพึงพอใจในการใช้ครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดจากกล้วย เปลือกมะละกอ และกล้วยกับเปลือกมะละกอที่ได้จากการสำรวจแบบสอบถามความพึงพอใจ ในการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดจากกล้วย และเปลือกมะละกอตแทนสารเคมีเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในครีมทาเส้นเท้า จากผู้ทดสอบ 40 คน โดยสุ่มจากเจ้าหน้าที่และนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และจากคนในชุมชนวัดท่าพระและชุมชนท่าทราย ได้ผลดังนี้

กลุ่มผู้ทดสอบเป็นเพศหญิง 22 คน คิดเป็นร้อยละ 55 และเพศชาย 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45 พบว่าส่วนใหญ่เป็นนักศึกษา โดยมีรายละเอียดประกอบด้วยผู้ที่มิอาชีพรับราชการร้อยละ 12 รัฐวิสาหกิจร้อยละ 8 รับจ้างร้อยละ 10 นักเรียนนักศึกษาร้อยละ 45 และอื่น ๆ ร้อยละ 25 อยู่ในช่วงวัยรุ่นอายุ 18-25 ปีมากที่สุด และในวัยอื่น ๆ น้อยกว่าเล็กน้อย ส่วนใหญ่มีผิวสีแทนเป็นผู้ที่มีผิวแห้งสูง คือร้อยละ 55 ซึ่งสูงกว่าผู้ที่มีผิวปกติที่ร้อยละ 25 และผู้ที่มีผิวแห้งมากร้อยละ 20 มีความพึงพอใจในการเลือกผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดทั้งสามชนิด ไม่แตกต่างกัน คิดเป็นร้อยละ 25 มีความพึงพอใจต่อลักษณะเนื้อของครีมทาเส้นเท้าค่อนข้างดีมากถึงร้อยละ 35-50 โดยชอบที่มีลักษณะเนื้อครีมทานุ่ม เมื่อทาให้ความละเอียด ชุ่มชื้นเท้าได้ดี และมีความพึงพอใจต่อกลิ่นของครีมทาเส้นเท้าโดยรวม (ภาพที่ 10) ในระดับดีร้อยละ 40 และปานกลางร้อยละ 30 ทั้งนี้พบว่าผู้ที่ต้องการให้มีการปรับปรุงร้อยละ 3 มาจากการดมกลิ่นครีมทาเส้นเท้าจากสารสกัดจากเปลือกมะละกอ และกล้วยกับเปลือกมะละกอ ที่มีกลิ่นหืนของน้ำมันและพอใจต่อส่วนผสมจากธรรมชาติของครีมทาเส้นเท้าค่อนข้างดีถึงดีมากร้อยละ 42-50 และปานกลางร้อยละ 8 โดยชอบในส่วนผสมจากธรรมชาติ คิดว่าจะให้ผลดีต่อเท้าทำให้เท้านุ่มชุ่มชื้น และชอบที่พบว่าไม่ก่อเกิดการระคายเคืองต่อผิว ทำให้เท้ามีความนุ่มชุ่มชื้น ลดความหยابกร้าน เนื้อครีมยังคงตัวได้นานในระยะเวลาการใช้งาน โดยมีความคงตัวอยู่นานมากกว่า 60 วัน ความพึงพอใจของผู้ทดสอบต่อประสิทธิภาพหลังจากใช้ครีม 7 วัน แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 10 ทศนคติของผู้ทดสอบต่อกลิ่นโดยรวมของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครีมทาसनเท้า



ภาพที่ 11 ทศนคติของผู้ทดสอบต่อประสิทธิภาพหลังการใช้ครีมทาसनเท้า 7 วัน

4. บทสรุป

จากงานพัฒนาสารสกัดจากผลกล้วยและเปลือกมะละกอทดแทนสารเคมีเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในครีมทาसनเท้า สารสกัดจากกล้วย สารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยผสมกับเปลือกมะละกอด้วยวิธี Disk diffusion และ Turbidity มีประสิทธิภาพในการยับยั้งต่อจุลินทรีย์ทั้งโปรคาริโอต คือ แบคทีเรีย และยูคาริโอตคือยีสต์ โดยที่สารสกัดจากกล้วยสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* (ตั้งแต่ความเข้มข้น 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และเชื้อรา *Aspergillus* sp. (ตั้งแต่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ได้ดี สำหรับสารสกัดจากเปลือกมะละกอสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบและบวก คือเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ได้ดีกว่าสารสกัดจากกล้วย โดยสามารถยับยั้งเชื้อทั้ง 2 ชนิด (ตั้งแต่ที่ความเข้มข้น 25 และ 150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ) และสำหรับสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอมีกุณสมบัติที่คล้ายสารสกัดจากเปลือกมะละกอ คือสามารถยับยั้งทั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* (ทั้ง 2 ชนิดตั้งแต่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และยังสามารถยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp. (ตั้งแต่ที่ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) แต่ทั้งนี้พบว่าสารสกัดทั้งสามชนิดไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ซึ่งเป็นผลที่ดีเนื่องจากยีสต์เป็นเซลล์ยูคาริโอต ซึ่งสามารถใช้บอกถึงความเป็นพิษ น่าจะเป็นมิตรต่อผู้บริโภค

ทั้งนี้ในการทดสอบการยับยั้งต่อจุลินทรีย์ของสารสกัดทั้ง 3 ชนิดด้วยวิธี Turbidity ต่อจุลินทรีย์โปรคาริโอต คือ แบคทีเรีย ยูคาริโอตคือยีสต์และรา ให้ผลเช่นเดียวกับการวัดด้วยวิธี Disk diffusion โดยพบว่าที่ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ที่ 600 นาโนเมตร ลดลงจากตัวควบคุมที่มีจุลินทรีย์แต่ไม่มีสารสกัดทั้ง 3 โดยสารสกัดทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *S. aureus* และเชื้อรา *Aspergillus* sp. ได้ดี (ร้อยละ 80) แต่เฉพาะสารสกัดมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับมะละกอที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ *E. coli* (ลดลงร้อยละ 60) แต่ด้วยวิธี Turbidity สามารถช่วยบ่งบอกได้ว่า สารสกัดทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพน้อยในการยับยั้งเชื้อยีสต์ (ลดลงไม่ถึง 50%)

จากผลดังกล่าวทั้งหมดนี้สามารถสรุปว่าสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และรองลงมาคือสารสกัดจากเปลือกมะละกอ และสารสกัดจากกล้วย และเมื่อนำสารสกัดทั้ง 3 ชนิดผสมเป็นผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้า พบว่าครีมที่ได้มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน แต่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้เส้นเท้าที่แตกดีขึ้น โดยเนื้อครีมทาเส้นเท้าของสารสกัดจากกล้วย มีลักษณะนุ่ม สีเหลืองอ่อน กลิ่นหอมเย็น แตกต่างจากสารสกัดจากเปลือกมะละกอเล็กน้อยที่มีลักษณะนุ่ม สีเหลืองอมเขียว มาจากสีของมะละกอ และสารสกัดจากกล้วยกับเปลือกมะละกอมีลักษณะที่นุ่ม สีเหลืองแก่ของสีกล้วยชัดเจน

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดให้ผู้ทดสอบแบบสุ่ม จากวัยรุ่นและผู้ใหญ่ ทั้งชายและหญิง จากหลายแหล่ง คือ นักศึกษาและเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จากชุมชนวัดท่าพระ และจากชุมชนท่าทราย ด้วยการตอบแบบสอบถามหลังจากได้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้าทั้ง 3 แบบ ผู้ใช้ส่วนใหญ่พึงพอใจในครีมทั้ง 3 ชนิดร้อยละ 60 แต่ร้อยละ 40 ที่พอใจในกลุ่มที่ทีมงานวิจัยเลือกใช้คือ กลิ่นยูคาลิปตัส โดยพบว่าต้องการให้มีการปรับปรุงกลิ่นด้วยการเติมกลิ่นให้หอม และครีมดังกล่าวมีความคงตัวของครีมทาเส้นเท้าได้นานอย่างน้อย 60 วัน ผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 50 ที่พอใจในผลิตภัณฑ์เมื่อทดสอบได้ 3 วัน ร้อยละ 60 ของผู้บริโภคเห็นประสิทธิภาพการใช้หลัง 7 วัน บอกถึงผลดี คือทำให้เท้านุ่มชุ่มชื้น และไม่เกิดการระคายเคืองต่อผิว

ดังนั้นจากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าสารสกัดจากกล้วยและเปลือกมะละกอสามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ครีมทาเส้นเท้า ใช้ทารักษาอาการเท้าแตกในระยะเวลาอย่างน้อย 7 วันและด้วยคุณสมบัติของสารสกัดทั้ง 2 ชนิดที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแบคทีเรียและเชื้อรา จึงสามารถนำมาใช้ทดแทนการใช้สารเคมีกันเสียในครีมทาเส้นเท้าได้ ด้วยราคาวัตถุดิบ และขั้นตอนการทำงานที่ง่าย ทำให้ผลิตภัณฑ์ครีมดังกล่าวนี้จะสามารถนำไปพัฒนาต่อไปในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สถาบันวิจัยและพัฒนา ในทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการ ส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปี 2562

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อุมพร ทาโสง 2558. ความเสี่ยงต่ออันตรายจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องสำอาง [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?topic>.
- [2] ศรัณยา ธาราแสง และคณะ. 2556. การศึกษาสารสกัดจากสมุนไพรผลพิลังกาสาและเปลือกมังคุด เพื่อใช้เป็นสารกันบูด ในผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอาง. รายงานการวิจัย, สถาบันวิจัยสมุนไพร, สำนักเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 31-32.
- [3] อภัยศรีธนา ราษฎร์จิตร์. 2561. สารกันเสีย/สารกันบูด/ยากันบูด (Preservatives). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:<http://www.haamor.com/th>.
- [4] Disthai 2560. กล้วยน้ำว่า. [ออนไลน์]. (20 ธันวาคม 2561) เข้าถึงได้จาก: <https://www.disthai.com/16915273/กล้วยน้ำว่า>
- [5] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2556. สารกันบูด (Preservatives). [ออนไลน์]. (18 กุมภาพันธ์ 2562) เข้าถึงได้จาก: <https://www.scimath.org/articlechemistry/item/3407-2013-03-06-07-47-00>.
- [6] สุชาติ เสรี. 2558. ปลุกมะละกอพืชสารพัดประโยชน์. [ออนไลน์]. (15 กุมภาพันธ์ 2562). เข้าถึงได้จาก : http://technology-farmmer.blogspot.com/2015/02/blog-post_17.html.
- [7] ธารทิพย์ รัตน์ะ. 2558. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากสับปะรดและมะละกอ ในการต่อต้านราก่อโรคแอนแทรกโนสในพริก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 456-468.
- [8] ความรู้สุขภาพ. 2562. ส้นเท้าแตก สาเหตุ อาการ การรักษา การป้องกัน และวิธีการดูแลตนเองเมื่อมีอาการ. [ออนไลน์]. (17 สิงหาคม 2562) เข้าถึงได้จาก: <https://www.honestdocs.co/heel-cracks-cause-healing-symptoms>
- [9] นิธิ ตั้งศรีทรัพย์. 2555. การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อสิวและการติดเชื้อผิวหนังที่พบได้บ่อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาจิตวิทยา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [10] สิริแข พงษ์สวัสดิ์ และทรงพล จำดิษฐ์. 2558. ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของเปลือกผลไม้บางชนิดต่อ Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* Antibacterial Activities of Some Fruit Peels against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. สาขาวิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [11] วิสสุตา คุ่มวงษา. 2558. ประสิทธิภาพของเจลล้างมือผสมสารสกัดจากเปลือกผลไม้ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค. วารสารวิจัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

ผลิตภัณฑ์ลดความชื้นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้สารสกัดซิลิกาจากใบไผ่ Environmentally Friendly Dehumidifying Product Using Silica Extracted from Bamboo Leaves

ภัทริกา สูงสมบัติ^{1*}, ศิริวรรณ พรมเกตุจันทร์² และธำพรณ์ วงษ์ประยูร³

Patarika Soongsombat^{1*}, Siriwan Phomketjjan² and Thapakorn Wongprayoon³

^{1,2,3}สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*patarika.s@rmutp.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

ซิลิกามีรูปร่างไม่แน่นอน พื้นผิวมีความพิเศษเฉพาะตัวเนื่องจากมีรูพรุนและช่องว่างในระดับนาโนเมตร สามารถใช้ในการดูดซับน้ำและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพให้แห้ง ปกป้องอุปกรณ์ต่าง ๆ จากความเสียหายเพราะความชื้นได้เป็นอย่างดี การศึกษานี้จึงสนใจที่จะทำผลิตภัณฑ์ลดความชื้นที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้ซิลิกาที่สกัดจากใบไผ่ โดยการนำใบไผ่แห้งมาต้มกับกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ แล้วเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปตรวจวัดค่าความบริสุทธิ์ของซิลิกาด้วยวิธี X-ray Fluorescence ผลการตรวจวัดพบว่าความบริสุทธิ์ของซิลิกาที่สกัดได้มีค่าสูงสุดร้อยละ 96 จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 4 โมลาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมคือซิลิกาเจลทางการค้า จากการศึกษาความสามารถในการดูดความชื้น ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ ให้ประสิทธิภาพในการดูดความชื้นสูงที่สุด ในขณะที่ความสามารถในการเก็บกักน้ำ และดูดซับน้ำ ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3 โมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงสุด ความสามารถในการลดความชื้นของซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดทั้ง 4 ความเข้มข้นนั้นมีความแตกต่างกันไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับซิลิกาเจลทางการค้า ดังนั้นการใช้ซิลิกาที่สกัดจากใบไผ่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีราคาที่ถูกกว่าซิลิกาที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้และพัฒนาในงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

คำสำคัญ : ซิลิกา, ใบไผ่, ผลิตภัณฑ์ลดความชื้น, การดูดซับน้ำ, ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Abstract

Silica is an amorphous and nanometer scale voids and porous form of silicon dioxide. As long known for its high specific surface area, synthetic silica has been used to adsorb water readily and applied for keeping many biological products dry, protecting equipment from moisture damage. In the study, the researchers have interested in making the tentative eco-friendly dehumidifier products based on the silica extract from bamboo leaves. The extraction procedures were performed by boiling dry bamboo leaves with various concentrated Hydrochloric acid (HCl) at 1, 2, 3 and 4 M, then burning them at 650°C for 4 hr before analyzing the purity of the biosilica with the X-ray Fluorescence method. The results showed that the highest purity of the biosilica sample at 97% could be obtained after treated with 4 M HCl, comparing with the commercial silica. By hygroscopic test, the extracted biosilica with 1 M HCl showed the highest moisture absorption properties close to the commercial silica. While the highest adsorption capacity was found in the biosilica sample treated with 3 M HCl. The dehumidifying efficiency of the biosilica power as dehumidifier papers was not much different, comparing to the commercial silica gel. Instead of using synthetic silica, therefore, this high environmentally friendly and cheaper biosilica from bamboo leaves can preferably be decent and further applied in green industry.

Keywords: Biosilica, Bamboo leave, Dehumidifying product, Water adsorption, Eco-friendly

1. บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นปัญหาที่สำคัญ การเผาทำลายเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพอากาศ กรมควบคุมมลพิษได้ระบุว่าค่าการปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก หรือ PM10 จากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีค่า 7 กิโลกรัมจาก 1,000 กิโลกรัมของเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ถูกเผาไหม้ จึงมีผลกระทบต่อด้านสุขภาพจากปัญหาหมอกควันพิษ แม้ว่าเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้จะสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีมูลค่าได้ แต่ก็เป็นภาระสิ้นเปลืองแรงงานของเกษตรกรที่ต้องพลิกกลับกองปุ๋ยหมักและยังใช้เวลาในการหมักนาน 3-6 เดือน [1] ซึ่งไม่คุ้มค่ากับเวลาที่เสียไป

ใบไม้เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดหนึ่งซึ่งยังมีเหลือทิ้งในปริมาณมาก โดยเฉพาะใบไม้ที่แห้งแล้ว เพราะใบส่วนนี้ถ้าปล่อยให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติมักจะใช้ระยะเวลานาน การนำใบไม้แห้งไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นนอกจากการหมักทำปุ๋ย หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วจึงค่อนข้างทำได้ยาก ทำให้ต้องมีการหาวิธีกำจัดหรือนำใบไม้แห้งเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น และเนื่องจากในใบไม้มีสารประกอบต่าง ๆ อยู่

ด้วย โดยเฉพาะซิลิกาที่พบถึงร้อยละ 57 [2] ซึ่งซิลิกามีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้น จึงสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ลดความชื้นได้ ซิลิกาที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าซิลิกาในรูปแบบผลึกมาก และมีพื้นที่ผิวจำเพาะ จึงถูกใช้เป็นสารเพิ่มความแข็งแรง สารเติมแต่ง สารดูดซับ และเป็นสารดูดความชื้น [3] โดยสารสกัดซิลิกาที่ได้จากใบไผ่ มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น จึงนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ลดความชื้นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นการสกัดซิลิกาจากใบไผ่ซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติ จึงสามารถนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ลดความชื้นที่จะเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มนุษย์ สังคม และไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมตามมาในภายหลัง เพราะใบไผ่นั้นหาได้ง่าย สามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติและยังเป็นการลดต้นทุนให้การผลิตเมื่อเทียบกับซิลิกาที่สังเคราะห์ในปัจจุบัน ซิลิกาที่สกัดจากใบไผ่มีราคาถูก ปลอดภัย สารลดความชื้นที่ได้ก็ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการรักษาสภาพสินค้าต่าง ๆ ให้คงสภาพเดิม รวมถึงป้องกันความเสียหายจากปัญหาเรื่องความชื้นได้

2. วิธีการวิจัย

2.1 การสกัดซิลิกาจากใบไผ่

นำใบไผ่ไปตากแดดเพื่อลดความชื้น ตัดใบไผ่ที่แห้งให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วปั่นให้ละเอียด ต้มใบไผ่ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ เป็นเวลา 60 นาที แล้วล้างน้ำกลั่นจนกว่าจะได้ pH เป็นกลาง อบให้แห้งแล้วเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.2 การตรวจวัดค่าความบริสุทธิ์ของซิลิกา

นำซิลิกาที่สกัดจากใบไผ่ด้วยกรดไฮโดรคลอริกทั้ง 4 ความเข้มข้น ไปวัดความบริสุทธิ์ของซิลิกาด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence (XRF)

2.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

แช่กระดาษลงในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนเปียก แล้วนำไปปั่นให้เป็นเยื่อ ใช้ตะแกรงขนาด 8 x 8 เซนติเมตร ช้อนเยื่อขึ้นมา ขณะที่เยื่อเปียกผสมผงซิลิกาลงไปในเนื้อกระดาษ 2 กรัม จนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปตากแดดจนผลิตภัณฑ์แห้ง

2.4 การทดสอบคุณภาพของผงซิลิกาที่สกัดจากใบไผ่

2.4.1 การดูดความชื้นของผงซิลิกา

นำตัวอย่างทั้งหมดไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนแห้ง ชั่งตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่ไว้ในภาชนะปิดที่มีน้ำอิ่มตัว เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณค่าร้อยละการดูดความชื้น

$$\text{ค่าร้อยละการดูดความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักของผงซิลิกาหลังทดลอง} - \text{น้ำหนักของผงซิลิกาก่อนการทดลอง}) \times 100}{\text{น้ำหนักของผงซิลิกาก่อนการทดลอง}}$$

2.4.2 การเก็บกักน้ำของผงซิลิกา

นำตัวอย่างผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดทั้ง 4 ความเข้มข้น ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนแห้ง ใส่ผงซิลิกาลงในกระดาษกรอง หยดน้ำลงไปบนซิลิกาจนอิ่มตัวและไม่สามารถดูดซับน้ำอีกได้ หาปริมาตรของน้ำที่ซิลิกาเก็บกักไว้ เพื่อนำไปคำนวณค่าร้อยละการเก็บกักน้ำจากสมการ

$$\text{ร้อยละการเก็บกักน้ำ} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังเก็บกักน้ำ} - \text{น้ำก่อนเก็บกักน้ำ}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนเก็บกักน้ำ}}$$

2.4.3 การดูดซับน้ำของผงซิลิกา

นำตัวอย่างผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดทั้ง 4 ความเข้มข้น ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนแห้ง แล้วใส่ตัวอย่างลงในหลอดทดลอง หลอดละ 2 กรัม ชั่งน้ำหนักทั้งหลอด แล้วเติมน้ำใส่ในหลอด 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที แล้วจึงนำน้ำที่เหลืออก ชั่งน้ำหนักหลอดทดลองอีกครั้ง แล้วนำไปคำนวณค่าร้อยละการดูดซับน้ำจากสมการ

$$\text{ค่าร้อยละการดูดซับน้ำ} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังการดูดซับน้ำ} - \text{น้ำหนักก่อนการดูดซับน้ำ}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนการดูดซับน้ำ}}$$

2.5 การทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.5.1 การดูความชื้นของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปซึ่งใส่ผงซิลิกาปริมาณ 2 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนแห้งแล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นวางผลิตภัณฑ์ไว้ในภาชนะที่อ้อมตัวด้วยไอน้ำเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำผลิตภัณฑ์มาชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าร้อยละการดูความชื้นของผลิตภัณฑ์จากสมการ

$$\text{ค่าร้อยละการดูความชื้นของผลิตภัณฑ์} = \frac{(\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังการทดลอง} - \text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนการทดลอง}) \times 100}{\text{น้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนการทดลอง}}$$

2.5.2 การศึกษาลักษณะการยึดเกาะพื้นผิวของซิลิกาในผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

ศึกษาการยึดเกาะของผงซิลิกาในผลิตภัณฑ์ผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

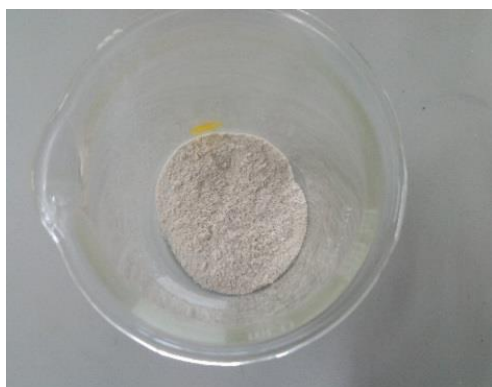
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ลักษณะและความบริสุทธิ์ของซิลิกาที่สกัดจากใบไผ่

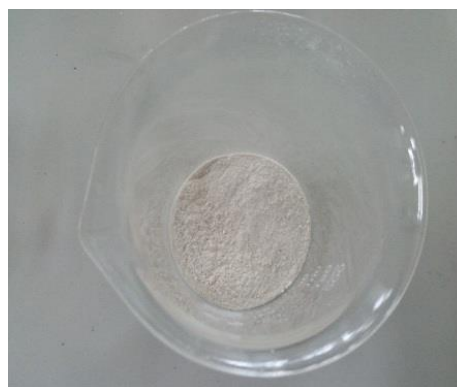
ใบไผ่แห้งมีลักษณะค่อนข้างแข็ง พื้นผิวหยาบ หลังจากผ่านการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีความแข็งลดลง พื้นผิวหยาบน้อยลง เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกได้เข้าไปย่อยสลายสารประกอบที่อยู่ในใบไผ่ หลังจากนั้นนำใบไผ่ที่ต้มแล้วไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส สารประกอบคาร์บอนต่าง ๆ สลายไป เหลือเพียงซิลิกา

กา พบว่าได้ซิลิกาที่แตกต่างกันเล็กน้อย โดยซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ มีสี ขาวอมน้ำตาลอ่อน, สีขาวอมน้ำตาล, สีขาวอมเหลือง และสีขาว ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

เมื่อนำไปตรวจวัดค่าความบริสุทธิ์โดยใช้เครื่อง XRF ได้ค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของซิลิกาเป็น 90-96 ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของสิริลักษณ์ เจริญกร [4] ที่สามารถสกัดซิลิกาออกจากแคลปได้ ร้อยละ 99 และรินภา เล็งสาย และคณะ [5] ที่สกัดจากขี้เถ้าชานอ้อยได้ ร้อยละ 96.72 พบว่า ซิลิกาที่สกัดโดยใช้กรด ความเข้มข้นสูง ความบริสุทธิ์ของ ซิลิกายิ่งสูงขึ้น ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 4 โมลาร์ ให้ค่า ความบริสุทธิ์ของซิลิกาสูงมากที่สุด แต่ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 2 โมลาร์ มีความบริสุทธิ์ต่ำ ที่สุด ซึ่งอาจจะเกิดจากโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากการสกัดด้วยกรดแตกต่างไปจากการต้มด้วยกรดความเข้มข้นอื่น (ภาพที่ 2)



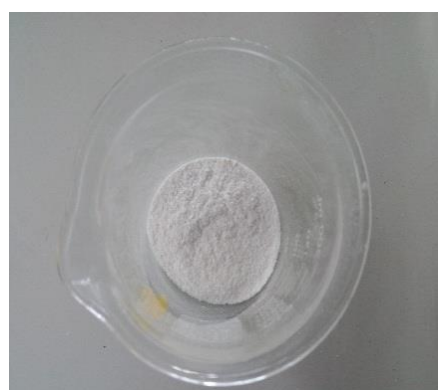
ก) ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรด
ความเข้มข้น 1 โมลาร์



ข) ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรด
ความเข้มข้น 2 โมลาร์

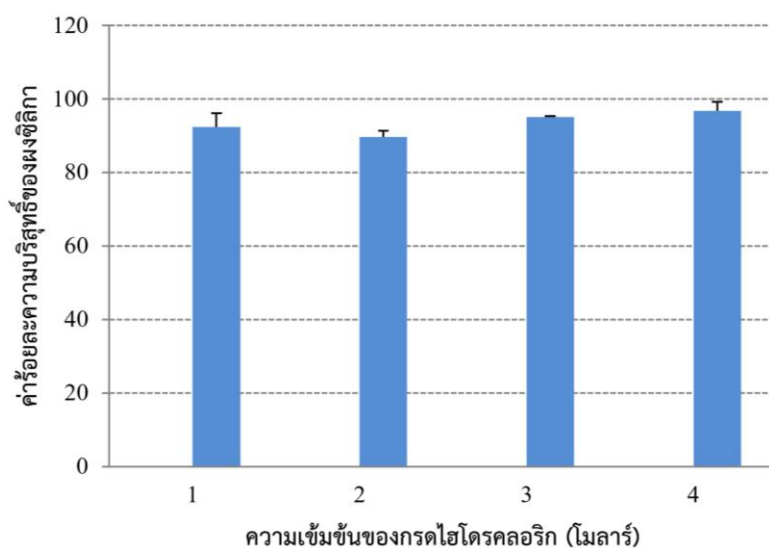


ค) ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรด
ความเข้มข้น 3 โมลาร์



ง) ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรด
ความเข้มข้น 4 โมลาร์

ภาพที่ 1 ลักษณะและสีของซิลิกาที่สกัดจากใบไผ่โดยการต้มด้วยกรดความเข้มข้นต่าง ๆ

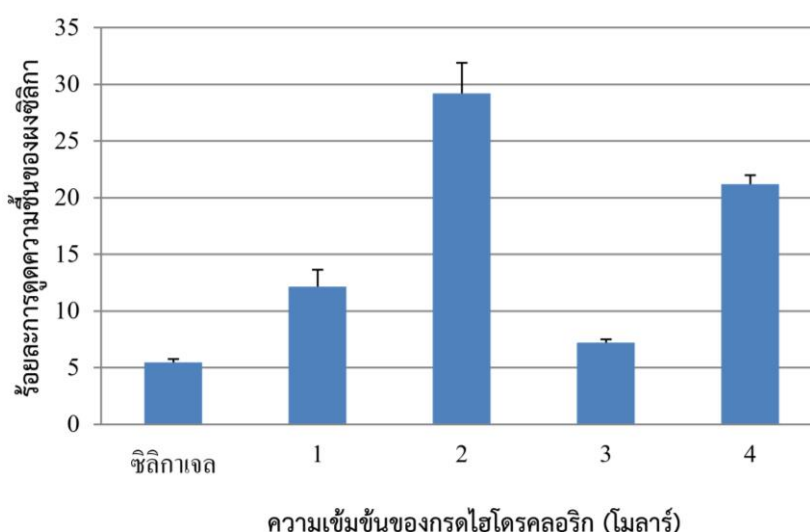


ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าร้อยละความบริสุทธิ์ของซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้นต่าง ๆ

3.2 ผลการทดสอบคุณภาพของผงซิลิกาที่สกัดจากใบไม้

3.2.1 ผลการดูดความชื้นของผงซิลิกา

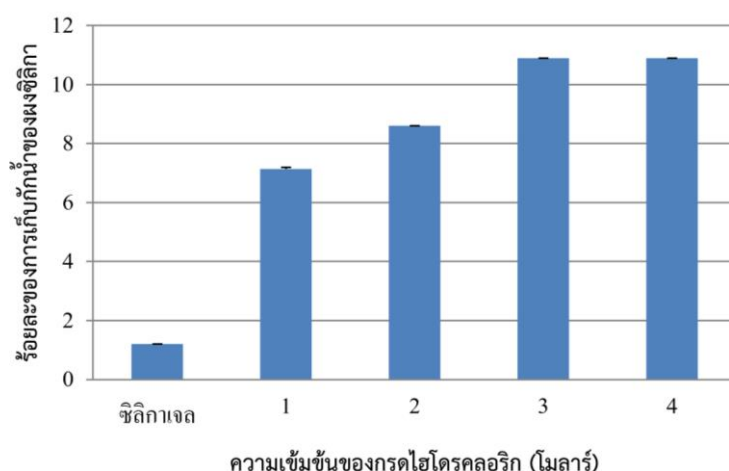
พบว่าซิลิกาเจลทางการค้า (ตัวควบคุม) และซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ มีค่าร้อยละการดูดความชื้นเป็น 5.45, 12.14, 29.21, 7.21 และ 21.18 ตามลำดับ ผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 2 โมลาร์ มีค่าร้อยละการดูดความชื้นมากที่สุดคือ ร้อยละ 29.21 แม้ว่าค่าความบริสุทธิ์ของซิลิกาที่ได้จากเครื่อง XRF จะมีค่าต่ำที่สุด อาจเป็นเพราะซิลิกาที่ได้มีรูปร่างไม่แน่นอน กรดไฮโดรคลอริกในความเข้มข้นนี้อาจทำให้โครงสร้างของซิลิกาเอื้อต่อการจับกับความชื้นในอากาศได้มากกว่าซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นอื่น (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าร้อยละการดูดความชื้นของผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้นต่าง ๆ

3.2.2 ผลการเก็บกักน้ำของผงซิลิกา

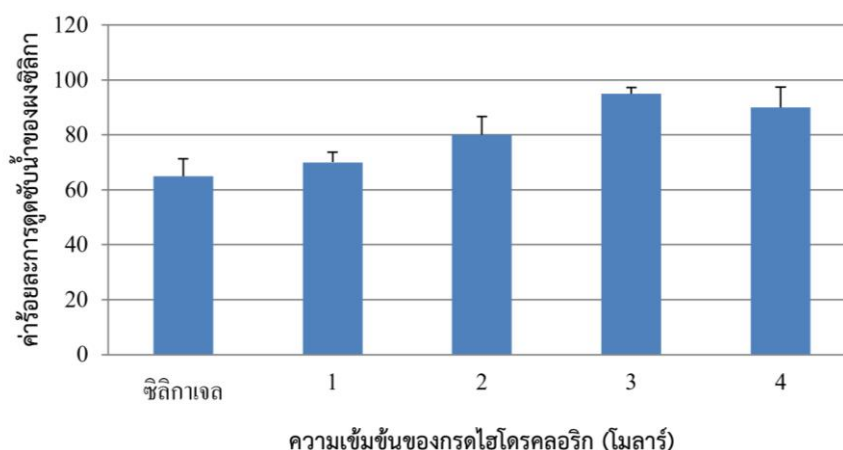
พบว่าซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ มีค่าร้อยละการกักเก็บน้ำของผงซิลิกา คือ 2.0, 7.1, 8.6, 10.9 และ 10.9 ตามลำดับ ผงซิลิกาที่ต้มด้วยกรดความเข้มข้น 3 และ 4 โมลาร์ มีการเก็บกักน้ำสูงที่สุดเท่ากัน คือ ร้อยละ 10.9 (ภาพที่ 4) เนื่องจากผงซิลิกาทั้ง 2 ความเข้มข้นกรดมีค่าความบริสุทธิ์ที่สูงและใกล้เคียงกัน จึงทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บกักน้ำสูงไปด้วย นอกจากนี้โครงสร้างที่เกิดจากการต้มของกรดในความเข้มข้นทั้งสองค่านี้ คาดว่าเป็นโครงสร้างที่มีรูพรุนสูง จึงสามารถเก็บกักน้ำได้มาก



ภาพที่ 4 กราฟแสดงผลค่าร้อยละการเก็บกักน้ำของผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้นต่าง ๆ

3.2.3 ผลการดูดซับน้ำของผงซิลิกา

พบว่าซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ มีค่าการดูดซับน้ำ ร้อยละ 70, 70, 80, 95 และ 90 ตามลำดับ ค่าร้อยละการดูดซับน้ำของผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 3 และ 4 โมลาร์ มีค่ามากที่สุด (ภาพที่ 5) เนื่องจากผงซิลิกาทั้ง 2 ความเข้มข้นของกรด มีค่าความบริสุทธิ์ที่ใกล้เคียงกันทำให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำได้ดี อาจเป็นเพราะโครงสร้างของซิลิกามีลักษณะเป็นรูพรุนจึงทำให้ดูดซับน้ำได้มาก ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเก็บกักน้ำของผงซิลิกาด้วย



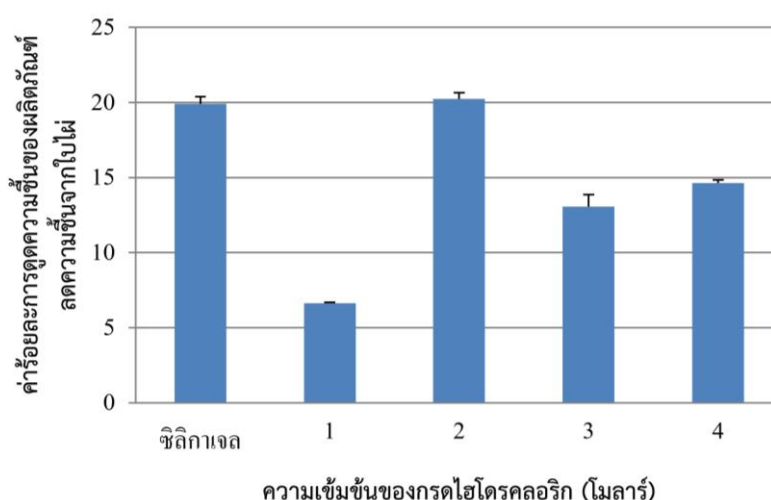
ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าร้อยละการดูดซับน้ำของพริกที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้นต่าง ๆ

3.3 ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3.3.1 ผลการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากชิลิกาเจล (ตัวควบคุม) และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 โมลาร์ เมื่อทำการทดสอบการดูดความชื้นในระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าร้อยละการดูดความชื้นของทุกตัวอย่างสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 19.90, 6.63, 20.25, 13.06 และ 14.64 ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

ตลอดระยะเวลาในการทดลอง พบว่าชิลิกาเจลซึ่งเป็นตัวควบคุมมีค่าร้อยละการดูดความชื้นสูงที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 2 โมลาร์ (ภาพที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับค่าร้อยละการดูดซับความชื้นของพริก เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของชิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้น 2 โมลาร์ มีความสามารถในการจับกับความชื้นในอากาศได้ดี แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้นนี้มีความสามารถในการเก็บกักน้ำและดูดซับน้ำต่ำ



ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าร้อยละการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มด้วยกรดความเข้มข้นต่าง ๆ

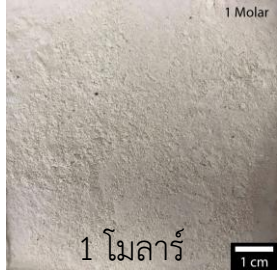
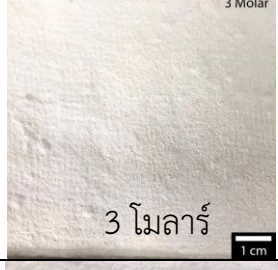
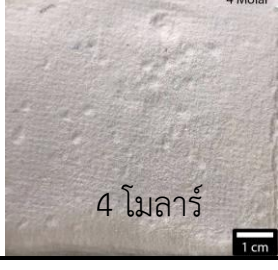
3.3.2 ผลการสังเกตลักษณะการยึดเกาะผิวของซิลิกาในผลิตภัณฑ์

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่าการยึดเกาะผิวของผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ มีการยึดเกาะไม่สม่ำเสมอและมีพื้นผิวหยาบ จาก 2 โมลาร์ มีการยึดเกาะสม่ำเสมอและมีพื้นผิวเรียบ จาก 3 โมลาร์ มีการยึดเกาะไม่สม่ำเสมอและมีพื้นผิวหยาบ จาก 4 โมลาร์ มีการยึดเกาะไม่สม่ำเสมอและมีพื้นผิวหยาบเช่นเดียวกันกับ 3 โมลาร์ และผงซิลิกาเจลทางการค้ามีการยึดเกาะสม่ำเสมอมีพื้นผิวที่เรียบ (ตารางที่ 1)

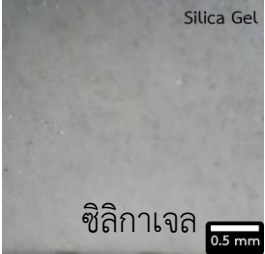
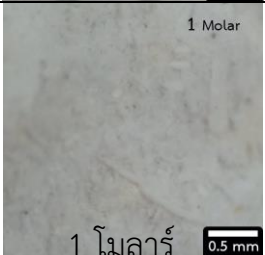
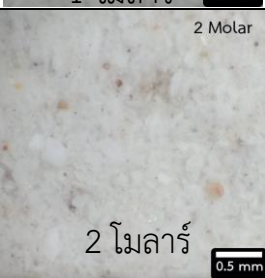
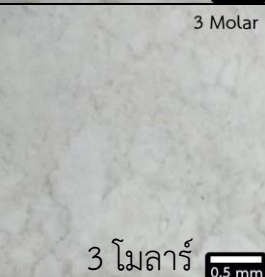
การยึดเกาะผงซิลิกาและซิลิกาเจลกับผลิตภัณฑ์มีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องจากมีผงซิลิกาบางส่วนวิ่งไปหลังจากผลิตภัณฑ์แห้ง โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ มีการยึดเกาะได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นอื่น จึงสามารถจับกับความชื้นในอากาศได้มาก รวมถึงคุณสมบัติของผงซิลิกาที่ต้มด้วยกรดความเข้มข้นนี้สามารถดูดความชื้นในอากาศได้ดี จึงทำให้ผลของการดูดความชื้นในอากาศของผลิตภัณฑ์ที่ความเข้มข้นกรด 2 โมลาร์ มีค่าสูงไปด้วย

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่าซิลิกากับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ มีการกระจายตัวและการยึดเกาะไม่สม่ำเสมอ ซิลิกาที่ต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ มีการกระจายตัวและการยึดเกาะที่สม่ำเสมอ และพบมีสิ่งเจือปนสีน้ำตาลแทรกอยู่ระหว่างผลึก ซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3 และ 4 โมลาร์ มีการกระจายตัวและการยึดเกาะที่ไม่สม่ำเสมอ มีแผ่นผลึกขนาดใหญ่ (ตารางที่ 2) การต้มด้วยกรดต่างความเข้มข้นกัน จึงมีผลต่อการยึดเกาะพื้นผิวของผงซิลิกาในผลิตภัณฑ์ รวมถึงขนาดและช่องว่างภายในผลึกที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการดูดความชื้นที่แตกต่างกันด้วย

ตารางที่ 1 ลักษณะการยืดเกาะผิวบนผลิตภัณฑ์ของผงซิลิกาที่ต้มด้วยกรดความเข้มข้นต่าง ๆ

ภาพการยืดเกาะของซิลิกาบนพื้นผิว ของผลิตภัณฑ์	ลักษณะการยืดเกาะของซิลิกาบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์
 Silica Gel ซิลิกาเจล 1 cm	มีการยืดเกาะสม่ำเสมอและมีพื้นผิวที่เรียบ
 1 Molar 1 โมลาร์ 1 cm	มีการยืดเกาะไม่สม่ำเสมอและมีพื้นผิวหยาบ
 2 Molar 2 โมลาร์ 1 cm	มีการยืดเกาะสม่ำเสมอและมีพื้นผิวเรียบ
 3 Molar 3 โมลาร์ 1 cm	มีการยืดเกาะไม่สม่ำเสมอและมีพื้นผิวหยาบ
 4 Molar 4 โมลาร์ 1 cm	มีการยืดเกาะไม่สม่ำเสมอและมีพื้นผิวหยาบ

ตารางที่ 2 ลักษณะการยึดเกาะพื้นผิวของซิลิกาในผลิตภัณฑ์เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ	การยึดเกาะของซิลิกากับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาด้วย กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ
 Silica Gel ซิลิกาเจล 0.5 mm	มีการกระจายตัวและการยึดเกาะที่สม่ำเสมอ ลักษณะเป็นเกล็ดขนาดเล็ก
 1 Molar 1 โมลาร์ 0.5 mm	มีการกระจายตัวและการยึดเกาะไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเป็นเกล็ดขนาดเล็ก
 2 Molar 2 โมลาร์ 0.5 mm	มีการกระจายตัวและการยึดเกาะที่สม่ำเสมอ และมีสิ่งเจือปนสีน้ำตาลแทรกระหว่างผลึก ลักษณะเป็นเกล็ดขนาดเล็ก
 3 Molar 3 โมลาร์ 0.5 mm	การกระจายตัวและการยึดเกาะที่ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่
 4 Molar 4 โมลาร์ 0.5 mm	มีการกระจายตัวและการยึดเกาะที่ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่

4. บทสรุป

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่าประสิทธิภาพในการดูดความชื้นในอากาศของผงซิลิกาและผลิตภัณฑ์ลดความชื้นจากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 โมลาร์ มีค่าสูงที่สุด ในขณะที่การดูดซับและเก็บ

กักน้ำ ผงซิลิกาที่ได้จากการต้มด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3 และ 4 โมลาร์ มีประสิทธิภาพดีกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะโครงสร้างของซิลิกาที่ได้จากการย่อยด้วยกรดความเข้มข้นแตกต่างกันให้ลักษณะโครงสร้างต่างกัน โครงสร้างที่ย่อยด้วยกรดความเข้มข้น 2 โมลาร์ สามารถดูดความชื้นในอากาศได้ดี ในขณะที่ 3 และ 4 โมลาร์ สามารถเก็บกักน้ำได้ดีกว่า เนื่องจากมีความบริสุทธิ์ที่มากกว่า โครงสร้างเป็นแผ่นขนาดใหญ่ และคาดว่าจะมีรูพรุนมาก การนำไปใช้จึงควรเลือกประเภทให้เหมาะสมกับลักษณะของการใช้งาน ผลผลิตแห้งลดความชื้นด้วยการสกัดซิลิกาจากใบไผ่สามารถทำได้ด้วยวิธีที่ง่ายและขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยาก เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า อีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] อีระพงษ์ สร้างปัญญากร และคณะ. 2555. การวิจัยและพัฒนาการผลิตปุ๋ยหมักในเชิงอุตสาหกรรมจากเศษวัสดุพืชเหลือใช้ในการเกษตรกรรมและการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเสริมสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจชุมชน. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่.
- [2] นิยม บุญถนอม. 2553. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาการนำไฟฟ้าของซิลิกอนไดออกไซด์ที่เตรียมจากแคลบโด๊ปด้วยสารลิเทียมออกไซด์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- [3] พชรินทร์ วรณกุล. 2553. Sol-Gel เทคโนโลยีสังเคราะห์ซิลิกาจากขานอ้อย, ส่งเสริมเทคโนโลยี 36: 39-41.
- [4] สิริลักษณ์ เจียรกร. 2546. “การใช้ซิลิกาจากแคลบข้าวเพื่อสังเคราะห์เมโซพอร์สโมเลกุลาร์ซีฟเอ็มซีเอ็ม 41 สำหรับใช้เร่งปฏิกิริยาไฮโดรคลอรีเนชันของสารประกอบอินทรีย์คลอรีนที่ระเหยได้.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. (ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] รินภา เสี่ยงสาย และ อรพรรณ ไวแพน. 2541. “ศึกษาเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดซิลิกาจากขี้เถ้าขานอ้อย.” มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2541.

การถ่ายทอดอัตลักษณ์จากธรรมชาติสู่เทียนต้นแบบด้วยแม่พิมพ์ยางซิลิโคนเพื่อลดต้นทุนการผลิตเครื่องประดับเชิงสร้างสรรค์

The Transfer of Natural Identity to the Wax Model with Silicone Rubber Mold to Reduce the Cost of Creative Jewelry Production

จินต์จิ สหรัตน์พันธ์^{1*} ดวงกมล นาตุรัตน์² และประภาพรณ ประเสริฐศรี³

Jintji Saharattanaphan^{1*} Duangkamol Naturat² and Prapapan Prasertsri³

^{1,2,3}กาญจนาภิเษกวิทยาลัย ช่างทองหลวง 299/1 หมู่ 5 ตำบลศาลายา อำเภอฟุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม

* E-mail : jintji.s@gmail.com (corresponding author)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา 3 ประการ คือ ประการแรกเพื่อศึกษาและทดลองถ่ายทอดอัตลักษณ์จากวัสดุธรรมชาติสู่ต้นแบบเทียนด้วยแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ประการที่สองเพื่อลดต้นทุนการผลิตเครื่องประดับด้านด้านใช้ง่ายและเวลา และประการสุดท้ายเพื่อเป็นวิธีการฝึกทักษะการแกะสลักสำหรับผู้เริ่มต้นหรือผู้สร้างสรรค์เครื่องประดับด้วยตัวเอง โดยมีวิธีและขั้นตอนปฏิบัติการวิจัย คือ การเก็บรวบรวมและคัดเลือกต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติ คือ เปลือกหอยหาคากับเปลือกหอยหามทะเล ทำการหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ฝาแม่พิมพ์ยาง นิดเทียนต้นแบบ ตรวจสอบคุณภาพต้นแบบแต่งและเก็บน้ำหนักต้นแบบเทียน ทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์วิธีการขึ้นต้นแบบเครื่องประดับแบบเดิมกับวิธีการใหม่ และสรุปผล นำส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความพึงพอใจ จากการวิจัยพบว่า การขึ้นต้นแบบแว็กซ์ด้วยการหล่อในแม่พิมพ์ยางซิลิโคน โดยใช้ต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติ เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นฝึกแกะสลัก หรือผู้สร้างสรรค์เครื่องประดับด้วยตัวเอง เพราะสามารถข้ามขั้นตอนการขึ้นต้นแบบทั้งหมด ทำให้ผู้แกะสลักเข้าใจรูปร่างรูปทรง พื้นผิว และมีงานมากขึ้นจากการได้ขัดแต่งและสัมผัสกับชิ้นงานจริง อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุน ย่นระยะเวลาในการผลิต เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการสร้างสรรค์เครื่องประดับได้มากขึ้น เป็นชิ้นงานที่ตรงใจเจ้าของผลงานมากที่สุดจากการทำด้วยตัวเอง และเป็นแนวทางสำหรับผู้เริ่มต้นสร้างรายได้ด้วยการผลิตสินค้าเครื่องประดับจากต้นแบบที่มีอยู่รอบตัวให้กลายเป็นอาชีพได้ในอนาคต

คำสำคัญ : แวกซ์, ยางซิลิโคน, แม่พิมพ์

Abstract

There were 3 purposes in this research: first, to study and experiment to transfer the identity from natural materials to the wax model with silicone rubber molds, second, to reduce the cost and time of jewelry production, and lastly, to practice wax carving skills for beginners or the jewelry owner. The research methodology began by collecting and select the natural materials, namely a snail shell and sea shells. After that, casted silicone rubber mold, cut the rubber mold, injected the master wax, checked the prototype quality, compared and analyzed the methods of conventional jewelry prototyping with the new method and summarized the results for the experts to evaluate satisfaction. The result indicated that waxing prototypes by casting in silicone rubber molds using a prototype from natural materials was a suitable method for beginners to practice or the jewelry owner. This method helped to understand the shape, texture and dimension. It also helped to reduce costs, shorten the production time and provided more convenient. Beside, the work matched the preference of the jewelry owner, it could be the method for beginner to apply and make money in the future.

Keyword : Wax, Silicone robber, Mold

1. บทนำ

จากหลากหลายแนวคิดหลากหลายวิธีการที่เกี่ยวข้องกับเครื่องประดับ คือภาพสะท้อนถึงวิวัฒนาการสร้างสรรค์เครื่องประดับของมนุษย์จากรุ่นสู่รุ่น รุ่นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจนทำให้เกิดรูปแบบวิธีการสร้างสรรค์ต้นแบบเครื่องประดับ 3 วิธี อัน ได้แก่ วิธีการขึ้นต้นแบบด้วยวัสดุโลหะ วิธีการขึ้นต้นแบบด้วยการแกะต้นแบบแว็กซ์หรือเทียน และวิธีการขึ้นต้นแบบด้วยเทคโนโลยีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เหตุผลการเลือกใช้วิธีการดังกล่าวขึ้นอยู่กับความต้องการในด้านต่าง ๆ ของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการได้งานที่ดูเป็นการใช้ทักษะช่างฝีมือชั้นสูง มีเอกลักษณ์ มีกลิ่นไอความเป็นดั้งเดิม ประณีตทรงคุณค่า หรือเรียกกันทั่วไปว่า “งานทำมือ” (Handmade) ควรจะเป็นการขึ้นต้นแบบด้วยโลหะที่ต้องใช้ความละเอียดรอบคอบ และความอดทน ความเป็นมาสเตอร์พีซ (Masterpiece) เพราะวิธีการนี้ได้ถูกใช้มาตั้งแต่อดีตกาล งานทุกชิ้นจะไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับอารมณ์ บรรยากาศ จังหวะ วัสดุ และการให้ความร้อน หากต้องการเพิ่มความสะดวกรวดเร็ว ได้รูปแบบชิ้นงานที่มีความแม่นยำ คมชัดทั้งในเรื่องของรูปทรงและลวดลาย ควรใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ระบบ CAD/CAM เข้ามาช่วยในการขึ้นต้นแบบเครื่องประดับในรูปแบบ 3 มิติ [1] สามารถเห็นรูปร่างรูปทรงของงานก่อนผลิตจริงเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณา และตัดสินใจในเรื่องของราคา และระยะเวลาในการผลิต ส่วนงานที่เน้นรูปทรงพริ้วไหว หรือมีขนาดใหญ่ ราคาค่อนข้างถูก แก้งานได้ง่าย เห็น

ขึ้นงานก่อนผลิตจริง ควรจะต้องใช้วิธีการขึ้นต้นแบบแว็กซ์ด้วยมือ ซึ่งในความหลากหลายของวิธีการสร้างสรรค์เครื่องประดับนั้น วิธีการนำต้นแบบเข้าสู่กระบวนการหล่อขึ้นเป็นวิธีสามัญธรรมดาที่ได้รับความนิยมในเชิงการผลิตเพื่อการค้าในเชิงปริมาณ ซึ่งสิ่งที่ทำให้ได้มาซึ่งต้นแบบจำนวนมาก คือ แม่พิมพ์ยาง และก่อนที่จะได้มาซึ่งแม่พิมพ์ยางนั้นจะต้องมีการขึ้นต้นแบบจากช่างหรือผู้ชำนาญการแกะแว็กซ์ที่เข้าใจรูปทรงและมิติขึ้นงานเป็นอย่างดีส่งผลให้ต้องสูญเสียต้นทุนด้านเวลาและค่าฝีมือช่างในราคาที่ย่อมแพง ทั้งที่บางครั้งอาจมีต้นแบบที่ตรงตามความต้องการอยู่แล้ว เช่น ต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติ ที่มีความสมบูรณ์และงดงามในด้านรูปทรงและลวดลายเพียงแต่ต้องคัดเลือกให้ตรงตามความต้องการที่ตั้งไว้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทดลองสร้างต้นแบบสำหรับงานเครื่องประดับจากการคัดเลือกแม่พิมพ์ในธรรมชาติ คือ เปลือกหอยหาค และเปลือกหอยหามาทะเล เข้าสู่กระบวนการหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ผ่าพิมพ์ยางซิลิโคน [2] ฉีดเทียนต้นแบบ และแต่ต้นแบบเพื่อรอการนำเข้าสู่กระบวนการหล่อแบบเผาขึ้นขี้ผึ้งออก Lost wax casting [3] จนได้เป็นตัวเรือนโลหะต่อไป

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียม และพิจารณาต้นแบบวัสดุธรรมชาติ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างแม่พิมพ์หรือต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติสำหรับหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ท้ายที่สุดได้เลือกเปลือกหอย 2 ชนิด คือ เปลือกหอยหาค (ตารางที่ 1) และเปลือกหอยหามาทะเล (ตารางที่ 2) โดยแบ่งเกณฑ์การพิจารณาออกเป็น 3 ข้อ คือ ความสวยงามด้านรูปทรง และพื้นผิว ความแข็งแรงคงทนในการเข้าสู่กระบวนการหล่อ และการผ่าพิมพ์ยางซิลิโคน

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของต้นแบบวัสดุธรรมชาติเปลือกหอยหาค

		เปลือกหอยหาค	
รูปทรง	พื้นผิว	ความคงทน	
มีรูปทรงเป็นทรงรียาว ปลายหางแหลม ส่วนกลางมีลักษณะเป็น ปล้องกลมแล้วแผ่ออกด้านข้างเป็น หนามแหลมตามแบบธรรมชาติ	พื้นผิวเป็นเส้นคลื่น วนโค้งไปตามยาวของเปลือกหอย ประกอบ ด้วยหนามแหลมสั้น ยามตามตำแหน่งที่เกิด	ความแข็งแรงคงทนของเปลือกหอยหามาทะเลมีมากกว่าเปลือกหอยหาคเพราะมีเนื้อเปลือกที่หนากว่าและเหนียวกว่า	

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของต้นแบบวัสดุธรรมชาติเปลือกหอยหนามทะเล

 เปลือกหอยหนามทะเล		
รูปทรง	พื้นผิว	ความคงทน
มีรูปทรงเป็นทรงกลม ลายขดม้วนขึ้นจากปากเปลือกที่มีขนาดใหญ่แล้วยกตัวขึ้นที่ละชั้นสู่จุดกลางสูงสุด	พื้นผิวมีลายตัดขวางตามขดหอยแบบบางแต่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน	ความแข็งแรงคงทนของเปลือกหอยหนามทะเล แตกจะมีน้อยกว่าเปลือกหอยหนามทะเล แต่ยังสามารถหล่อได้

จากตารางที่ 1 และ 2 สามารถสรุปได้ว่า ทั้งเปลือกหอยหนามทะเล และเปลือกหอยหนามทะเลมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถเข้าสู่กระบวนการหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคนได้

2.2 การหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคนใส

หลังจากได้ต้นแบบวัสดุธรรมชาติสำหรับการหล่อแล้ว จะเป็นการนำต้นแบบเข้าสู่กระบวนการหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคนโดยมีลำดับขั้นตอน (ภาพที่ 1) ดังนี้

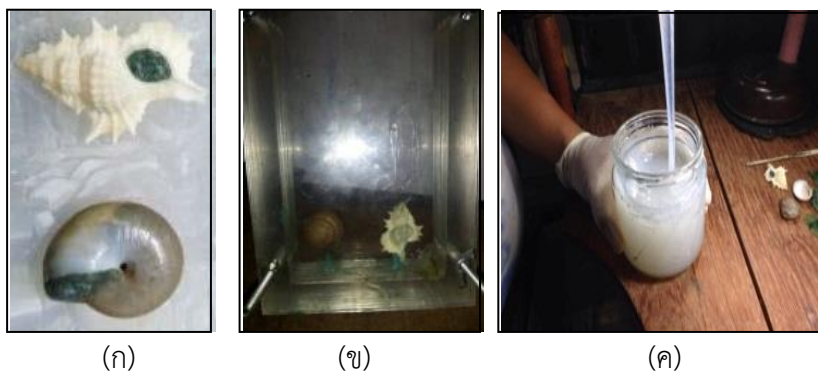
2.2.1 ทำการอุดปากเปลือกหอยทั้ง 2 ชนิด เพื่อป้องกันการฟุ้งออกจากแม่พิมพ์ยางซิลิโคนใส

2.2.2 ตัดก้านเหียนเพื่อเป็นทางเดินน้ำโลหะ โดยการนำก้านเหียนจุ่มปลายให้ละลายด้วยหัวแรง และปักลงบนพื้นผิวของเปลือกหอยทั้ง 2 ชนิด อย่างมั่นคง

2.2.3 นำเปลือกหอยจัดวางในเบ้าหล่อยางซิลิโคน โดยกำหนดความสูงต่ำ บนล่างให้เหมาะสมกับพื้นที่ช่องว่างของเบ้าหล่อ

2.2.4 ทำการผสมน้ำยางซิลิโคนใสกับยาเร่งแข็งให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ต่อจากนั้นทำการคอนด้วยไม้พายแบนเพื่อลดการเกิดฟองอากาศ แล้วนำน้ำยางซิลิโคนที่ผสมแล้วทำการดูดฟองอากาศให้หมดด้วยเครื่องดูดฟองอากาศ หรือเครื่อง Vacuum chamber

2.2.5 เทน้ำยางซิลิโคนใสที่ไร้ฟองอากาศลงในเบ้าหล่อแบบ รอจนน้ำยางแห้งแข็งตัว



ภาพที่ 1 การหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคน (ก) การปิดรูเปลือกหอย (ข) การจัดวางเปลือกหอยในเบ้าหล่อ (ค) การผสมยางซิลิโคน

2.3. การผ่าพิมพ์ยางซิลิโคนใส

แกะก้อนยางซิลิโคนที่แห้งแล้วแกะออกจากเบ้าหล่อ จากนั้นทำการผ่าออกเป็น 2 ซีกด้วยมีดผ่าตัด ในลักษณะพื้นปลาฉลาม เพื่อเป็นการล็อกตำแหน่งเมื่อทำการประกบใหม่อีกครั้ง ดังภาพที่ 2



(ก)

(ข)

ภาพที่ 2 การผ่าพิมพ์ยางซิลิโคนใส (ก) ลักษณะการผ่าพิมพ์ยางแบบพื้นปลา (ข) พิมพ์ยางผ่า 2 ซีก

2.4 การฉีดเทียนต้นแบบ

นำก้อนยางซิลิโคนที่ผ่าออกเป็น 2 ซีก ทาด้วยแป้งท้าวเพื่อลดความชื้นที่อยู่ในโพรงแบบแม่พิมพ์ยาง แล้วประกบเข้าด้วยกัน จากนั้นทำการฉีดน้ำเทียนต้นแบบด้วยเครื่องฉีดเทียนเข้าสู่โพรงแบบดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การฉีดเทียนต้นแบบ

2.5 การแกะพิมพ์ยางและชิ้นงานที่ได้

รอจนน้ำเทียนต้นแบบเย็นตัวลง จากนั้นทำการแกะต้นแบบเทียนออกจากพิมพ์ยางด้วยความระมัดระวัง จนได้เทียนต้นแบบที่สมบูรณ์ตามอัตลักษณ์ของวัสดุธรรมชาติ



ภาพที่ 4 เทียนต้นแบบ (ก) การแกะเทียนต้นแบบออกจากพิมพ์ยางซิลิโคน (ข) ลักษณะเทียนต้นแบบที่ได้

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ต้นแบบที่ได้จากการฉีดเทียมนีมีลักษณะการถ่ายทอดความเป็นอัตลักษณ์จากต้นแบบวัสดุธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วนตามภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะเชิงกายภาพระหว่างต้นแบบธรรมชาติกับเทียมนต้นแบบ

3.1 ผลการศึกษาด้านการถ่ายทอดอัตลักษณ์หรือคุณลักษณะทางกายภาพจากแม่พิมพ์ธรรมชาติ

จากเทียมนต้นแบบที่ได้สามารถพิจารณาได้ด้วยตาเปล่าถึงความสมบูรณ์ของลวดลายและรูปทรงตามแบบฉบับแม่พิมพ์จากธรรมชาติ 90-99 เปอร์เซ็นต์ เป็นการขึ้นต้นแบบที่ง่ายโดยที่ไม่ต้องอาศัยช่างฝีมือชำนาญการแต่อย่างใด เพียงแต่หลังจากนั้นหากต้องการลดปริมาณน้ำหนักลงจะต้องมีการกรอเก็บน้ำหนักรวมผู้เริ่มต้นฝึกหัดแกะสลัก สามารถลงมือทำด้วยตัวเองได้ จากการกรอเก็บน้ำหนักรวมนี้สามารถคำนวณหาน้ำหนักโลหะได้ทันทีจากน้ำหนักต้นแบบเทียมนที่ได้คูณด้วย 11 ในกรณีจะหล่อเป็นโลหะเงิน หรือ คูณด้วย 18 ในกรณีจะหล่อเป็นโลหะทอง ขึ้นอยู่กับค่า K ของทองคำ

3.2 ผลการศึกษาด้านการลดต้นทุนการผลิตด้านเงินทุน และเวลา

จากการที่สามารถข้ามขั้นตอนจ้างช่างแกะสลักขึ้นต้นแบบได้นั้นเป็นการประหยัดต้นทุนในส่วนค่าแรงช่างได้อย่างมาก แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของแบบ และขนาดของชิ้นงานยิ่งชิ้นงานมีความยากหรือมีขนาดใหญ่เท่าใด ค่าจ้างย่อมแพงตามในส่วนของการลดต้นทุนด้านเวลาเช่นเดียวกันยิ่งแบบมีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ย่อมต้องใช้เวลาในการสร้างชิ้นงานมากขึ้น รวมถึงการสูญเสียเวลาในการเดินทาง พุดคุยติดต่อประสานงานแล้วแต่ต้องใช้เวลาทั้งสิ้น หากบ้านช่างอยู่ไกล หรือไม่สามารถรับงานได้ปัญหาเรื่องเวลาในการหาช่างใหม่จึงตามมาเป็นลูกโซ่ อย่างไรก็ตามในงานที่ต้องการกำหนดค่าจ้างและเวลาที่แน่นอนสามารถทำได้โดยการจ้างช่างโรงหล่อที่แน่นอนกว่าการขึ้นต้นแบบเอง ผลการศึกษาด้านการลดต้นทุนการผลิตและเวลาแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการจัดจ้างช่างแว็กซ์กับการหล่อเทียนต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติ

	ช่างแว็กซ์	ต้นทุน	เวลา	แม่พิมพ์ธรรมชาติ	ต้นทุน	เวลา
1.	ออกแบบ	150	2 วัน	คัดเลือกแบบ	0	1 วัน
2.	จ้างช่างขึ้นต้นแบบ	800	2 วัน	-	0	0
3.	นำต้นแบบแว็กซ์หล่อ แม่พิมพ์ยางซิลิโคน	200		นำต้นแบบธรรมชาติ หล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคน	200	2 วัน
4.	ผ้าพิมพ์ยางซิลิโคน	200	2 วัน	ผ้าพิมพ์ยางซิลิโคน	200	2 วัน
5.	ฉีดยเทียนต้นแบบ	200	2 วัน	ฉีดยเทียนต้นแบบ	200	2 วัน
6.	แต่งเทียน	0	1 วัน	แต่งเทียน และเก็บ น้ำหนักร	0	1 วัน
7.	กระบวนการหล่อโลหะ	300	2 วัน	กระบวนการหล่อโลหะ	300	2 วัน
	สรุป	1,450	9 วัน	สรุป	500	6 วัน

จากตาราง สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการขึ้นต้นแบบโดยการจ้างช่างแว็กซ์กับการหล่อเทียนต้นแบบโดยการคัดเลือกต้นแบบจากธรรมชาติ ได้ดังนี้

1. การขึ้นต้นแบบด้วยแว็กซ์ปกติแล้วเจ้าของชิ้นงานมักจะจ้างดีไซน์เนอร์ทำการออกแบบเครื่องประดับให้ตรงกับความต้องการของตนเองมีค่าใช้จ่าย 150 บาท ใช้เวลาโดยประมาณ 2 วัน ส่วนการขึ้นต้นแบบด้วยแม่พิมพ์ธรรมชาติแล้วหล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคนจะใช้เวลาโดยประมาณ 1 วัน ในการค้นหา คัดเลือกต้นแบบโดยที่ไม่ต้องรอแบบจากดีไซน์เนอร์ และไม่เสียค่าจ้างเขียนแบบ

2. การจ้างช่างแว็กซ์ขึ้นต้นแบบจะเกิดการสูญเสียต้นทุน 2 ส่วน ที่จัดว่ามีมูลค่ามากที่สุดคือ ส่วนของค่าแรงช่างกับส่วนของเวลาที่หายไป ซึ่งขึ้นอยู่กับความละเอียดซับซ้อนของแบบ ในที่นี้ค่าแรงโดยประมาณ 800 บาท ใช้เวลา 2 วัน ส่วนการขึ้นต้นแบบด้วยการคัดเลือกวัสดุจากธรรมชาติไม่มีต้นทุนทั้งเวลาและค่าแรงแต่อย่างใด

3. ในขั้นตอนการนำต้นแบบแว็กซ์หล่อแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ผ้าพิมพ์ยางซิลิโคน และฉีดยเทียนต้นแบบนั้น ทั้งการจ้างช่างแว็กซ์ขึ้นต้นแบบและการคัดเลือกแม่พิมพ์จากธรรมชาติจะมีการสูญเสียต้นทุนด้านเวลาและเงินทุนเท่าๆ กัน คือ 200 บาท สำหรับค่าจ้าง และเสียเวลา 2 วัน

4. การแต่งเทียนต้นแบบหลังจากฉีดยแล้วนั้นสามารถแต่งด้วยตัวเองได้ แต่ในส่วนของการหล่อโดยใช้ต้นแบบจากวัสดุธรรมชาตินั้นอาจต้องมีการกรอแต่งเก็บน้ำหนักซึ่งเจ้าของชิ้นงานสามารถทำได้ด้วยตัวเองเป็นการลดค่าใช้จ่ายและเป็นการฝึกทักษะเชิงช่างโดยเฉพาะสำหรับคนที่มีความต้องการสร้างสินค้าเป็นของตัวเองโดยอาจใช้เวลา 1 วัน สำหรับการแต่งชิ้นงานและเตรียมส่งเข้ากระบวนการหล่อโลหะ

5. กระบวนการหล่อโลหะเป็นขั้นตอนที่เจ้าของชิ้นงานไม่ต้องลงมือทำเองสามารถส่งเข้าโรงหล่อได้โดยตรง สามารถกำหนดค่าใช้จ่ายจากการขึ้นน้ำหนักเทียนต้นแบบ และทราบวันที่จะแล้วเสร็จได้จากการสอบถามเพื่อวางแผนงานในขั้นต่อไป ซึ่งในขั้นนี้ใช้เวลา 2 วัน

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการผลิตเครื่องประดับโดยการคัดเลือกแม่พิมพ์จากวัสดุธรรมชาตินั้นมีการลดต้นทุนทั้งด้านเวลาและค่าแรงจากตัวอย่างชิ้นงานทดลอง 1,450 บาท เหลือ 500 บาท คิดเป็นร้อยละ 34 และเหลือเวลาเพียง 6 วัน จาก 9 วัน ซึ่งนอกจากเป็นการลดต้นทุนด้านเวลาและค่าแรงแล้วยังเป็นการฝึกทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ และการตัดสินใจจากการคัดเลือกแม่พิมพ์ธรรมชาติด้วยตัวเอง เป็นการฝึกทักษะเชิงช่างที่ไม่ยากนักจากการกรอแต่งเก็บน้ำหนักเทียนต้นแบบ และท้ายที่สุดจากรูปแบบการผลิตที่มีลักษณะเฉพาะจากธรรมชาติเจ้าของผลงานสามารถนำมาเป็นสินค้าที่มีรูปแบบเฉพาะตัวได้

3.3 ผลการศึกษาด้านการฝึกทักษะ และความสามารถในการสร้างเป็นรูปแบบเฉพาะสำหรับการทำสินค้าเครื่องประดับ

หลังจากที่ได้เทียนต้นแบบแล้วหากต้องการลดน้ำหนักชิ้นงานให้เบาขึ้นจำเป็นต้องทำการกรอแต่งน้ำหนักต้นแบบ โดยที่เจ้าของผลงานสามารถกระทำด้วยตัวเองได้ ไม่ต้องอาศัยทักษะสูงมากนัก พบว่าการขึ้นต้นแบบด้วยการหล่อในแม่พิมพ์ยางซิลิโคนโดยใช้ต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติเป็นชุดฝึกทักษะพื้นฐานได้เป็นอย่างดีนอกจากนี้จากการผลิตที่มีรูปแบบเฉพาะ และชิ้นงานที่มีอัตลักษณ์จากธรรมชาติ ชิ้นงานที่ได้สามารถพัฒนาเป็นแบรนด์เครื่องประดับส่วนตัวได้

4.สรุป

การวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการทดลองขึ้นต้นแบบแว็กซ์ด้วยการหล่อในแม่พิมพ์ยางซิลิโคนโดยใช้ต้นแบบจากวัสดุธรรมชาติ พบว่าเปลือกหอยทากและเปลือกหอยหนามทะเลมีคุณสมบัติสามารถนำมาสร้างแม่พิมพ์ยางซิลิโคน ซึ่งมีขนาดที่พอเหมาะกับการที่ต้องการ มีความแข็งแรงพอที่จะหล่อได้ มีผลลัพธ์ได้ชิ้นงานที่สวยงาม แปลกตา วิธีการหล่อแบบสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ร้อยละ 34 และลดระยะเวลาในการผลิตจาก 9 วัน เหลือเพียง 6 วัน วิธีการขึ้นต้นแบบสามารถใช้ในการฝึกผู้เริ่มต้นฝึกได้เป็นอย่างดี และสามารถเป็นแนวทางในการสร้างรายได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและช่างผู้ชำนาญการทั้งหลายที่ให้ความรู้และข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จผลด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] พิริยะ กาญจนคงคา และอภิรักษ์ ธรรมธีระศิษฐ์ การใช้เทคโนโลยีสามมิติในการออกแบบเชิงอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มสมรรถนะการเรียนรู้ ในรูปแบบเสมือนจริง Using 3D technology in the design

industry to enhance learningIn the virtual model การประชุมวิชาการระดับชา
ติมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3 (ฉบับที่ 2) 463

[2]อเนก ภู่อานง. แม่พิมพ์ซิลิโคนกับกระบวนการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ
แห่งชาติ (2525)56-59

[3]ปริศนา บุญศักดิ์. การวิจัยปัญหาในงานหล่อและการพัฒนาแนวทางแก้ไขปัญหาในงานเครื่องประดับ
สมัยใหม่.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. 2556

พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษา: จากรูปธรรมสู่นามธรรม

The Development of Mathematical Concepts of Undergraduate Student : From Embodiment to Formalism

ณิศรา สุทธิสังข์^{1*} และภาคิน อังศุณิศ²

Nisara Suthisang^{1*} and Phakin Angsunit²

^{1,2}สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*nisara.s@rmutp.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอพัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาแคลคูลัส 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 1 ห้องเรียน ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาตามกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีร่วมกับการสัมภาษณ์นักศึกษาและการวิเคราะห์ผลงานนักศึกษา โดยใช้สถานการณ์ปัญหา 2 สถานการณ์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาใช้พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์จากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ลงมือปฏิบัติไปสู่วิธีการคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความสลับซับซ้อน และเชื่อมโยงวิธีการคิดต่าง ๆ จากวิธีการเดียวไปสู่วิธีการที่หลากหลาย นักศึกษาขยายแนวคิดพื้นฐานไปสู่แนวคิดที่สูงขึ้น โดยการต่อยอดจากแนวคิดหรือวิธีการที่มีมาก่อนหน้านี้ ในการอธิบายหรือลงมือกระทำเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักการ กฎ สูตร เกี่ยวกับคณิตศาสตร์

Abstract

This article presents the development of mathematical concepts of undergraduate students registered for calculus course 1 , Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. The qualitative research was done by analyzing mathematical concepts of students according to theoretical framework with the interviews and student's work using 2 problem situations. The results showed that students developed the complex mathematical concepts from the practical method used to solve the problem and connected the way of thinking from single to various method. Besides, students expanded mathematical concept

from basic to advance by building up ideas from previous practice or explanation to principle, rule or formula.

1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนของชั้นเรียนในประเทศไทยอาศัยบทบาทของผู้สอนเป็นผู้บรรยาย ผู้บอก ผู้สาธิตเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อันก่อให้เกิดการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้มาในลำดับสุดท้าย และเนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนยังคงเป็นแบบบรรยายเนื้อหาที่ครูพยายามนำเนื้อหาที่อยู่นอกตัวผู้เรียนเข้าไปในตัวผู้เรียนเพื่อก่อให้เกิดการเรียนรู้ของผู้เรียน ไม่ได้เน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง กระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนมีหน้าที่รับและปรับตัว ให้สอดคล้องกับเนื้อหาความรู้และวิธีการของผู้สอน [1]

ในปัจจุบันนี้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มุ่งเน้นผลการเรียนรู้มากกว่ากระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ และการสอนเป็นการอธิบายโดยผู้สอนเป็นผู้ส่งมอบความให้กับผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้เพียงท่องจำและทำตามขั้นตอนวิธีการคิดตามผู้สอน ไม่ได้มีการพัฒนาการเรียนรู้และการคิดทางคณิตศาสตร์ได้ กระทรวงศึกษาธิการ [2] เสนอแนะว่า การสอนที่ดีในระดับอุดมศึกษานั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สอนต้องรู้จักวิธีคิดของผู้เรียน โดยการเปลี่ยนชั้นเรียนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพื่อสร้างความหมายสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้

ในศตวรรษที่ 21 กระบวนการจัดการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดอย่างผู้เชี่ยวชาญ (Expert thinking) หรือการสื่อสารที่มีความซับซ้อน (Complex communication) และการที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องถูกขับเคลื่อนมาจากวิธีการสอน ซึ่งวิธีการสอนที่ดีส่งผลให้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างเต็มตามศักยภาพและเอื้อประโยชน์ให้เกิดการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน ผู้สอนสามารถดึงเอาศักยภาพของแต่ละบุคคลมาใช้ในการเรียนคณิตศาสตร์ได้ [3]

นวัตกรรมการสอนจำเป็นต้องจัดการเรียนการสอนเพื่อค้นหากระบวนการเรียนรู้อันจะส่งผลไปถึงการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ได้ และวิธีการสอนที่เน้นการเรียนรู้ของแต่ละคนเป็นเป้าหมายที่เคลื่อนย้ายเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ต้องจัดเตรียมพื้นที่ให้นักเรียนแสดงความสามารถในการตรวจสอบตนเองว่าควรทำอะไร ผลักดันให้สร้างแนวคิดของตนเองด้วยวิธีการของตนเอง และดำเนินการด้วยวิธีการของตนเองอย่างอิสระ

ด้วยเหตุนี้จึงมีคำถามวิจัยเกิดขึ้นว่า การจัดการเรียนการสอนในสถาบันอุดมศึกษาที่ผลักดันให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามธรรมชาติและความสนใจของนักเรียน นักเรียนจะสร้างแนวคิดอย่างไร งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการเรียนรู้เพื่อที่จะคิดอย่างคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษาซึ่งถูกผลักดันมาจากการพัฒนาวิธีการสอนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่จะทำให้มีพื้นที่ในการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาอย่างอิสระ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อสำรวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี และเพื่อศึกษาพัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษา

ระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาแคลคูลัส 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในปีการศึกษา 2561

2. นิยามศัพท์เฉพาะ

2.1 แนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical ideas) หมายถึง การคิดของนักศึกษาที่ใช้วิธีตามความถนัดของตนเองเพื่อแก้ปัญหาและหาคำตอบซึ่งอาจเป็นวิธีการคิดที่ง่าย หรือวิธีการคิดที่มีความซับซ้อน

2.2 พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (The development of mathematical ideas) หมายถึง การคิดของนักศึกษาจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม ผ่านการคิดแบบกึ่งนามธรรมและนำไปสู่การคิดที่เป็น กฎ สูตร หลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์

2.3 การเรียนรู้เพื่อที่จะคิดอย่างคณิตศาสตร์ (Learning to think mathematically) หมายถึง การคิดของนักศึกษาจากโลกชีวิตจริงไปสู่โลกคณิตศาสตร์

3. ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาพัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี อาศัยพื้นที่การพิจารณาการกระบวนกรคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาจากการเคลื่อนย้ายวิธีการคิดจากโลกชีวิตจริงไปสู่โลกคณิตศาสตร์ หรืออีกนัยหนึ่งคือกระบวนกรคิดจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากการแก้ปัญหา การคำนวณ การตรวจสอบและการพิสูจน์ เพื่อศึกษาว่านักศึกษาคิดพัฒนาการคิดของตนเองได้อย่างไร ดังนั้น จึงจำเป็นต้องอาศัยเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

3.1 แนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical ideas)

แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเป็นกระบวนกรคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นวิธีธรรมชาติตามความถนัดหรือความสนใจของนักศึกษาที่แสดงถึง วิธีการคิดที่ง่ายหรือวิธีการคิดที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แบ่งออกเป็น 4 ประเภทของการคิด คือ

3.1.1 การใช้วิธีการคิดอย่างง่าย (Thinking that simplifying) เป็นวิธีการคิดที่แสดงถึงวิธีการคิดพื้นฐาน การคิดที่ไม่มีความซับซ้อน สามารถเข้าใจได้และไม่เกิดความยุ่งยาก

3.1.2 การใช้วิธีการคิดให้เป็นกรณีทั่วไป (Thinking that generalizes) เป็นวิธีการคิดที่แสดงถึงวิธีการคิดที่เป็นหลักการหรือกฎ ที่พัฒนามาจากตัวอย่างเฉพาะ

3.1.3 การใช้วิธีการคิดให้เป็นกรณีเฉพาะ (Thinking that specializes) เป็นวิธีการคิดที่แสดงถึงวิธีการคิดที่ไม่เหมือนวิธีการคิดอื่น ๆ แสดงถึงความเป็นอัตลักษณ์ของตนเอง

3.1.4 การใช้วิธีการคิดจากสัญลักษณ์ สูตร นิยาม หรือทฤษฎีบท (Thinking that symbolizes) เป็นวิธีการคิดที่แสดงถึงการใช้สัญลักษณ์ สูตร นิยามหรือทฤษฎีบท [4]

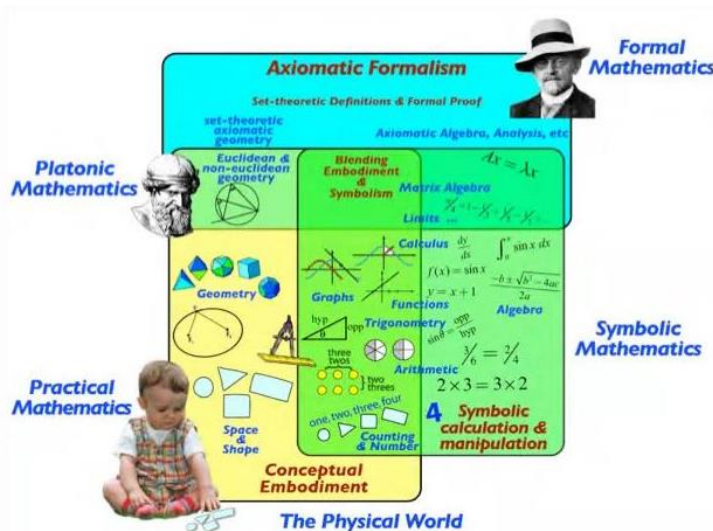
3.2 พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (The development of mathematical ideas)

พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเป็นกระบวนการคิดที่ของนักศึกษาจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม ผ่านการคิดแบบกึ่งนามธรรมและนำไปสู่การคิดที่เป็น กฎ สูตร หลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นการคิดที่แสดงถึงการคิดพื้นฐานไปสู่การคิดขั้นสูง แบ่งออกเป็น 3 ระดับของพัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ คือ

3.2.1 ระดับรูปธรรม (Embodiment world) คือ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้การคิดกับสื่อ อุปกรณ์ หรือวัตถุทางกายภาพ

3.2.2 ระดับกึ่งนามธรรม (Symbolism world) คือ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ไม่อาศัยการคิดกับสื่อ อุปกรณ์ หรือวัตถุทางกายภาพ แต่เป็นการคิดที่ใช้วิธีการคิดที่ใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

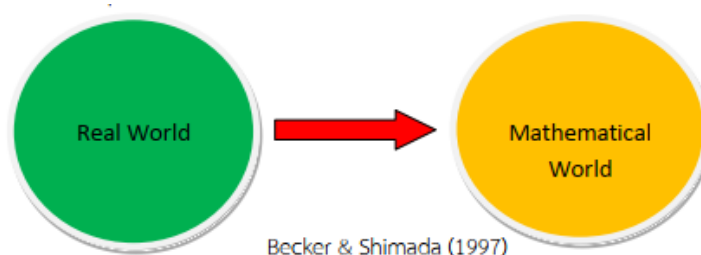
3.2.3 ระดับนามธรรม (Formalism) คือ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สัจพจน์ สูตร นิยาม หรือทฤษฎีบทในการคิดทางคณิตศาสตร์



ภาพที่ 1 ระดับการพัฒนาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Tall [1]

3.3 การเรียนรู้เพื่อที่จะคิดอย่างคณิตศาสตร์ (Learning to think mathematically)

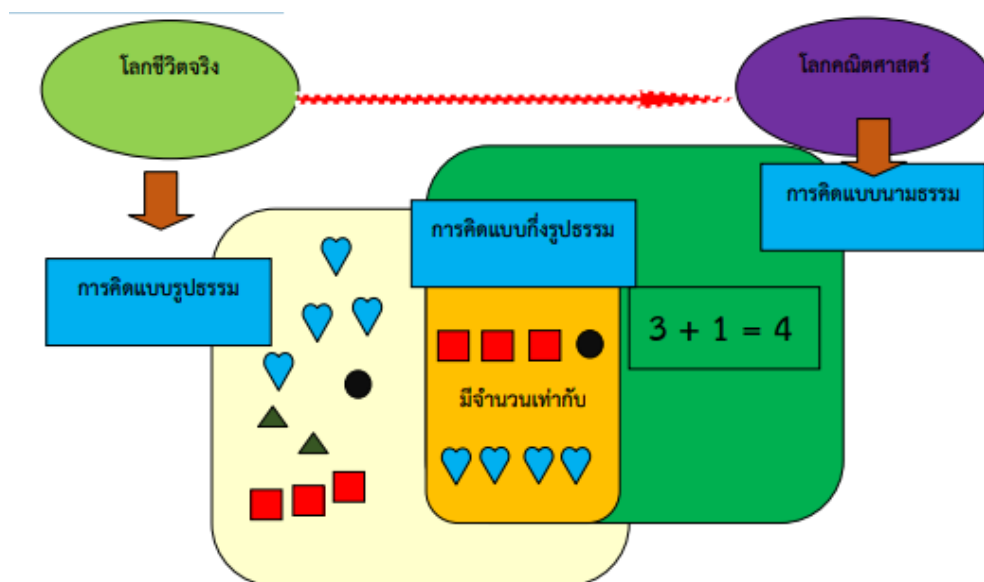
การเรียนรู้เพื่อที่จะคิดอย่างคณิตศาสตร์เป็นการคิดของนักศึกษาจากโลกชีวิตจริงไปสู่โลกคณิตศาสตร์ Becker & Shimada [3] ได้เสนอแนะถึงการเรียนรู้เพื่อที่จะคิดอย่างคณิตศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงโลกชีวิตกับโลกคณิตศาสตร์ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเชื่อมโยงโลกชีวิตกับโลกคณิตศาสตร์ตามแนวคิด Becker & Shimada [4]

3.4 กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่นำมาวิเคราะห์ (Conceptual framework)

กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่นำมาวิเคราะห์อาศัยแนวคิดของ Tall [5] และ Becker & Shimada [3] ซึ่งทำให้พื้นที่ในการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาในชั้นเรียนตามความถนัดและความสนใจของนักศึกษา และวิธีการคิดที่นักศึกษาใช้อาศัยกรอบของ Isoda & Katakiri [4] ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่นำมาวิเคราะห์

4. วิธีการทดลอง/วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาพัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลตามกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีและตีความหมายจากข้อมูลสามเ้า คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ (หลักฐานผลงานนักศึกษา) กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีและการสัมภาษณ์นักศึกษาจากกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้เครื่องมือ คือ สถานการณ์ปัญหา 2 สถานการณ์ และกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี (ภาพที่ 3) และมีวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ระยะ คือ

4.1.1 สร้างสถานการณ์ปัญหาเพื่อคาดการณ์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษา โดยประกอบด้วย

4.1.1.1 สถานการณ์ปัญหาที่ 1 “ฉันทเปลี่ยนแปลงอย่างไร” เพื่อหานิยามอนุพันธ์

4.1.1.2 สถานการณ์ปัญหาที่ 2 “ใครเร็วกว่ากัน” เพื่อหาความเร็วและความเร่ง

4.1.2 สํารวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาโดยใช้สถานการณ์ปัญหาจากการบันทึกภาคสนาม ซึ่งการได้มาของข้อมูลประกอบด้วย ผู้สอนใช้สถานการณ์ปัญหาสอนกับนักศึกษาในห้องเรียนทั้ง 2 สถานการณ์ปัญหา ผู้สอนให้นักศึกษาคิดภายในกลุ่มและให้นักศึกษาภายในกลุ่มส่งตัวแทนแสดงวิธีการคิดหน้า

ชั้นเรียน ผู้สอนซักถามถึงที่มาของวิธีการคิดของนักศึกษาหมายเหตุ: ใช้วิดีโอบันทึกการสอนในชั้นเรียน และผู้สอนนำวิดีโอมาเปิดซ้ำเพื่อทำบันทึกภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลตามกรอบการวิเคราะห์

4.1.3 วิเคราะห์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาตามกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี และการสัมภาษณ์นักศึกษา พร้อมกับผลงานของนักศึกษา

4.1.4 อภิปรายผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการสรุปผลต่อไป

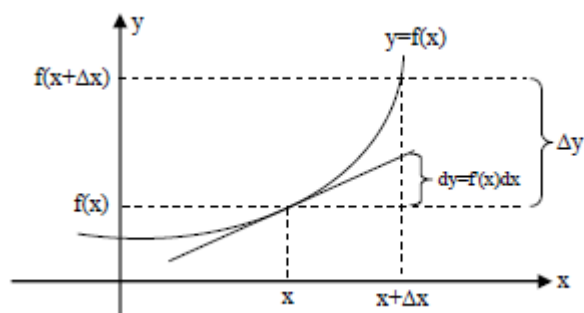
4.2 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรม “ฉันทเปลี่ยนแปลงอย่างไร” (เพื่อหานิยามอนุพันธ์)

สถานการณ์ปัญหาที่ 1 “ฉันทเปลี่ยนแปลงอย่างไร”

คำสั่งที่ 1: จากภาพที่กำหนด (ภาพที่ 4) ให้นักศึกษาแต่ละคนจินตนาการการเคลื่อนที่ของกราฟว่าเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อเลื่อนตามแกน x และเลื่อนตามแกน y



ภาพที่ 4 ภาพที่ใช้ในการวิจัยคำสั่งที่ 1

จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ นักศึกษาได้ใช้แนวคิด ดังต่อไปนี้

1. ทิศทางการเคลื่อนที่ของกราฟจากล่างขึ้นบน

ในขณะที่กราฟเคลื่อนที่ไปทางขวา
ห่างจากแกน x กราฟจะเคลื่อนที่
สูงขึ้นห่างจากแกน y

2. ลักษณะกราฟจากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง

กราฟเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และ
เคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง

3. ระยะทางจากแกน x และแกน y แปรผันตรงกับการเคลื่อนที่ของกราฟ

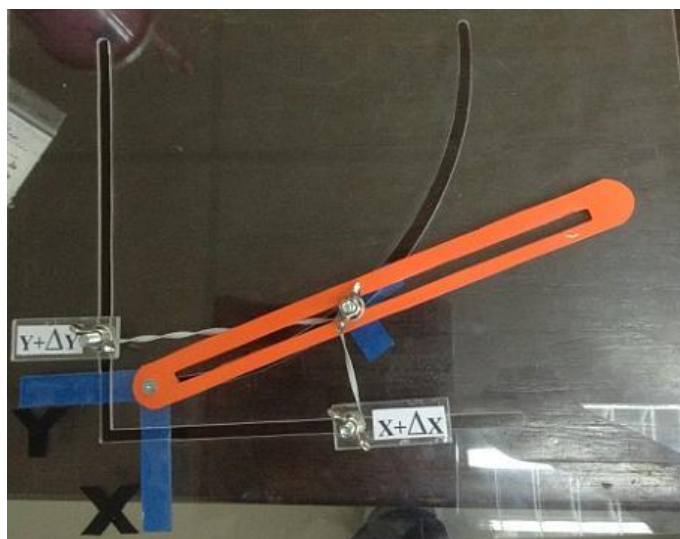
ระยะห่างจากการแกน x และแกน y มากขึ้น เมื่อกราฟเคลื่อนห่างจากแกน x มากขึ้น และกราฟสูงขึ้น

จากการจินตนาการของนักศึกษา นักศึกษาเห็นถึงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ระหว่างแกน x และ แกน y

- คำสั่งที่ 2:** 1. ให้นักศึกษาเลื่อนกราฟจากแผ่นพลาสติกใส (ภาพที่ 5) ตามรางเลื่อน x และ y
2. ให้นักศึกษาพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแกน x และ แกน y

หมายเหตุ: ครูคอยกระตุ้นให้นักศึกษาคิดและใช้หลักการทางคณิตศาสตร์

อุปกรณ์ แผ่นพลาสติกใสและรางเลื่อนแกน x และ แกน y ดังรูป ข้างล่าง

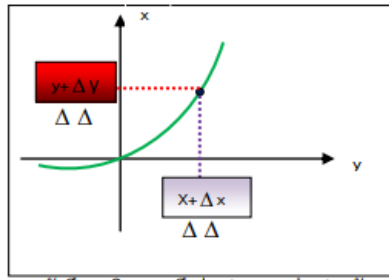


ภาพที่ 5 อุปกรณ์พลาสติกใสที่ใช้ในการวิจัยคำสั่งที่ 2

จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้นักศึกษาได้ใช้แนวคิด ดังต่อไปนี้

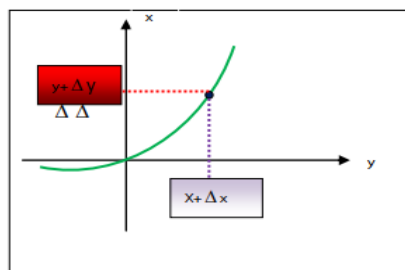
1. นักศึกษาในแต่ละกลุ่มจินตนาการและพูดคุยกันว่าเมื่อเลื่อนกราฟจะเลื่อนไปยังทิศทางใด เมื่อเลื่อนแกน x
2. เมื่อนักศึกษาในแต่ละกลุ่มเลื่อนแกน x ไปในทิศทางทั้งซ้ายและขวา ให้พิจารณาดังภาพที่ 6

นักศึกษาสังเกตทิศทางการเลื่อนของแกน x กับแกน y



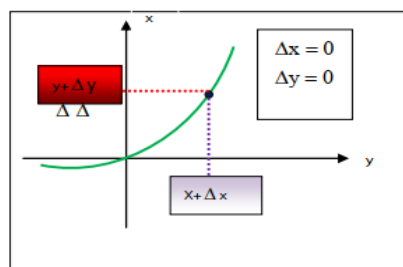
ในขณะที่กราฟเคลื่อนที่ไปทางขวาห่างจากแกน x กราฟจะเคลื่อนที่สูงขึ้นห่างจากแกน y และในขณะที่กราฟเคลื่อนที่ไปซ้ายห่างจากแกน x กราฟจะเคลื่อนที่ต่ำลงจากแกน y
นักศึกษาสังเกตการแปรผันตรงของแกน x และแกน y

นักศึกษาศึกษาถึงค่า Δx และค่า Δy กับระยะทาง



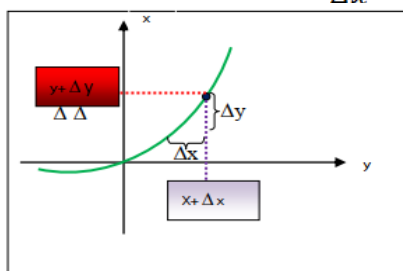
ในขณะที่กราฟเคลื่อนที่ไปทางขวาห่างจากแกน x ค่าของ Δx จะมากขึ้น กราฟจะเคลื่อนที่สูงขึ้นห่างจากแกน y ค่าของ Δy จะมากขึ้น และในขณะที่กราฟเคลื่อนที่ไปซ้ายห่างจากแกน x ค่าของ Δx จะน้อยลง กราฟจะเคลื่อนที่ต่ำลงจากแกน y ค่าของ Δy จะน้อยลง

นักศึกษาศึกษาถึงค่า Δx และค่า Δy กับ จุดเปลี่ยนแปลงของกราฟ



ถ้า $\Delta x = 0$ และ $\Delta y = 0$ กราฟจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง นั่นแสดงได้ว่า ถ้า $\Delta x \rightarrow 0$ และ $\Delta y \rightarrow 0$ กราฟจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

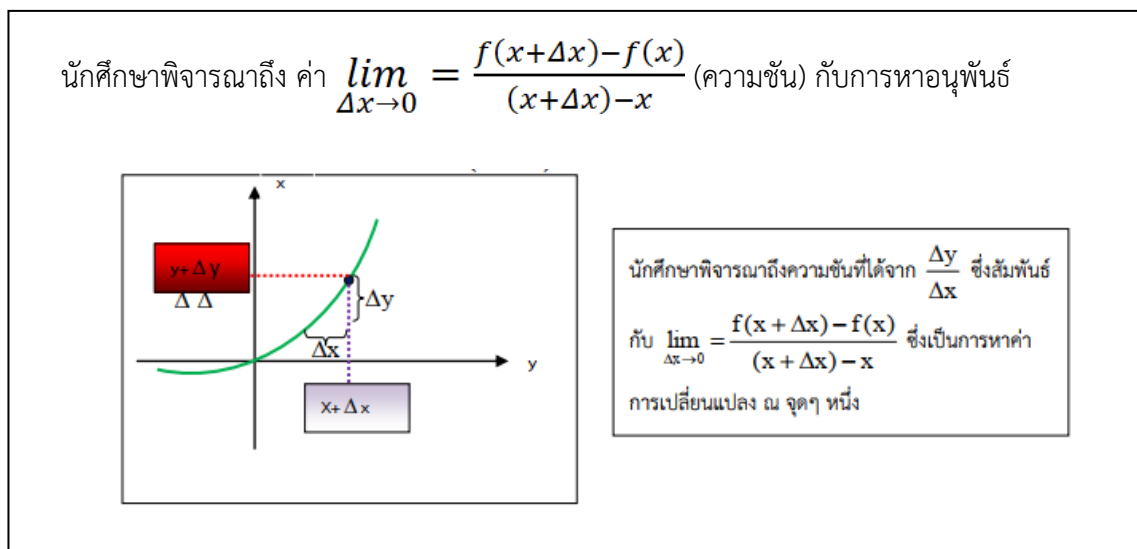
นักศึกษาศึกษาความสัมพันธ์ของ $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ กับความชัน



นักศึกษาศึกษาถึงความชันที่ได้จาก $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ ซึ่งสัมพันธ์กับ
กับ $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{(x + \Delta x) - x}$

ภาพที่ 6 การสังเกตและพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแกน X และแกน Y

3. ให้นักศึกษาพิจารณาถึงความชันของกราฟดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การพิจารณาค่าความชันของกราฟ

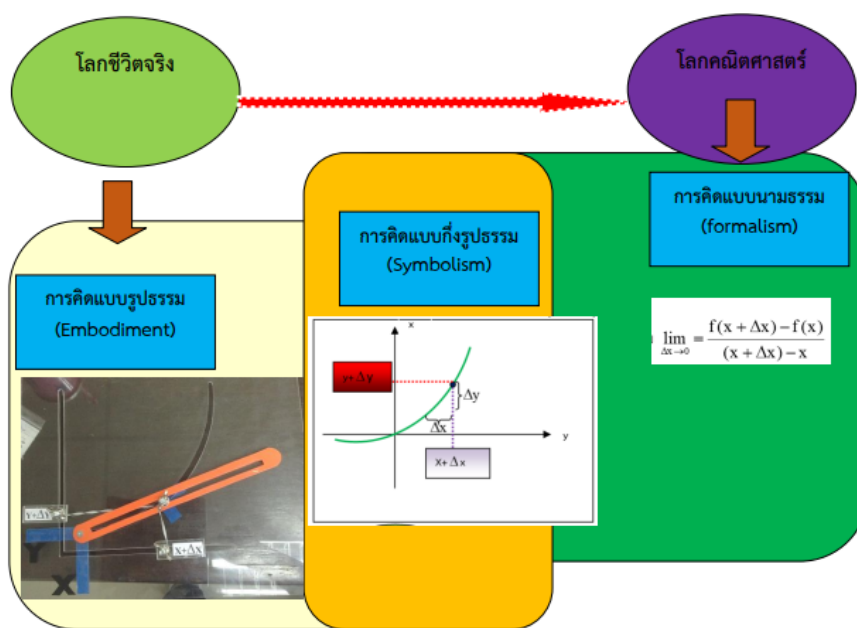
5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์ตามกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี

จากการศึกษาพบว่า นักศึกษาสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่าง $\Delta x \rightarrow 0$ และ $\Delta y \rightarrow 0$ กับความสัมพันธ์ของ ความชันซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ และพัฒนามาสู่การหาค่าอนุพันธ์โดยใช้ความรู้ที่มีมาก่อนหน้านี้มาใช้ในการหาค่า $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{(x + \Delta x) - x}$ ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างสถานการณ์ปัญหาให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติจริงดังภาพที่ 8 โดยนักศึกษาใช้การพัฒนาวิธีการคิดจากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ลงมือปฏิบัติไปสู่วิธีการคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความสลับซับซ้อน และเชื่อมโยงวิธีการคิดต่าง ๆ จากวิธีการคิดหาค่าการเปลี่ยนแปลงเพื่อสร้างวิธีการคิดในการหาค่าอนุพันธ์ และสร้างแนวคิดในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาศัยวิธีการคิดจากรูปและวาดรูปเพื่อหาคำตอบ ทำให้นักศึกษาขยายแนวคิดจากแนวคิดพื้นฐานไปสู่แนวคิดที่แนวคิดที่มีความสลับซับซ้อนขึ้น โดยการต่อยอดจากแนวคิดหรือวิธีการคิดที่มีมาก่อนหน้านี้นี้ในการอธิบายหรือลงมือกระทำเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักการ จากกฎหรือสูตรเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

5.2 ผลการพัฒนาวิธีการคิดของนักศึกษา

จากการศึกษาพบว่า นักศึกษาใช้การพัฒนาวิธีการคิดจากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ลงมือปฏิบัติไปสู่วิธีการคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความสลับซับซ้อน และเชื่อมโยงวิธีการคิดต่าง ๆ อาศัยวิธีการแก้ปัญหาวิธีการเดียวไปสู่วิธีการที่หลากหลาย ทำให้นักศึกษาขยายแนวคิดจากแนวคิดพื้นฐานไปสู่แนวคิดที่แนวคิดที่มีความสลับซับซ้อนขึ้น โดยการต่อยอดจากแนวคิดหรือวิธีการคิดที่มีมาก่อนหน้านี้นี้ในการอธิบายหรือลงมือกระทำเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักการ สูตร เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 8 วิธีการคิดของนักศึกษาจากสื่ออุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรมแล้วพัฒนามาสู่ นิยามทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์วิธีที่นักศึกษาใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้น และพัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้น

วิธีการที่นักศึกษาใช้	แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้น	พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้น
1. นักศึกษาปฏิบัติกรคิดคำนวณกับสื่อการสอนแล้วขยายผลการคิดคำนวณ	1. แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเริ่มต้นเป็นการคาดเดาหรือจินตนาการผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น	1. นักศึกษาพัฒนาการคิดจากการปฏิบัติกรกับสื่อมาสู่การคิดเชิงสัญลักษณ์และนำไปสู่กฎ หลักการทางคณิตศาสตร์ในท้ายสุด
2. นักศึกษาใช้วิธีการพิสูจน์เพื่อหาวิธีการและผลลัพธ์ที่ได้	2. แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเกิดขึ้นจากการต่อยอดและค่อยๆ พัฒนาแนวคิดที่มีอยู่เดิม	2. นักศึกษาเชื่อมโยงวิธีการคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อต่อยอดเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้น
3. นักศึกษาใช้วิธีการที่หลากหลายเพื่อหาคำตอบ	3. แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเกิดขึ้นจากการใช้วิธีการที่หลากหลายและเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ	3. นักศึกษาเริ่มต้นจากการคิดพื้นฐานไปสู่การคิดที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น
4. นักศึกษาใช้วิธีการเฉพาะและต่อยอดแนวคิดที่มีอยู่เดิมเพื่อให้ได้มาด้วยวิธีการที่เป็นหลักการทางคณิตศาสตร์		

6. การสะท้อนผลการวิจัย

พัฒนาการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาสามารถถูกผลักดันจากการได้ลงมือปฏิบัติการสื่อการสอนที่เป็นรูปธรรมไปสู่กระบวนการคิดเชิงสัญลักษณ์และนำไปสู่การคิดในรูปแบบคณิตศาสตร์ในท้ายที่สุดสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tall [6] ที่กล่าวถึงการคิดแบบลงมือปฏิบัติ (Practical thinking) เป็นการคิดที่เกิดประสิทธิภาพและนำไปใช้ได้จริงกับทุกสถานการณ์ปัญหา

7. บรรณานุกรม

- [1] ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์และคณะ. (2550). การเตรียมบริบทสำหรับการนำการพัฒนาวิชาชีพครูแบบญี่ปุ่นที่เรียกว่า “การศึกษาขั้นเรียน” (Lesson Study) มาใช้ในประเทศไทย. เอกสารหลังการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 1. (หน้า 152 -163). กรุงเทพฯ: บริษัท สร้างสื่อ จำกัด.
- [2] กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). แนวทางการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน : ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.
- [3] Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- [4] Isoda, M. & Katagiri, S. (2012). MATHEMATICAL THINKING How to develop it in the Classroom. Singapore: World Scientific.
- [5] Tall, D.O. (2004). Thinking Through Three Worlds of Mathematics. Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Bergen, Norway, 4, 281-288. An introduction to the origins and ideas in the three world.
- [6] Tall, D.O. (2013). How Humans Learn to Think Mathematically. Cambridge University Press. 457 p

**รายงานการศึกษาการใช้บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช
กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
The Report of Using Integrated Lesson Kit of Plant Propagation for
Occupational and Technology Learning Group (Agriculture) Grade 6**

จنگล สิงห์คำ^{1*}
Jongkol Singkha^{1*}

¹โรงเรียนเทศบาลวัดสิงห์สถิตย์ สังกัดกองการศึกษา เทศบาลตำบลวัดสิงห์
เลขที่ 1 ถนนสิงห์สอง ตำบลวัดสิงห์ อำเภอวัดสิงห์ จังหวัด ชัยนาท 17120

*E-mail: krugong8899@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาบทเรียนบูรณาการชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยบทเรียนบูรณาการชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ประชากรที่ในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนเทศบาลวัดสิงห์สถิตย์ สังกัดกองการศึกษา เทศบาลตำบลวัดสิงห์ อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท จำนวน 62 คน ที่เรียนวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) เวลาที่ใช้ในการทดลอง 54 คาบ คาบละ 20 นาที รวมจำนวน 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 1) บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 9 เล่ม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 ข้อ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 8 ข้อ แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว

ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One-Group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา พบว่า

1. บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 77.27/79.39

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) พบว่า นักเรียนร้อยละ 82.26 ของนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 โดยคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 76.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาพรวมทั้ง 9 เล่ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, บทเรียนบูรณาการ, การขยายพันธุ์พืช

Abstract

The objectives of this study were to 1) develop an 75/75 effective integrated lesson kit of plant propagation for Occupational and Technology Learning Group (agriculture), Grade 6 Student, 2) study the learning achievement of students used the integrated lessons kit that was developed, 3) study the students' satisfaction after using the integrated lesson kit.

The population in this study was 6 Grade students in the first semester of the academic year 2560. Wat Sing Sathit Municipality School, under the Education Division Wat Sing Subdistrict Municipality Wat Sing District, Chai Nat Province with total number of 62 people. The study was performed in the Occupational and Tecnology Learning Group (agricultur) during 54 periods, 20 minutes per period, with total of 18 hours. The instrument used in this study consisted of 1) the set of 9 series Integrated lessons book of (Plant Propagation) 2) the 30 items of post – test after using the integrated lerning set and 3) questionnaire for student's satisfaction evaluation with 8 items. (One-Group Pretest-Posttest Design) was used. The data were analysed by percentage, mean, standard deviation. The study found that:

1. The Integrated lessons kit for Plant Propagation 6 had an average efficiency equal to 77.27 / 79.39.

2. The Academic achievement of students (82.26%) learning with the integrated lessons kit was 76.13% which was higher than the specified criteria of 70%

3. The students' satisfaction with teaching and learning through integrated lessons Plan was in a high level with an average value of 4.23

Keywords: learning achievement, Integrated lesson, Plant propagation

1. บทนำ

ผู้รายงานเป็นผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) เห็นว่าวิธีการสอนแบบบูรณาการ มีความน่าสนใจ เพราะนอกจากจะทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) แล้วยังได้รับความรู้ด้านอื่นที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และมีความเชื่อมโยงกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงเห็นควรเป็นอย่างยิ่งที่จะเพิ่มเติมลงไปในบทเรียนของกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติม โดยในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.1 สมมติฐานของการศึกษา

1. บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 75/75
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ที่เรียนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช โดยจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในระดับมาก

1.2 ขอบเขตของการศึกษา

1.2.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนเทศบาลวัดสิงห์สถิตย์ สังกัดกองการศึกษาเทศบาลตำบลวัดสิงห์ อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ที่เรียนวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) จำนวน 62 คน

1.2.2 ขอบเขตด้านเนื้อหาบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช ผู้รายงานสร้างขึ้นโดยนำเนื้อหาจากกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของพืช การขยายพันธุ์พืช มาจัดทำเป็นบทเรียนบูรณาการ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ วัตถุประสงค์ในการจัดทำบทเรียนบูรณาการ ลักษณะของบทเรียนบูรณาการ รายละเอียดของหลักสูตร กำหนดการสอน คำชี้แจงสำหรับผู้สอน แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน ใบเนื้อหาความรู้ ใบงาน ใบปฏิบัติงาน และแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 9 เล่ม

1.2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1) ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการชุดการขยายพันธุ์พืชกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2) ตัวแปรตาม (Dependent variable) ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา ทำการศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โดยใช้เวลาในการศึกษา จำนวน 54 คาบๆ ละ 20 นาที รวม 18 ชั่วโมง ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกรกฎาคม พุทธศักราช 2560

1.3 นิยามศัพท์เฉพาะ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้รายงานได้นิยามศัพท์เฉพาะ ดังต่อไปนี้

1. บทเรียนบูรณาการ หมายถึง บทเรียนที่บูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนบูรณาการ หมายถึง คุณภาพของบทเรียน ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 9 เล่ม ที่ผู้รายงานพัฒนาขึ้น แล้วนำมาทดลองใช้และปรับปรุงตามลำดับขั้นตอน จนได้ผลไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 75/75 โดย 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ คิดจากคะแนนการปฏิบัติงานระหว่างเรียนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช ของนักเรียนทุกคน โดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75 ของคะแนนทั้งหมด ส่วน 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน ภายหลังจากการเรียนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช ของนักเรียนทุกคน โดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75 ของคะแนนทั้งหมด

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ หลังจากจัดการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช ครบทั้ง 9 เรื่อง

4. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการชุดการขยายพันธุ์พืชกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ประโยชน์ต่อผู้เรียน

- 1) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทั้ง 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย
- 2) ช่วยให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีสูงขึ้น
- 3) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) อย่างรวดเร็วเนื่องจากบทเรียนเป็นรูปธรรม น่าสนใจมากขึ้น

4) ทำให้บรรยากาศการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) สนุกสนาน ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี

1.4.2 ประโยชน์ต่อครู

- 1) ช่วยให้ผู้สอนจัดการเรียนรู้ได้ตรงตามหลักสูตร ตามกำหนดเวลาโดยไม่สอนเร็วหรือช้าเกินไป และสามารถสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) เป็นตัวอย่างให้กับเพื่อนครูที่มีความสนใจ ในการจัดทำสื่อการเรียนการสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี หรือกลุ่มสาระอื่น ๆ

1.4.3 ประโยชน์ต่อโรงเรียน

โรงเรียนมีเอกสารหลักฐานยืนยันในเรื่องการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อรองรับการประเมินภายนอกจากคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษา (สมศ.) ซึ่งเป็นองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย

1.4.4 ประโยชน์ต่อวงการวิชาชีพ

ทำให้วงการวิชาชีพได้ค้นพบหลักและวิธีการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน ซึ่งการค้นพบหลักและวิธีการดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทักษะงานเกษตร

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 แบบแผนการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One-Group Pretest-Posttest Design) ดังภาพที่ 1

	O ₁	X	O ₂
X	:	การทดลองสอนโดยใช้บทเรียนบูรณาการ	
O ₁	:	การทดสอบก่อนการทดลองใช้บทเรียนบูรณาการ	
O ₂	:	การทดสอบหลังการทดลองใช้บทเรียนบูรณาการ	

ภาพที่ 1 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วย

1. บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 9 เล่ม ได้แก่
 - 1) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 1 หลักการคัดเลือกพันธุ์พืช
 - 2) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 2 สรีรวิทยาพืช
 - 3) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 3 การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืช
 - 4) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 4 เทคนิคการเพาะเมล็ดพันธุ์พืช
 - 5) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 5 การตัดชำกิ่ง
 - 6) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 6 การตอนกิ่ง
 - 7) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 7 การติดตาพืช
 - 8) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 8 การต่อกิ่งพืช
 - 9) บทเรียนบูรณาการ เล่มที่ 9 การทาบกิ่งพืช
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการที่พัฒนาขึ้น จำนวน 8 ข้อ

2.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ผู้รายงานได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าตามลำดับดังนี้

1. ศึกษากระบวนการพัฒนาบทเรียนบูรณาการจากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสอบถามผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ ที่จะนำมาสร้างบทเรียนบูรณาการ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

2. การกำหนดโครงสร้างเนื้อหา ผู้รายงานได้ทำการวิเคราะห์หลักสูตร วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ มาตรฐานตัวชี้วัด จัดทำคำอธิบายรายวิชา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ และเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ตามจุดประสงค์ของหลักสูตร วิสัยทัศน์ของสถานศึกษาและบริบทของชุมชน ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนเทศบาลวัดสิงห์สถิตย์ ทั้งในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นการเชื่อมโยง 2 กลุ่มสาระรายวิชาภายใต้หัวข้อเดียวกัน ในตัวชี้วัดที่ 2 อธิบายการสืบพันธุ์ของพืชทั้งแบบอาศัยเพศ ไม่อาศัยเพศ และการขยายพันธุ์พืชเพื่อเพิ่มปริมาณคุณภาพ โดยการเพาะเมล็ด การปักชำ การตอนกิ่ง การติดตา การทาบกิ่ง การเสียบยอด ในตัวชี้วัดที่ 3 อธิบายวัฏจักรชีวิตของพืช ดอกตั้งแต่เริ่มต้นจนพัฒนาเป็นต้นใหม่หมุนเวียนเป็นวัฏจักร ผู้รายงานจึงได้นำรายละเอียดเนื้อหาของหลักสูตร มาจัดทำเป็นกำหนดการสอนหน่วยย่อยที่ 1 เรื่อง การคัดเลือกและการขยายพันธุ์พืช ไว้ในบทเรียนบูรณาการกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 9 เรื่องดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกำหนดเวลาศึกษา โดยใช้บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

บทเรียนบูรณาการ เล่มที่/เรื่อง	แผนการ จัดการเรียนรู้ที่	กิจกรรม	เวลาดำเนินการ	เวลา (คาบ)
เล่มที่ 1 เรื่อง หลักการคัดเลือกพันธุ์พืช	1	การพิจารณาคัดเลือกพันธุ์พืชมาปลูก การคัดเลือกพันธุ์พืชที่ดี สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560	6
เล่มที่ 2 เรื่อง สรีรวิทยาพืช	2	ระบบและส่วนต่างๆ ของรากและใบพืช ลักษณะภายในของลำต้นพืช สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน		6
เล่มที่ 3 เรื่อง การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืช	3	เมล็ดและการเกิดของเมล็ด การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืช สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน		6
เล่มที่ 4 เรื่อง เทคนิคการเพาะเมล็ดพันธุ์พืช	4	การขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด การทดสอบเมล็ดพันธุ์พืช สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน		6
เล่มที่ 5 เรื่อง การตัดชำกิ่ง	5	ประโยชน์และการคัดเลือกกิ่งสำหรับตัดชำ การตัดชำ/รูปแบบการตัดชำ/การดูแลรักษา สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน		6
เล่มที่ 6 เรื่อง การตอนกิ่ง	6	ประโยชน์/การเลือกกิ่งตอน การตอน/รูปแบบการตอน/การดูแลรักษา สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560	6
เล่มที่ 7 เรื่อง การติดตาพืช	7	ประโยชน์การติดตา/เครื่องมือและอุปกรณ์ การติดตาแบบต่างๆ/การดูแลรักษา สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน		6
เล่มที่ 8 เรื่อง การต่อกิ่งพืช	8	ความหมาย/ประโยชน์/การคัดเลือกกิ่งพันธุ์ดี รูปแบบการต่อกิ่งพืช สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน		6
เล่มที่ 9 เรื่อง การทาบกิ่งพืช	9	ประโยชน์การทาบกิ่ง/รูปแบบการทาบกิ่ง/การดูแลรักษา ขั้นตอนการทาบกิ่ง/รูปแบบการทาบกิ่ง/การดูแลรักษา สรุปผลการศึกษาตามใบเนื้อหาความรู้ สรุปผลการศึกษาตามใบงานและใบปฏิบัติงาน		6
ทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ชุดการขยายพันธุ์พืช จำนวน 30 ข้อ				1

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนบูรณาการ

จากการศึกษา พบว่า บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้รายงานพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 77.27 / 79.39 ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลคือ

3.1.1 บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช ที่ผู้รายงานพัฒนาขึ้น ได้ผ่านขั้นตอนกระบวนการสร้างอย่างมีระเบียบและวิธีการที่เหมาะสม โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาเอกสารหลักสูตร คู่มือครู เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอน และได้รับการตรวจสอบแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญในการสร้างบทเรียนบูรณาการก่อนจะนำไปทดลองจริง

3.1.2 บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช ที่ผู้รายงานพัฒนาขึ้น ได้ผ่านการทดสอบกับนักเรียนเป็นแบบเดี่ยว แบบกลุ่ม และแบบภาคสนาม (กลุ่มใหญ่) ผ่านกระบวนการกลั่นกรองตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปทดลองจริง ทั้งนี้เพื่อทราบถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นระหว่างทดลองจัดการเรียนรู้ และเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงบทเรียนบูรณาการ และกำหนดเป็นแนวทางในการวางแผนแก้ไขปัญหา เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ที่สำคัญคือ การได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญอย่างเป็นระบบและมีเนื้อหาที่สอดคล้องและเชื่อมโยงกัน

3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน

พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ร้อยละ 82.26 ของนักเรียนทั้งหมด 62 คน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยเฉลี่ย 76.13 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีอิสระในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนมีแหล่งสืบค้นข้อมูลที่ดีมีประสิทธิภาพ

3.3 ผลความพึงพอใจของนักเรียนหลังการเรียนด้วยบทเรียนบูรณาการ

ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังการเรียนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 9 เรื่อง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สาคร มหาหงษ์ [2] ที่ได้รายงานการสร้างหน่วยการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ภาษาไทยแบบบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านศรีสุขสำราญ จังหวัดขอนแก่น ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความพึงพอใจในการเรียนในระดับมากม กิตติภูมิ, สาชะรุ่ง [3] ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการทักษะชีวิตใน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การปลูกผักสวนครัว ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการทักษะชีวิตในเรื่อง การปลูกผักสวนครัว โดยรวมอยู่ในระดับมาก, วราภรณ์ สังสง [4] การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง “ความเบิกบานจากฝีมือ” กลุ่ม

สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง “ความเบิกบานจากฝีมือ” อยู่ในระดับมาก จากผลที่กล่าวมาทั้งหมดแสดงว่าบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้รายงานสร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้กับผู้เรียนแล้วทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

4. สรุปผล

1. บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 77.27/79.39
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย บทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) พบว่า นักเรียนร้อยละ 82.26 ของนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 โดยคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 76.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือร้อยละ 70
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทเรียนบูรณาการ ชุดการขยายพันธุ์พืช กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (งานเกษตร) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาพรวมทั้ง 9 เล่มพบว่า เฉลี่ยเท่ากับ 4.23 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] ผ่องพรรณ ตรียมงคลกุล และ สุภาพ ฉัตรภรณ์. 2541. การออกแบบวิจัย. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2] ศุภวรรณ อาศรัยผล. 2545. การสร้างหน่วยการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ภาษาไทยที่มีรูปแบบทักษะสัมพันธ์และการบูรณาการสาระการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. (รายงานการศึกษานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).
- [3] กิตติภูมิ สาขะรุ่ง. 2554. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการทักษะชีวิตในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การปลูกผักสวนครัว. มหาสารคาม: โรงเรียนบ้านเมืองเสือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม.
- [4] วราภรณ์ สังสง. 2551. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง “ความเบิกบานจากฝีมือ” กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยทักษิณ).

เว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท)

Sukhumvit Line BTS Travel

พีรณัฐ พุทธิลีลาศ¹ สักยา จ้อยมณี² ภัสสร สิงห์ธรรม³ และนิภาพร ปัญญา^{4*}

Peeranus Puttaleelas¹, Subpaya Joymanee², Papatsorn Singhatham³ and Nipaporn Punya^{4*}

^{1,2,3,4}สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*nipaporn.p@rmutp.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

ผลงานเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) เป็นการพัฒนารูปแบบของเว็บไซต์ โดยจัดทำฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลเอกสารต่าง ๆ ของการท่องเที่ยวตามสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส และข้อมูลอื่น ๆ อย่างเป็นระบบ โดยมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานระบบเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนสำหรับผู้ดูแลระบบ ส่วนสำหรับสมาชิก และส่วนสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ ภาษาพีเอชพี (PHP) และระบบจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบพบว่าระบบมีความสามารถในการทำงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับดีมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53

คำสำคัญ: เว็บไซต์, บีทีเอส, การท่องเที่ยว

Abstract

The BTS travel website project (Sukhumvit Line) was the website layout development research to create a database system for storing various travel information of BTS station and other related documents systematically. The right to access user information was divided into 3 parts for administrators, members, and general users. The tools used in system development were Included PHP and (MySQL). For satisfaction assessment, the 30 samples of the BTS travel website (Sukhumvit Line) user were questionnaird. The result

showed that the system was able to work completely, enabling users to be satisfied at a high level of average value 4.53

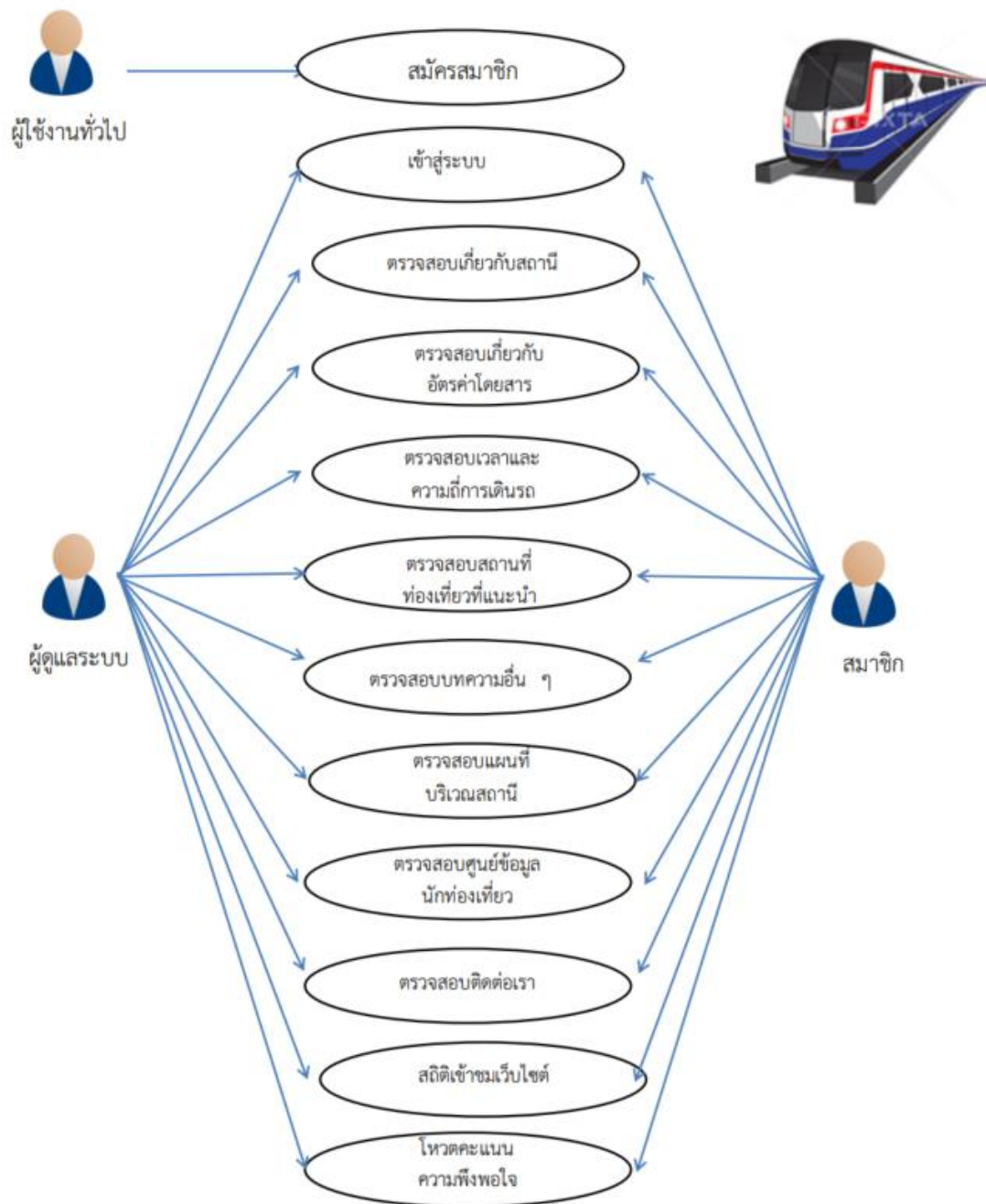
Keywords: Website, BTS, Travel

1. บทนำ

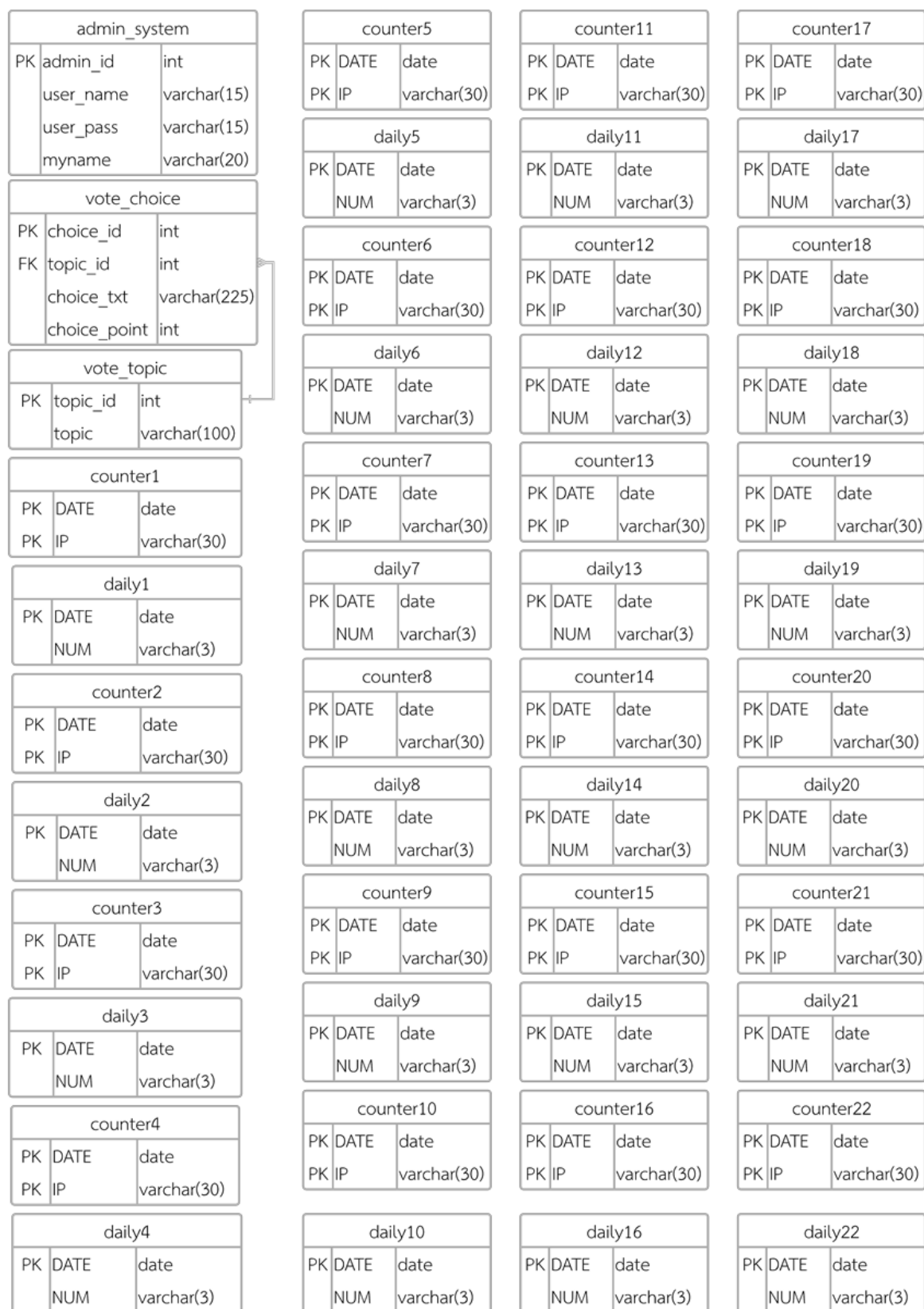
เว็บไซต์มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการเข้าถึงใช้งานต่าง ๆ เพราะเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูล และยังสามารถตอบสนองความต้องการในการสืบค้นข้อมูลที่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้ [1,2] เช่น การค้นหาเส้นทางโดยการใช้แผนที่ในการเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ร้านอาหาร สถานที่ท่องเที่ยว และสถานที่ที่น่าสนใจ [3-5] แผนที่จึงมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในการค้นหาจุดหมายปลายทางได้อย่างรวดเร็วและค่อนข้างแม่นยำ จึงทำให้เว็บไซต์ที่มีหน้าที่ในการค้นหาเส้นทางมีอยู่หลากหลายทั้ง Google map และ Yahoo map อย่างไรก็ตามการจัดทำเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาระบบการนำทางรวมถึงการนำเสนอสถานที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น สถานที่ท่องเที่ยว สถานที่ที่น่าสนใจ รวมทั้งมีการแสดงผลเกี่ยวกับสถานที่นั้นๆ เพื่อเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจของนักท่องเที่ยว อีกทางเลือกหนึ่งด้วย

2. วิธีการวิจัย

1. ศึกษาปัญหา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท)
2. ออกแบบและวิเคราะห์ระบบงาน
3. จัดทำเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท)
4. ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท)
5. ปรับปรุงแก้ไขระบบงานตามคำแนะนำของผู้ประเมินแบบสอบถาม
6. สรุปผล และจัดทำรายงานในการสร้างและออกแบบระบบ ผู้จัดทำได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผู้ใช้งานโดยทำการกำหนดขั้นตอนการทำงานต่างๆ อย่างชัดเจน และทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำ มาดำเนินการออกแบบตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งการออกแบบระบบผู้จัดทำได้นำยูเอ็มแอล (Unified modeling language : UML) มาใช้ในการออกแบบระบบ [6-7] ประกอบด้วยแผนภาพแสดงการทำงาน (Use case diagram) ดังภาพที่ 1 คำอธิบายยูสเคส (Use case template) ดังภาพที่ 2 แผนภาพจำลองเชิงกิจกรรมการทำงาน (Activity diagram) และแผนภาพจำลองลำดับกระบวนการทำงาน (Sequence diagram)



ภาพที่ 1 Use-case diagram ของระบบเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท)



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (ER diagram) เว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สาย สุขุมวิท)

3. ผลการวิจัย

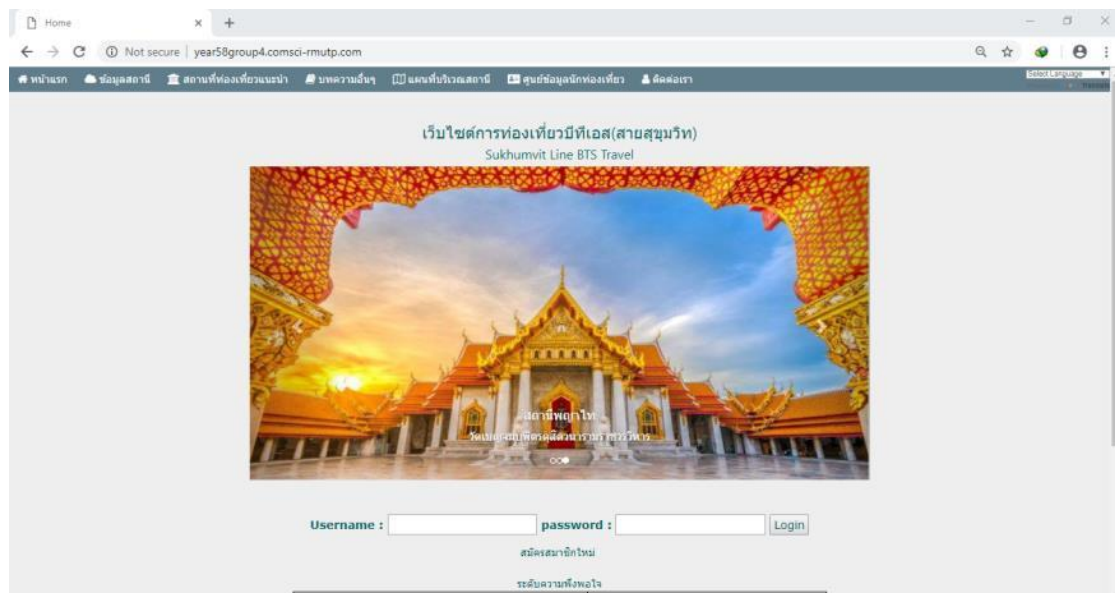
3.1 ผลการออกแบบระบบ

คณะวิจัยได้ดำเนินการออกแบบเว็บไซต์ โดยกำหนดสิทธิการเข้าถึงข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนสำหรับผู้ดูแลระบบ ส่วนสำหรับสมาชิก และส่วนสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ดังนี้

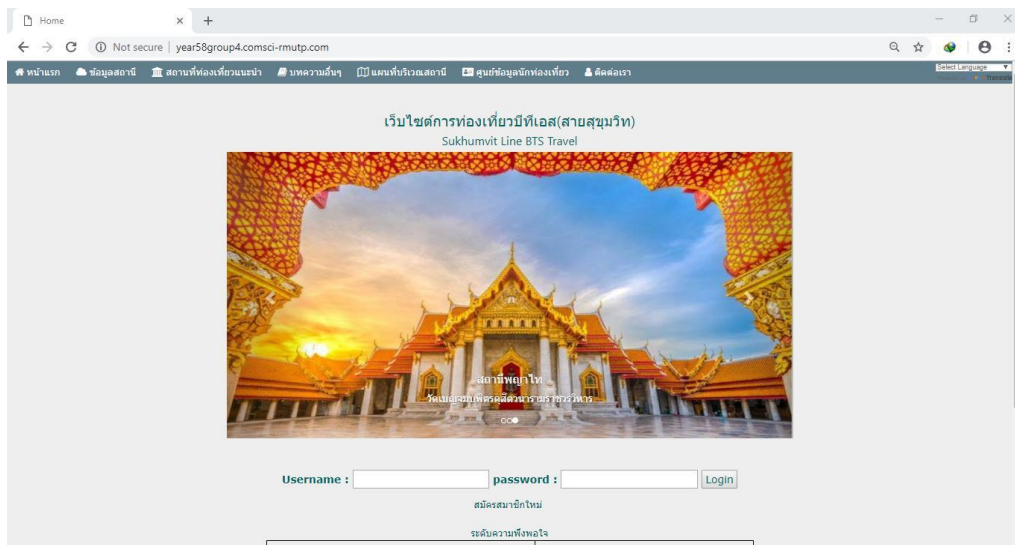
ส่วนของผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการระบบเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) โดยการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลของระบบ รวมถึงรายละเอียดต่าง ๆ ได้

ส่วนของสมาชิก สามารถใช้งานระบบเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) โดยจะมีชื่อผู้ใช้งาน (Username) และรหัสผ่าน (Password) เพื่อใช้งานระบบได้ สามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยวแนะนำ และสามารถดูอัตราค่าโดยสารของสถานีต้นทางและสถานีปลายทางที่จะเดินทางได้ สามารถดูบทความอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงสถานีรถไฟฟ้ามหานครบริเวณนั้น ๆ รวมถึงศูนย์ข้อมูลนักท่องเที่ยว สามารถหาคะแนนสถานที่ท่องเที่ยวที่ชื่นชอบได้เพื่อนำไปประกอบการรีวิวให้กับนักท่องเที่ยวได้อีกด้วย

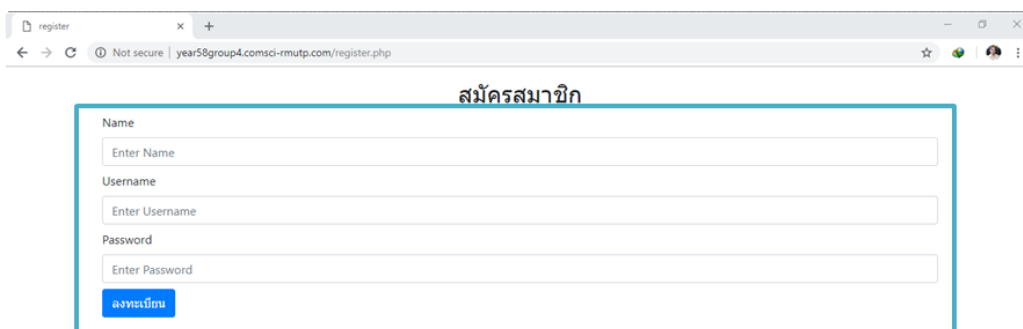
ส่วนสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ต้องทำการสมัครสมาชิกก่อน จึงจะสามารถใช้งานระบบเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) โดยในส่วนผู้ใช้งานจะต้องใส่ Username และ Password เพื่อใช้งาน ดังภาพที่ 3 หากไม่ได้เป็นสมาชิกระบบจะให้สมัครสมาชิก ดังภาพที่ 4 โดยผู้สมัครจะต้องใส่ข้อมูลเพื่อลงทะเบียน ดังภาพที่ 5 และจะสามารถเข้าใช้ระบบเพื่อตรวจสอบตารางเวลาได้ดังภาพที่ 6 เมื่อผู้ใช้ต้องการเดินทาง สามารถเลือกสถานีต้นทางและสถานีปลายทาง ดังภาพที่ 7 ระบบจะแสดงค่าโดยสาร อีกทั้งผู้ใช้งานสามารถสืบค้นสถานที่ท่องเที่ยวได้จากเมนูสถานที่ท่องเที่ยวแนะนำดังภาพที่ 8



ภาพที่ 3 ใส่ Username และ Password เพื่อใช้งาน



ภาพที่ 4 ถ้ายังไม่ได้สมัครสมาชิก ระบบจะให้ทำการสมัครสมาชิก

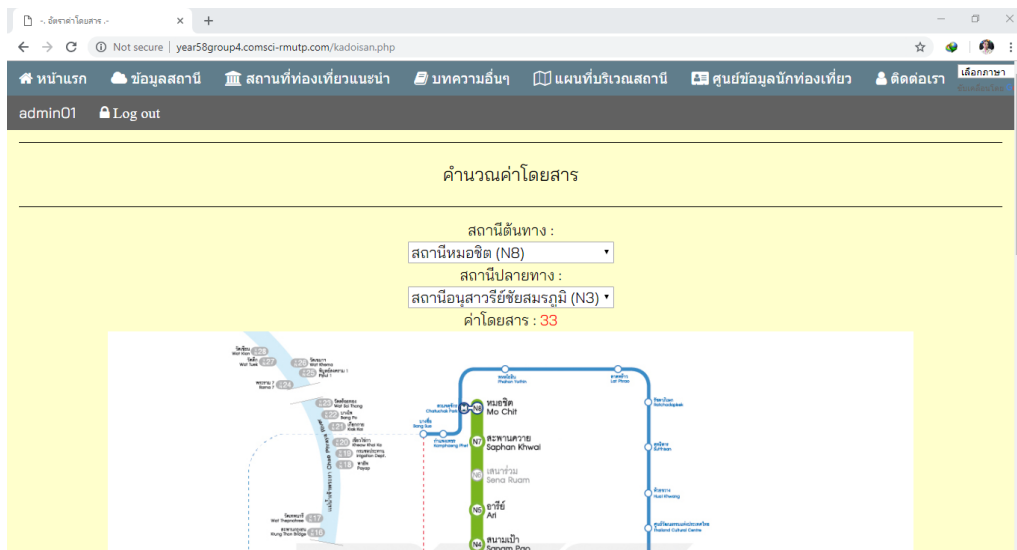


ภาพที่ 5 หน้าการใส่ข้อมูลสมาชิก

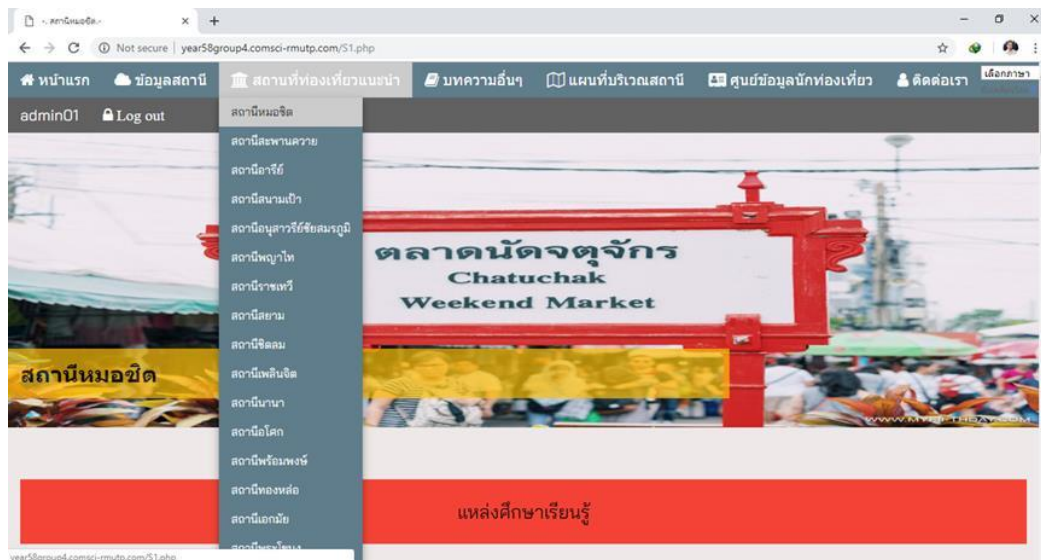
admin01 Log out

เวลาให้บริการของรถไฟฟ้าบีทีเอสก่อน 06:00 น. ¹ BTS SkyTrain Service Information of Early Morning Service ²				
สายสุขุมวิท ช่วง หมอชิต-สำโรง Sukhumvit Line Mo Chit-Samrong				
จากสถานี From Station	ไปสถานีสำโรง To Samrong		ไปสถานีหมอชิต To Mo Chit	
	ขบวนแรก (น.) Time for First Train (hrs.)	ขบวนสุดท้าย (น.) Time for Last Train (hrs.)	ขบวนแรก (น.) Time for First Train (hrs.)	ขบวนสุดท้าย (น.) Time for Last Train (hrs.)
N6 หมอชิต Mo Chit	05:15	00:14	-	-
N7 สะพานควาย Saphan Khwai	05:16	00:15	05:55	00:41
N8 อโศก Asoke	05:19	00:18	05:53	00:38
N9 สนามเป้า Sarnam Pao	05:20	00:19	05:51	00:37
สายสุขุมวิท ช่วง สำโรง-เคหะฯ Sukhumvit Line Samrong-Kheha				
จากสถานี From Station	ไปสถานีเคหะฯ To Kheha		ไปสถานีสำโรง To Samrong	
	ขบวนแรก (น.) Time for First Train (hrs.)	ขบวนสุดท้าย (น.) Time for Last Train (hrs.)	ขบวนแรก (น.) Time for First Train (hrs.)	ขบวนสุดท้าย (น.) Time for Last Train (hrs.)
E16 สำโรง Samrong	05:15	00:00	-	-
E18 ปุจิศา Pu Chiao	05:16	00:01	05:29	23:54
E17 ช้างเอราวัณ Chang Erawan	05:19	00:04	05:26	23:52
E19 โรงเรียนนายเรือ Royal Thai Naval Academy	05:21	00:06	05:24	23:50
E18 ปากน้ำ Pak Nam	05:22	00:07	05:23	23:48
E20 สันติราษฎร์ Srinagarindra	05:25	00:10	05:20	23:46
E21 พระราม Phraek Sa	05:27	00:12	05:18	23:44

ภาพที่ 6 ตารางเวลาให้บริการในหน้าระบบสมาชิก



ภาพที่ 7 หน้าอัตราราคาค่าโดยสาร



ภาพที่ 8 หน้าแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในบริเวณสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส

3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบสอบถาม เลือกใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ จำนวนความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ใช้สัญลักษณ์ (%) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) ใช้สัญลักษณ์ (%) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ใช้สัญลักษณ์ (S.D.) หรือ (s) นิยามสมการค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังสมการที่ 1 และนิยามสมการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ 2

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (1)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{N}} \quad (2)$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 $S.D.$ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
 X_i แทน ผลรวมของค่าของข้อมูลตัวที่ i
 N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบสอบถาม

ผลการทดสอบเพื่อวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) เมื่อผู้ใช้งานระบบทำการทดสอบระบบและทำแบบทดสอบความพึงพอใจในการทดสอบเรียบร้อยแล้ว จากนั้นผู้พัฒนาระบบทำการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการทดสอบการใช้งาน เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมดของแบบสอบถามพร้อมทั้งดำเนินการสรุปและวิเคราะห์ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	($\bar{x}$)	S.D.	ความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบการพัฒนาระบบ	4.52	0.04	ดีมาก
2. ด้านการเลือกใช้เทคโนโลยีพัฒนาระบบ	4.62	0.05	ดีมาก
3. ด้านการทำงานของระบบ	4.59	0.08	ดีมาก
ผลเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้าน	4.53	0.04	ดีมาก

จากตารางที่ 1 มีผู้ทำแบบประเมินความพึงพอใจจำนวน 30 คน พบว่าผู้ใช้งานเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดและผู้ใช้งานระบบมีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี โดยมีผลเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.53

4. บทสรุป

การพัฒนาเว็บไซต์การท่องเที่ยวบีทีเอส (สายสุขุมวิท) โดยใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) และระบบจัดการฐานข้อมูล (MySQL) พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถอำนวยความสะดวกในการใช้งานได้โดยสามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยวแนะนำบริเวณใกล้เคียงได้ มีการคิดอัตราค่าโดยสารจากสถานีต้นทาง และสถานีปลายทางได้อีกทั้งมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจเป็นอย่างดี โดยมีผู้ใช้งานระบบอยู่ 3 ส่วนคือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ ส่วนของสมาชิก และส่วนสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่งานวิจัยได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนจาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และผู้ทรงความรู้โดยการให้ คำแนะนำ และให้ข้อมูลการทำงานวิจัยอย่างเต็มกำลัง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] เกียรติพงษ์ บุญจิตร. คู่มือDREAMWEAVER CS6. กรุงเทพฯ : บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด, 2556.
- [2] จุมพจน์ วณิชกุล. สารสนเทศเพื่อการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2549.
- [3] ชลาวัล วรรณทอง, สุพรรณิ ชะโลธร และจุมพล วิเชียรศิลป์. การจัดการแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดบุรีรัมย์ ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ งานวิจัยระดับปริญญาโท คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 2558.
- [4] เพ็ญภา จุมพลพงษ์ พันธศักดิ์ พึ่งงาม และสุธิชา เชญชาญ. การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว อย่างยั่งยืนของจังหวัดลพบุรี. งานวิจัยระดับปริญญาตรี คณะวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏ เทพสตรี, 2560.
- [5] รัตนทิพย์ รัตนชัย. การสร้างเว็บไซต์เพื่อการท่องเที่ยววัดไทยด้วยวิธีการพัฒนาระบบแบบพลวัต. งานวิจัย ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 2553
- [6] ธนัยพัฒน์ วงศ์รัตน์. คู่มือพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วย PHP AJAX+JQUERY ฉบับ WORKSHOP. กรุงเทพฯ : บริษัท สวิสดี ไอที จำกัด, 2556.
- [7] บัญชา ปะสีละเตสัง. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วย PHP ร่วมกับ MySQL และ Dreamweaver. ซีเอ็ด ดูเคชั่น. 2553.

เว็บแอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ Web Application for Thai Language Communication for Foreign Tourists

อุไรวรรณ รักโคตร¹ สุรีย์รัตน์ ทองลี² นิภาพร ปัญญา³ และภัสสร สิงห์ธรรม^{4*}

Uraiwan Rakkote¹, Sureerat Thonglee², Nipaporn Punya³ and Papatsorn Singhatham^{4*}

^{1,2,3,4}สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*wanida.si@rmutp.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

การสื่อสารภาษาไทย สำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติเป็นอุปสรรคต่อการท่องเที่ยวในประเทศไทย และปัจจุบันคนไทยสามารถพูดภาษาอังกฤษได้เพียง ร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยให้นักท่องเที่ยวต่างชาติสามารถสื่อสารภาษาไทยได้อย่างง่ายดาย สะดวก และรวดเร็ว โดยเว็บแอปพลิเคชันนี้ได้รวบรวมและแสดงคำศัพท์ในบทสนทนา ซึ่งแยกประโยคคำศัพท์ไว้เป็นหมวดหมู่ มีฟังก์ชันค้นหาคำศัพท์ มีการสะกดคำภาษาอังกฤษ มีฟังก์ชันเสียงเป็นภาษาไทยและมีข้อมูลแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวภาคต่าง ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาได้แก่ ASP.Net และภาษาซีชาร์ป สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบพบว่าระบบมีความสามารถในการทำงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน, การสื่อสารภาษาไทย, การท่องเที่ยว

Abstract

Thai language communication for foreign tourists is an obstacle to tourism in Thailand. At present, only 10 percent of Thai people can speak English. Therefore, the research team has developed a web application to communicate Thai language for tourists as a tool to help foreign tourists to communicate in Thai easily, conveniently and quickly. This web application has been compiled and displayed vocabulary which separated into

categories. The system contained a vocabulary search function, English spelling function, a voice function in Thai language, and the tourist attractions. The development tools were included ASP, Net and C# languages. The result of system performance evaluation showed that the users satisfied at a high level with the average value of 4.25.

Keywords: Web applications, Thai communication, Tourism

1. บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นอีกอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวสูงในปัจจุบัน มีบทบาทสำคัญต่อความเจริญก้าวหน้า เสถียรภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยเป็นอย่างมาก จากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สรุปสถิติรายได้จากการท่องเที่ยวในประเทศมากถึงร้อยละ 60 ของรายได้ส่วนใหญ่ของประเทศทั้งหมด (ปี 2560) มีนักท่องเที่ยวต่างชาติมาเที่ยวในประเทศไทย 24.80 ล้านคน (ปี 2557) การท่องเที่ยวจึงกลายเป็นแหล่งที่มาของเงินตราต่างประเทศที่สำคัญที่สุดของประเทศ แต่จากงานวิจัยของ พล.อ. ดาวพงษ์ รัตนสุวรรณ [1] พบว่า ปัจจุบันคนไทยสามารถพูดภาษาอังกฤษได้เพียงร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมด อยู่ในอันดับ 5 ของประเทศในภูมิภาคอาเซียน ดังนั้น การสื่อสารจึงจัดได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกเหนือจากปัจจัยสี่ มนุษย์ต้องอาศัยการสื่อสารเป็นเครื่องมือเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการดำเนินกิจกรรมและเพื่ออยู่ร่วมกับคนอื่น ๆ ในสังคม การสื่อสารจึงเป็นพื้นฐานของการติดต่อของมนุษย์ [2] คณะผู้วิจัยเห็นปัญหาการสื่อสารระหว่างคนไทยกับนักท่องเที่ยวต่างชาติ จึงได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการสื่อสารภาษาไทย สำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติขึ้น เพื่อช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถสื่อสารภาษาไทยได้อย่างสะดวก ง่ายดายและรวดเร็ว สามารถค้นหา คำศัพท์และฟังเสียงคำพูดภาษาไทยได้ทุกหนแห่ง เสมือนมีล่ามคอยช่วยเหลืออยู่ใกล้ๆ ช่วยลดอุปสรรคในการสื่อสารได้เป็นอย่างดี

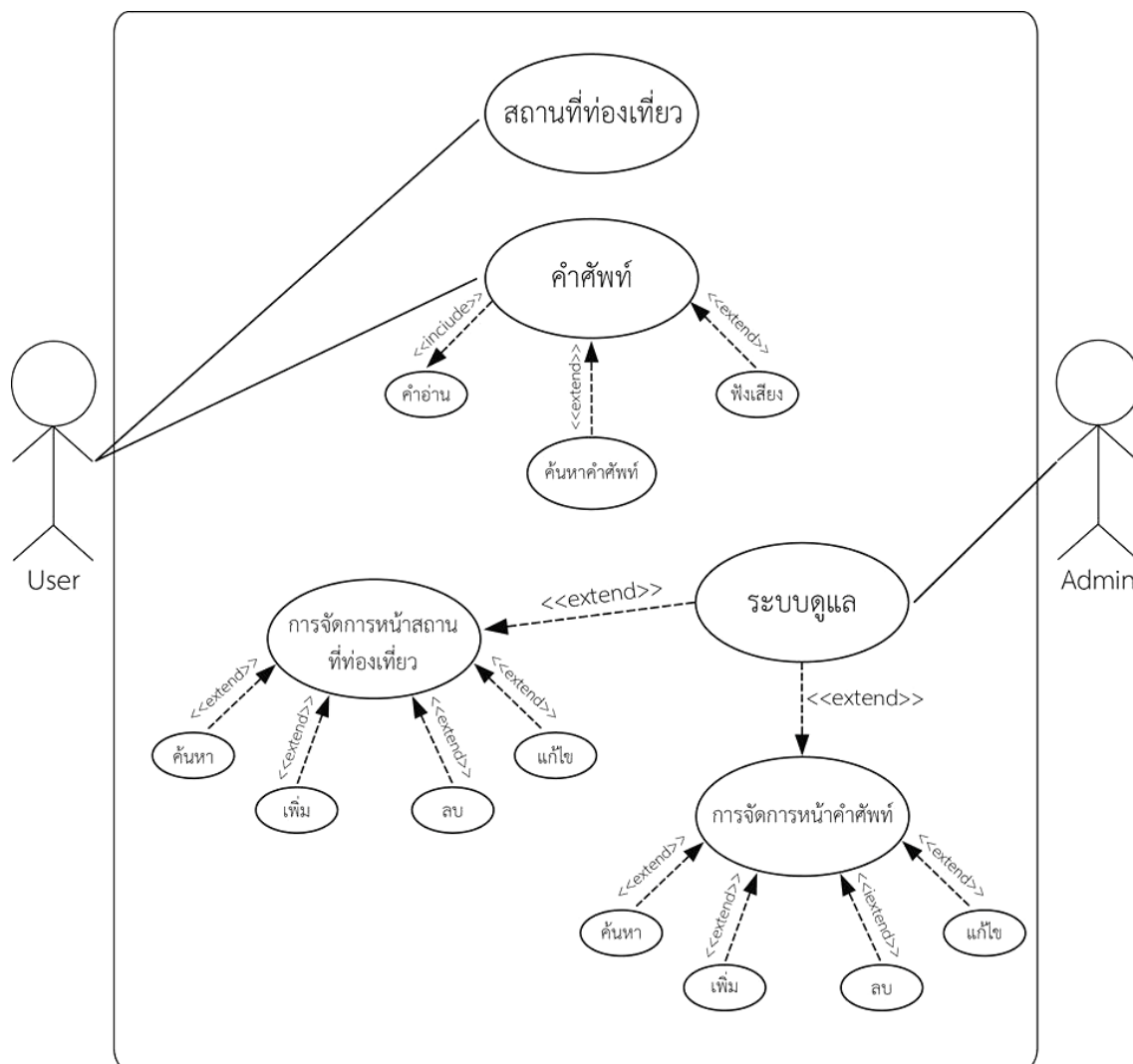
2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

- 2.1 รวบรวมข้อมูล ศึกษาปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.2 วิเคราะห์และออกแบบระบบงาน
- 2.3 จัดทำเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ
- 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ
- 2.5 ปรับปรุงแก้ไขระบบงานตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน
- 2.6 สรุปผล และจัดทำรายงานพร้อมคู่มือการใช้งาน

ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบงาน ผู้จัดทำได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยกำหนดขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ อย่างชัดเจน และทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาออกแบบตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งการออกแบบระบบงานใหม่ประกอบด้วย 4 แผนภาพ [3] ได้แก่

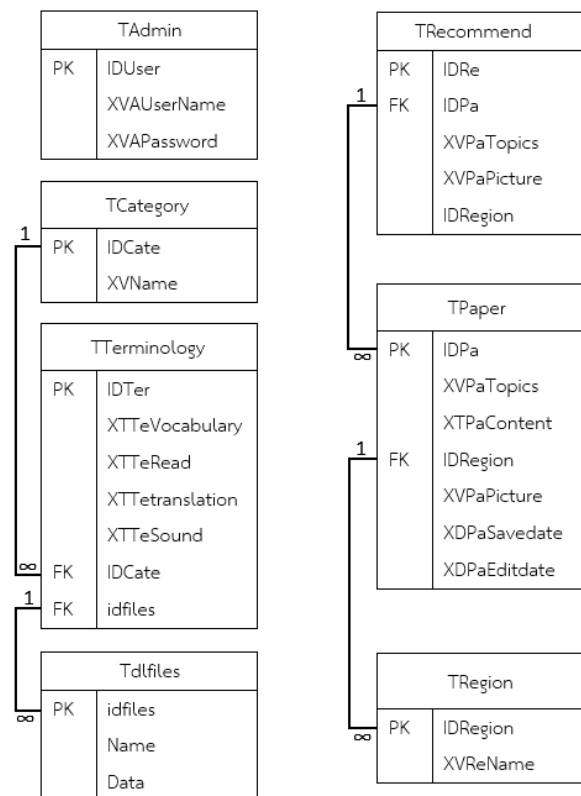
- 1) แผนภาพแสดงการทำงาน (Use case diagram)
- 2) แผนภาพจำลองลำดับกระบวนการทำงาน (Sequence diagram)
- 3) แผนภาพแสดงกิจกรรมของการทำงาน (Activities diagram)
- 4) แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (Class diagram)

สำหรับการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Story board) ซึ่งผู้ใช้งานระบบแบ่งออกเป็น 2 ฝ่าย (ดังภาพที่ 1) ได้แก่ ผู้ใช้งานระบบ หรือนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่ต้องการสื่อสารภาษาไทยผ่านเว็บแอปพลิเคชัน (User) และผู้ดูแลระบบ หรือผู้พัฒนาระบบ (Admin)



ภาพที่ 1 ยูสเคสไดอะแกรมเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ

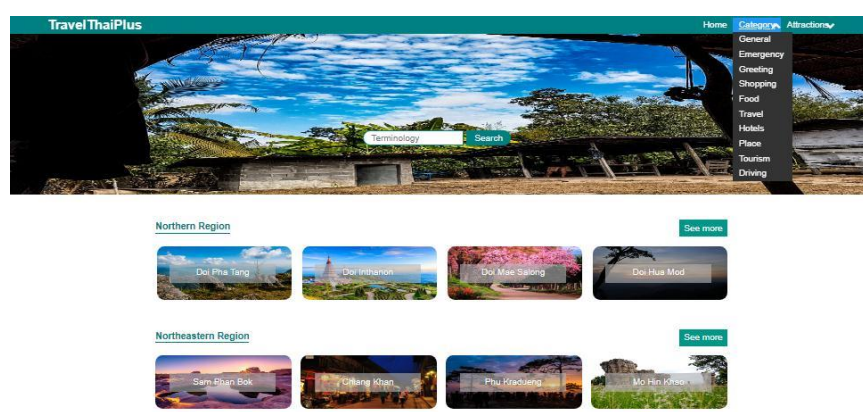
ในส่วนของการออกแบบฐานข้อมูลภายใต้หลักการของการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เพื่อสร้างระบบการจัดการฐานข้อมูลจาก MySQL (ดังภาพที่ 2)



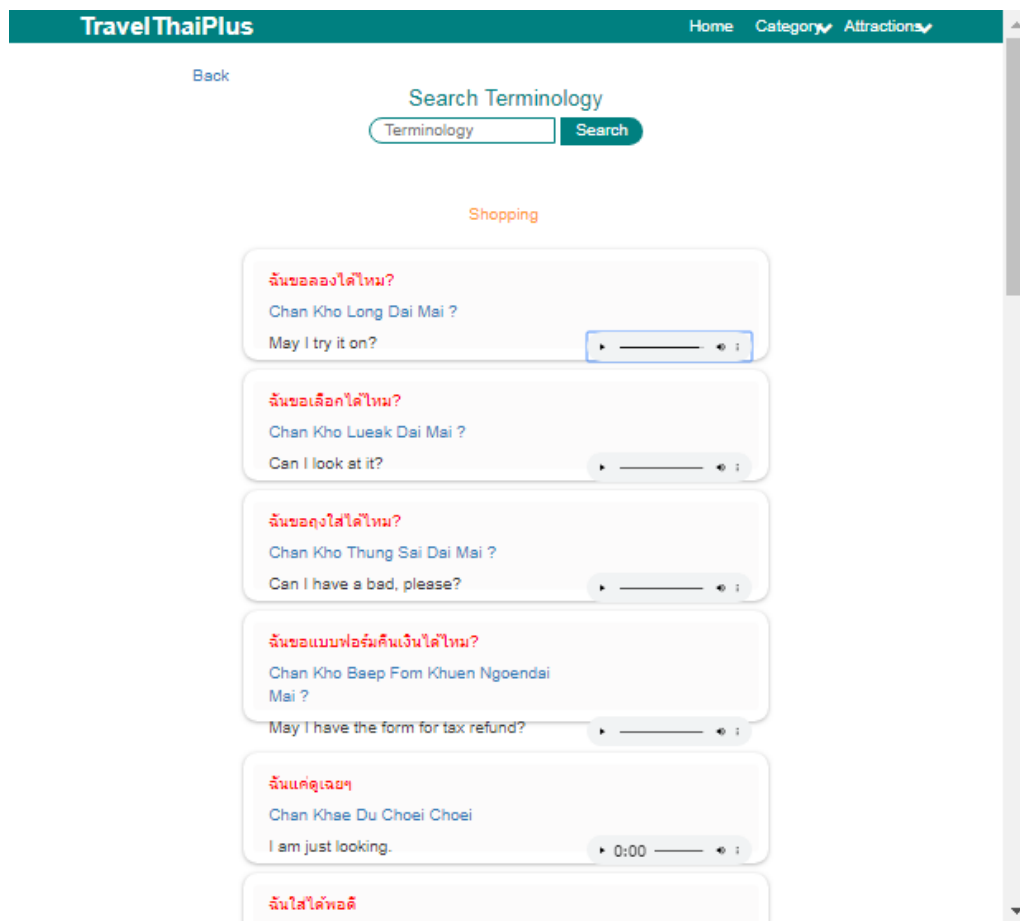
ภาพที่ 2 แบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของเว็บแอปพลิเคชัน (ER Diagram)

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ ได้กำหนดขอบเขตการทำงานของแต่ละส่วน ดังนี้

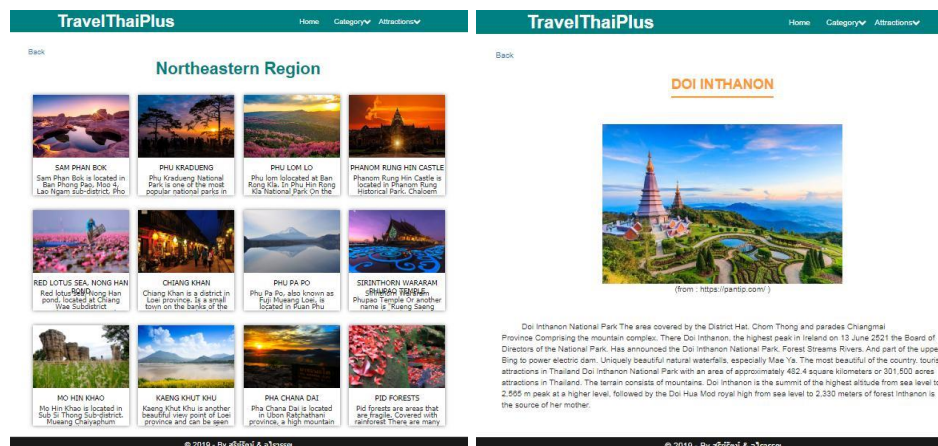
1) **ผู้ใช้งานระบบ** หรือนักท่องเที่ยวต่างชาติที่ต้องการสื่อสารภาษาไทยผ่านเว็บแอปพลิเคชัน สามารถเข้าดูคำหรือประโยคภาษาไทย พร้อมคำอ่านที่เป็นภาษาคาราโอเกะและคำแปลภาษาอังกฤษได้ สามารถฟังเสียงสนทนาที่เป็นคำหรือเป็นประโยคภาษาไทยเพื่อฝึกพูดตามได้ สามารถค้นหาบทสนทนา และเข้าดูข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวของแต่ละภาคได้ (ดังภาพที่ 3-5)



ภาพที่ 3 หน้าแรกของเว็บไซต์แอปพลิเคชันเพื่อการสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ

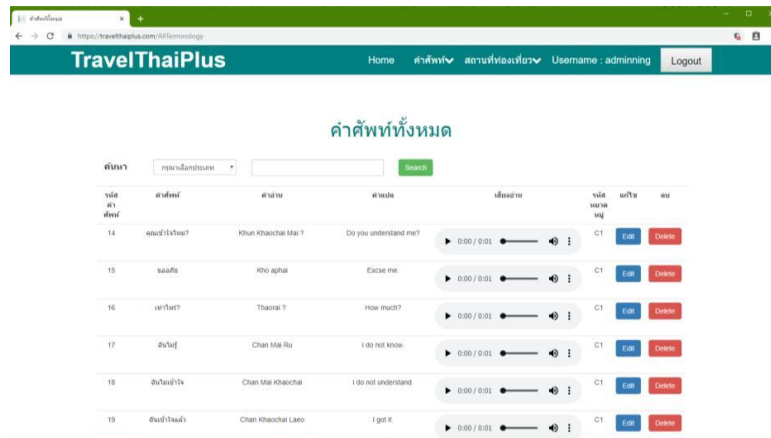


ภาพที่ 4 การค้นหาคำสนทนาและฟังเสียงสื่อสารเป็นภาษาไทย

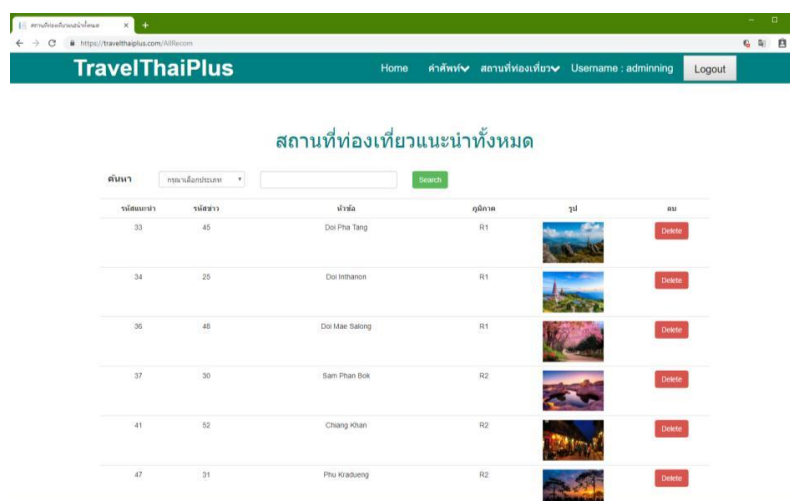


ภาพที่ 5 หน้าสถานที่ท่องเที่ยวแบ่งตามภูมิภาคของประเทศและข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวแต่ละแห่ง

2) ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการกับข้อมูลคำศัพท์ได้ทั้ง 10 หมวดหมู่ คือ General, Emergency, Greeting, Shopping, Food, Travel, Hotels, Place, Tourism, Driving สามารถจัดการกับข้อมูลศัพท์สถานที่ท่องเที่ยวได้ (ดังภาพที่ 6) สามารถแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวได้ (ดังภาพที่ 7)



ภาพที่ 6 การจัดการคำศัพท์ในส่วนของผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 7 การแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจโดยผู้ดูแลระบบ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ เลือกวิธีการตอบแบบสอบถามโดยใช้เกณฑ์การตีความภายใต้การแนะนำของรศ.ดร.บุญชม ศรีสะอาด [4] สถิติที่ใช้เป็นสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ จำนวนความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ใช้สัญลักษณ์ (%) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) ใช้สัญลักษณ์ ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สัญลักษณ์ (S.D.) ดังสมการที่ 1 และนิยามสมการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ 2

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (1)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{N}} \quad (2)$$

เมื่อ $\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
$S.D.$	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
X_i	แทน	ผลรวมของค่าของข้อมูลตัวที่ i
N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบสอบถาม

เมื่อผู้ใช้งานระบบทำการทดสอบระบบแล้ว คณะผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถามและเก็บรวบรวม เพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลได้ดังนี้ จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ จำนวน 20 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับค่อนข้างมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 และเมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเว็บแอปพลิเคชันการสื่อสารภาษาไทยสำหรับนักท่องเที่ยวต่างชาติ มีประสิทธิภาพดี และสามารถนำไปใช้งานได้จริง (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	($\bar{x}$)	S.D.	ความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบหน้าเว็บไซต์	4.39	0.28	ค่อนข้างมาก
2. ด้านความถูกต้องและความน่าสนใจของเว็บไซต์	4.33	0.13	ค่อนข้างมาก
3. ด้านประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบ	4.52	0.08	มาก
4. ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้าน	4.41	0.16	ค่อนข้างมาก

4. บทสรุป

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสื่อสารภาษาไทย สำหรับนักท่องเที่ยว เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยลดอุปสรรคในการสื่อสารระหว่างนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติกับคนไทย ทำให้สามารถสื่อสารภาษาไทยได้อย่างง่ายดาย สะดวก และรวดเร็ว โดยการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งได้รวบรวมและแสดงคำศัพท์ในบทสนทนา มีการแบ่งหมวดหมู่ 10 ประเภทตามการใช้งาน มีฟังก์ชันค้นหาคำศัพท์ การสะกดคำภาษาอังกฤษ ฟังก์ชันเสียงภาษาไทยและมีข้อมูลแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวภาคต่าง ๆ โดยสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพ

การทำงานของระบบ พบว่า ระบบมีความสามารถในการทำงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 สอดคล้องกับปริญญานิพนธ์ของ อรลดา แซ่ไคว่ [5] ซึ่งได้พัฒนาแอปพลิเคชันการใช้ภาษาอังกฤษและภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในอาชีพครูการศึกษาพิเศษ ให้ครูทุกคนที่มีความต้องการจะเรียนรู้เพิ่มเติมเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษทั้งในประเทศและต่างประเทศหรืออาเซียนผ่านแอปพลิเคชัน และสามารถเรียนรู้ได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ผลสรุปว่า วิจัยเรื่องนี้มีผลระดับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับดีมาก

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย การสนับสนุนจาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และผู้ทรงความรู้ โดยการให้คำแนะนำและให้ข้อมูลการทำงานวิจัยอย่างเต็มกำลัง คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พล.อ.ดาว์พงษ์ รัตนสุวรรณ. ศธ.เผยผลสำรวจคนไทยพูดอังกฤษได้ร้อยละ 10 อยู่ในอันดับ 5 อาเซียน. (บทความออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 13 พฤศจิกายน 2561, จาก <http://www.siamedunews.com>
- [2] ศุภรัตน์ ฐิตกุลเจริญ. ทฤษฎีการสื่อสาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2544.
- [3] Kendall, K. E.; and Kendall, J. E. (2005). System Analysis and Design, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- [4] บุญชม ศรีสะอาด, การวิจัยเบื้องต้น, สำนักพิมพ์ บจก. สุวีริยาสาส์น กรุงเทพมหานคร, 2560.
- [5] อรลดา แซ่ไคว่. การพัฒนาแอปพลิเคชันการใช้ภาษาอังกฤษและภาษาไทยเพื่อการสื่อสารในอาชีพครูการศึกษาพิเศษ เป็นงานวิจัยระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558.

บรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส Bagasse Packaging Antagonising Fungi with Tumeric Extract for Green Cos Lettuce Cultivation

ภัทริกา สูงสมบัติ^{1*} ดวงฤทัย นิคมรัฐ² ปิยะพัทธ์ บัวบาน³ และสรินญา ลำจวน⁴

Patarika Soongsombat^{1*}, Duangruitai Nicomrat², Piyapat Buaban³ and Sarinya lumjuan⁴

^{1,2,3,4}สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

*patarika.s@rmutp.ac.th (corresponding author)

บทคัดย่อ

ขานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากกระบวนการหีบอ้อยและอุตสาหกรรมน้ำตาล สามารถหาได้ง่าย ย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับขานอ้อยและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทีมผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาขานอ้อยเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดวัสดุเพาะผักสลัดกรีนคอสที่มีความสามารถในการต้านเชื้อราด้วยการใช้สารสกัดจากขมิ้นชัน ทดแทนการใช้สารเคมี ที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 15,000 และ 20,000 ppm โดยทำการศึกษาลักษณะของบรรจุภัณฑ์ ประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขมิ้นชัน การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอสที่ปลูกในบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยที่มีสารสกัดขมิ้นชัน และการเปลี่ยนแปลงสภาพของบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยในระหว่างการเพาะ พบว่าบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันมีผลต่อการงอกของผักสลัดกรีนคอส ร้อยละ 92-97 และสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้น 15,000 และ 20,000 ppm มีประสิทธิภาพในการชะลอการเติบโตของเชื้อรา *Penicillium* sp. รวมถึงยับยั้งการเกิดของเชื้อรา *Rhizopus* sp. และ *Colletotrichum* sp. และช่วยให้ผักสลัดกรีนคอสมีความสูงเพิ่มขึ้น ช่วยให้บรรจุภัณฑ์คงสภาพดีขึ้น จากงานวิจัยดังกล่าวจึงเห็นได้ว่าบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส ช่วยยับยั้งการเกิดเชื้อราในระหว่างการเพาะ ทดแทนการใช้สารเคมี สามารถย่อยสลายได้ง่าย เหมาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

คำสำคัญ: บรรจุภัณฑ์ขานอ้อย, สารสกัดจากขมิ้นชัน, สารต้านเชื้อรา, ผักสลัดกรีนคอส

Abstract

Bagasse is one kind of agricultural waste materials obtained from sugarcane crushing and sugar industry processes. It is easily found, biodegradable, and environmentally friendly. In order to add value to bagasse and maximizing applicable usages, the research team has therefore developed a packaging material from bagasse for vegetation of Green Cos Salad. Its capability in anti-fungi was additionally examined with the use of turmeric extracts substituted for chemicals at the concentrations 0 5,000 10,000 15,000 and 20,000 ppm. The study of packaging in its physical characteristics, antimicrobial efficiency of turmeric extract, and it enhancing for the Green Cos Salad seedling growth in bagasse packaging with turmeric extract. It was found that the anti-fungal bagasse containing turmeric extract had 92-97 percentages of germination of the Green Cos salad seedling. The turmeric extract at the concentrations of 15,000 and 20,000 ppm was effective in slowing growth of fungus *Penicillium* sp. including inhibiting *Rhizopus* sp. and *Colletotrichum* sp. Moreover, it helped increase the height of Green Cos Salad seedlings and kept the stable packaging shape. From the research, it could be concluded that the package of anti-fungal bagasse with turmeric extract was suitable for being a material for Green Cos Salad cultivation with additional property of prevention for mold growth during culture. It can be substituted for chemicals as biodegradable that was suitable for consumers who care about their health.

Keywords: Bagasse, Turmeric extract, Antifungal agents, Green Cos Salad vegetables

1. บทนำ

ปัจจุบันผักสลัดกรีนคอสเป็นอีกหนึ่งช่องทางของเกษตรกรยุคใหม่ที่หันมาให้ความสนใจเพื่อตอบสนองต่อคนที่รักสุขภาพเพราะการปลูกผักชนิดนี้ไม่นิยมใส่สารเคมี ผักสลัดกรีนคอสมีลักษณะลำต้นเป็นกอ มีทั้งใบเรียวยาวและใบกลมบาง ออกใบเรียงซ้อนกันเป็นข้อ การเพาะด้วยเมล็ดโดยการโรยบนดิน ภายใน 3-4 สัปดาห์ จะงอกขึ้นมาประมาณ 1 นิ้ว แต่จะมีลำต้นที่ไม่แข็งแรง เกษตรกรจึงนิยมเพาะในวัสดุเพาะก่อนลงดิน เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีลำต้นแข็งแรง ส่งผลให้วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะนั้นมีราคาที่สูงขึ้น [1]

วัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัดกรีนคอส สามารถทำได้ด้วยการใช้อินทรีย์วัตถุที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวให้ผักสลัดกรีนคอสเจริญเติบโตอย่างมีคุณภาพ เช่น การยัดลำต้น การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ และทำให้รากชอนไชได้สะดวก ในประเทศไทยมีวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น ขานอ้อย ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถพัฒนาเป็นวัสดุเพาะที่ดีได้ แต่ต้องมีกระบวนการแปรสภาพที่เหมาะสม ขานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่

หาได้ง่ายและมีราคาถูก ปริมาณขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการหีบอ้อยมีแนวโน้มสูงขึ้นในแต่ละปี จึงมีการประยุกต์ใช้ขานอ้อยในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับขานอ้อยและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น อุตสาหกรรมผลิตบรรจุภัณฑ์มีการผลิตบรรจุภัณฑ์จากขานอ้อยซึ่งสามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ เป็นต้น [2]

ปัญหาที่มักพบในระหว่างการผลิตผักสลัดกรีนคอสนั้น คือ โรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา เช่น โรคใบและลำต้นจุด โรคลำต้นไหม้ และโรครากเน่าโคนเน่า [3] ซึ่งเกษตรกรที่เพาะพันธุ์ผักสลัดกรีนคอสมักใช้วิธีการแก้ไขปัญหานั้นง่าย สะดวก ด้วยการใส่สารเคมี แต่ก็ก่อให้เกิดปัญหาอย่างอื่นตามมา เช่น สารพิษตกค้างในผัก ในดิน หรือแหล่งน้ำ ทั้งยังไม่ตอบโจทย์สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ปัญหาเหล่านี้สามารถลดลงได้หากหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีโดยหันมาใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อควบคุมโรคที่เกิดจากการเพาะปลูกแทน

ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรที่มีมาตั้งแต่โบราณ ปัจจุบันขมิ้นชันได้ขึ้นทะเบียนในบัญชียาหลักแห่งชาติว่าเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาที่หลากหลาย [4] ขมิ้นชันสามารถหาได้ง่ายตามท้องถื่น เป็นพืชที่มีการปลูกมาตั้งแต่อดีต และเป็นการใช้พืชให้เกิดประโยชน์แทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ ขมิ้นชันมีสรรพคุณฆ่าเชื้อรา ทำให้แผลหายเร็วขึ้น มีฤทธิ์ลดการอักเสบ และป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร เป็นต้น [5]

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขานอ้อยให้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความสามารถในการต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส ซึ่งบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวยังมีราคาถูก ง่ายต่อการดูแลรักษา ย่อยสลายได้ง่ายและยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2. วิธีการวิจัย

2.1 การผลิตบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส

2.1.1 ตัดขานอ้อยเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วต้มในหม้อต้มอัดแรงดัน นาน 30 นาที

2.1.2 นำขานอ้อยที่ต้มแล้ว 1,000 กรัม ผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 75 กรัม ต้มในน้ำ 3 ลิตร นาน 30 นาที ตรวจสอบเชื้อโดยการสังเกตการแยกตัวของเส้นใย จากนั้นกรองและล้างด้วยน้ำสะอาด จนมีค่า pH เป็นกลาง

2.1.3 นำขานอ้อยที่ได้มาปั่น แล้วช้อนเยื่อด้วยตะแกรง เกลี่ยเยื่อบนตะแกรงให้มีความหนาสม่ำเสมอ

2.1.4 ใส่เมล็ดผักสลัดกรีนคอสในตะแกรง แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นลอกกระดาษขานอ้อยออก

2.2 การสกัดสารต้านเชื้อราจากขมิ้นชัน

2.2.1 บดขมิ้นชันแล้วแช่ด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปิดฝาแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้สารสกัดขมิ้นชัน

2.2.2 ปรับระดับความเข้มข้นของสารละลายขมิ้นชันในแอลกอฮอล์เป็น 5,000 10,000 15,000 และ 20,000 ppm

2.3 การใส่สารสกัดจากขมิ้นชันในบรรจุภัณฑ์โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวช่วยผสม

2.3.1 ต้มน้ำ 500 มิลลิลิตร ใส่ผสมแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม ลงในน้ำ 500 มิลลิลิตร แล้วต้มให้เดือด กวนให้เป็นเนื้อเดียวกันนาน 30 นาที

2.3.2 ผสมแป้งมันสำปะหลังต้มสุกกับสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ทาเคลือบบรรจุภัณฑ์ขานอ้อย และตากให้แห้ง

2.4 การศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน

2.4.1 นำเชื้อรา *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. และ *Colletotrichum* sp. ชนิดละ 0.5 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร และแบ่งออกใส่ถุง ถุงละ 50 มิลลิลิตร

2.4.2 ตัดชิ้นส่วนบรรจุภัณฑ์ทุกความเข้มข้น ขนาด 2x2 เซนติเมตร แช่ลงในน้ำกลั่นที่ผสมเชื้อราไว้นาน 3 นาที แล้วใส่แต่ละชิ้นลงในถุง ปิดปากถุงให้แน่น

2.4.3 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 วัน โดยสังเกตลักษณะการเกิดของเชื้อราทุกวัน

2.5 การศึกษาประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน

2.5.1 นำบรรจุภัณฑ์ทุกความเข้มข้น มาตัดให้มีขนาด 9x13 ตารางเซนติเมตร แล้ววางลงบนดิน รดน้ำเข้าเย็น ครั้งละ 500 มิลลิลิตร

2.5.2 ในสัปดาห์แรก ใช้วัสดุคลุมให้มิดเพื่อช่วยเร่งการงอกของผักสลัดกรีนคอส และสัปดาห์ที่ 2 จึงจะเอาวัสดุคลุมออก บันทึกผลทุก 2 วัน เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์

2.5.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส โดยการสังเกตร้อยละของการงอก จากสมการ

$$\text{ร้อยละของการงอก} = (\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} / \text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}) \times 100$$

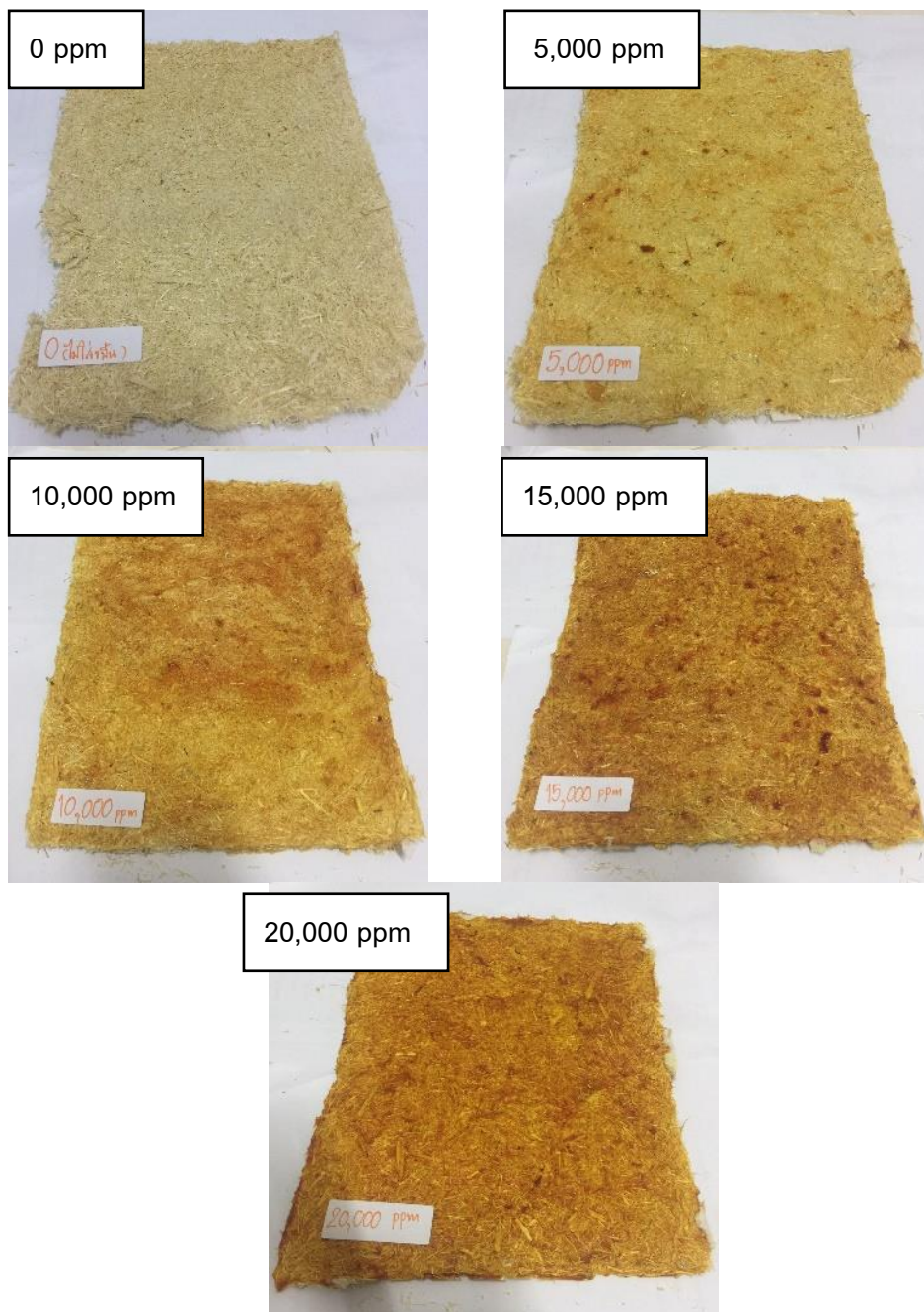
2.5.4 การศึกษาบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันในระหว่างการเพาะ

- การเกิดเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการเพาะ
- การเปลี่ยนแปลงสภาพของบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการเพาะ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาลักษณะของบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส

ลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีลักษณะคล้ายคลึงกัน พื้นผิวของบรรจุภัณฑ์มีเส้นใยลักษณะหยาบสม่ำเสมอเหมือนกัน เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากขมิ้นชันจะทำให้บรรจุภัณฑ์มีสีเหลืองเข้มขึ้นตามลำดับ ดังภาพที่ 1

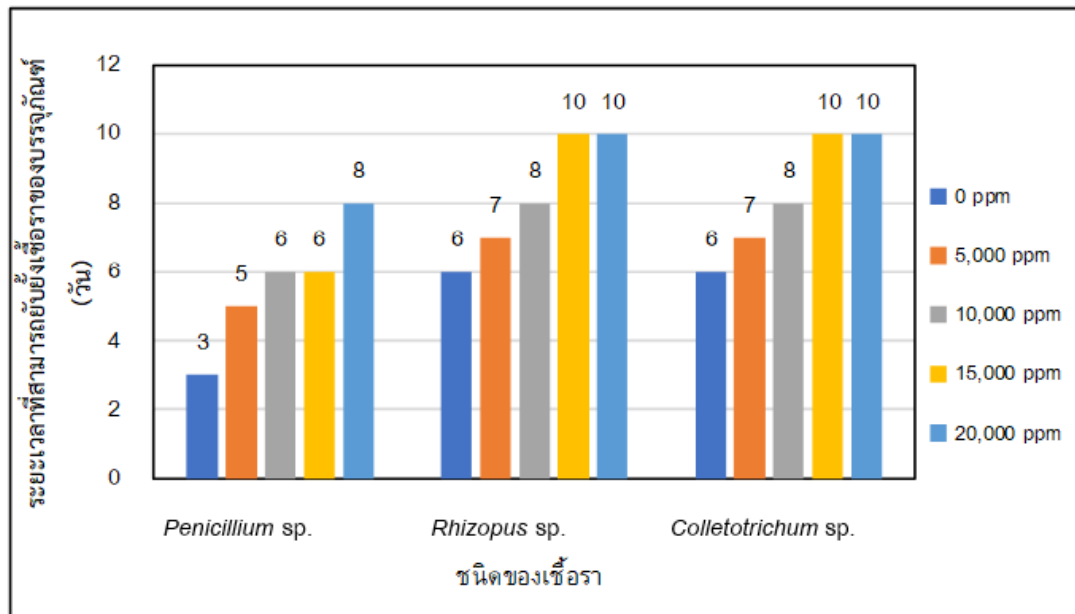


ภาพที่ 1 บรรจุภัณฑ์ขานอ้อยเคลือบด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน

3.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน

ผลการศึกษาประสิทธิภาพสารสกัดจากขมิ้นชันต้านเชื้อรา พบว่า บรรจุภัณฑ์ขานอ้อยที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm สามารถชะลอการเกิดเชื้อราได้ทั้ง 3 ชนิดแต่ชะลอการเกิดเชื้อรา *Rhizopus* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้ดีกว่า เมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีสารสกัดขมิ้นชัน (0 ppm) ดังภาพ 2 และในระยะเวลา 10 วันที่ทำการศึกษา บรรจุภัณฑ์ขานอ้อยที่ระดับความเข้มข้น 15,000 และ 20,000

ppm สามารถต้านการเกิดเชื้อรา *Rhizopus* sp. ที่เป็นสาเหตุโรคเน่าในผัก และต้านเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ที่เป็นสาเหตุโรคใบจุด แต่ไม่สามารถต้านเชื้อรา *Penicillium* sp. ได้



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่สามารถยับยั้งเชื้อราชนิดต่างๆ
ของบรรจุภัณฑ์ชานอ้อยต้านเชื้อรา

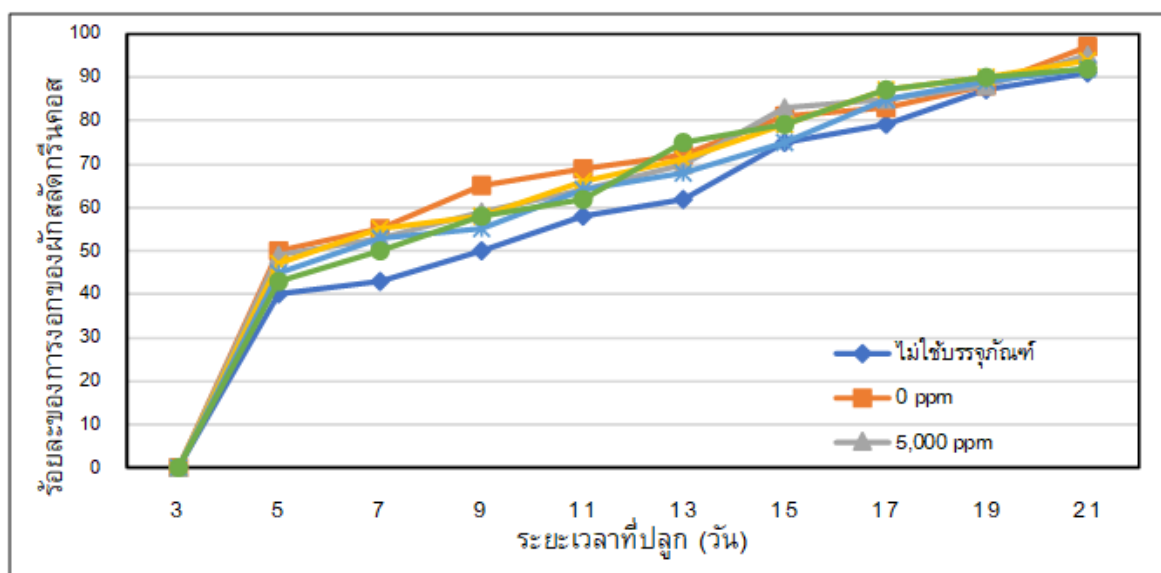
3.3 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตโดยสังเกตร้อยละของการงอกของผักสลัดกรีนคอส

เมื่อเปรียบเทียบผลจากการปลูกแบบไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ (ตัวควบคุม) และแบบใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 15,000 และ 20,000 ppm พบว่า ผักสลัดกรีนคอสมีการงอกจากเมล็ดที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์เป็นร้อยละ 91 97 95 94 92 และ 92 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่า ร้อยละของการงอกไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่การปลูกแบบใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีร้อยละของการงอกใกล้เคียงกับการปลูกแบบไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ ดังนั้น บรรจุภัณฑ์จึงไม่ใช่อุปสรรคต่อการงอกของผักสลัดกรีนคอส ดังภาพที่ 3

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส เริ่มงอกในวันที่ 5 และมีการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อปลูกเป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ การงอกของผักสลัดกรีนคอสมีค่าร้อยละ 92-97 ถือว่าใกล้เคียงร้อยละ 100 คาดว่าบรรจุภัณฑ์สามารถเป็นตัวช่วยเก็บความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์รวมถึงต้านเชื้อราที่จะเป็นอุปสรรคในการงอก จึงทำให้มีร้อยละการงอกที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการปลูกแบบไม่ใช้บรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 1 ร้อยละของการงอกของผักสลัดกรีนคอสเมื่อปลูกโดยใช้บรรจุภัณฑ์ชานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน

ระยะเวลาที่ปลูก (วัน)	ร้อยละของการงอกของผักสลัดกรีนคอส					
	ไม่ใช้ บรรจุภัณฑ์	ความเข้มข้นของสารสกัดขมิ้นชัน (ppm)				
		0	5,000	10,000	15,000	20,000
3	0	0	0	0	0	0
5	40	50	49	47	45	43
7	43	55	53	55	53	50
9	50	65	59	58	55	58
11	58	69	64	66	64	62
13	62	72	70	71	68	75
15	75	81	83	79	75	79
17	79	83	85	87	85	87
19	87	88	88	90	89	90
21	91	97	95	94	92	92



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของร้อยละการงอกของผักสลัดกรีนคอสในบรรจุภัณฑ์ชานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันเมื่อปลูกในระยะเวลา 3 สัปดาห์

3.4 ผลการศึกษาบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันในระหว่างการเพาะ

3.4.1 ผลการศึกษาการเกิดเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการเพาะ

ในการศึกษาการเกิดเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน เมื่อวางบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 15,000 และ 20,000 ppm ลงบนดิน แล้วรดน้ำเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์

เมื่อปลูกผักสลัดกรีนคอสนาน 3 สัปดาห์ ผลที่ได้คือ พื้นที่การเกิดเชื้อราที่บรรจุภัณฑ์ขานอ้อยด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้น 0 5,000 10,000 15,000 และ 20,000 ppm มีพื้นที่การเกิดเชื้อราอยู่ในช่วง +4 +3 +3 +2 และ +1 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จากการศึกษาการเกิดเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ขานอ้อยด้านเชื้อราในระหว่างการเพาะ (ภาพที่ 4)

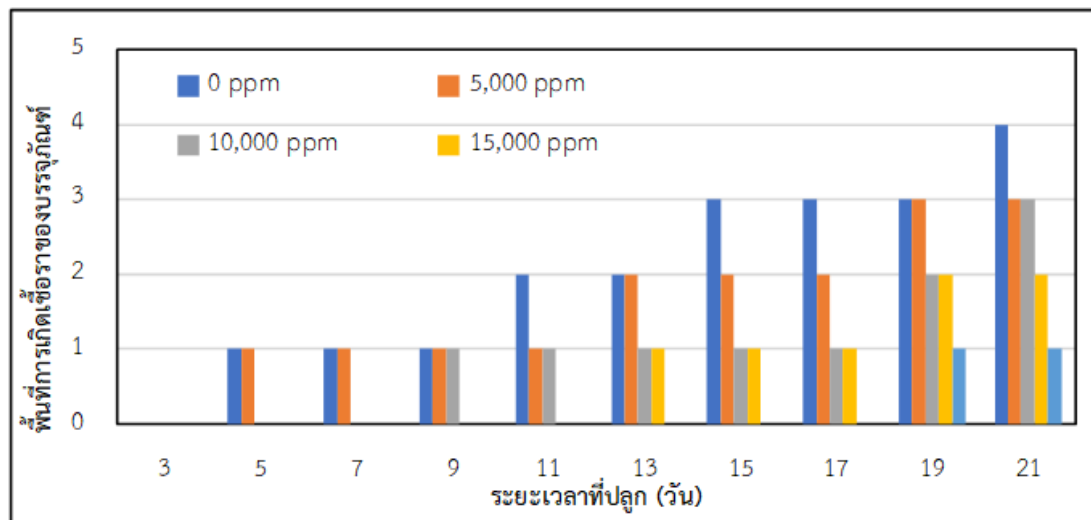
ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น สามารถต้านการเกิดเชื้อราได้ดีกว่าที่ระดับความเข้มข้นต่ำ แต่ทั้งนี้เมื่อเวลาผ่านไปประสิทธิภาพสารสกัดจากขมิ้นชันอาจลดลง จากการเสื่อมสภาพของสารสกัดขมิ้นชันที่ละลายไปกับน้ำในเวลารดน้ำให้กับพืช ทำให้ประสิทธิภาพการต้านเชื้อราลดลง ทั้งนี้ การทากาวที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันลงบนกระดาษขานอ้อยที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อเพาะเมล็ด ไม่สามารถเก็บกักสารสกัดจากขมิ้นชันได้นาน จึงไม่สามารถต้านเชื้อราได้เป็นระยะเวลานาน เพียงแต่สามารถช่วยในระยะแรกของต้นอ่อน และต้นอ่อนของผักสลัดกรีนคอสยังมีความอ่อนแอ เมื่อพืชเจริญเติบโตจะแข็งแรงขึ้น พืชจะไม่จำเป็นต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ช่วยในการต้านเชื้อราอีกต่อไป

ตารางที่ 2 พื้นที่การเกิดเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน

ระยะเวลาที่ ปลูก (วัน)	พื้นที่การเกิดเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน				
	ความเข้มข้นของสารสกัดขมิ้นชัน (ppm)				
	0	5,000	10,000	15,000	20,000
3	0	0	0	0	0
5	+1	+1	0	0	0
7	+1	+1	0	0	0
9	+1	+1	+1	0	0
11	+2	+1	+1	0	0
13	+2	+2	+1	+1	0
15	+3	+2	+1	+1	0
17	+3	+2	+1	+1	0
19	+3	+3	+2	+2	+1
21	+4	+3	+3	+2	+1

หมายเหตุ แสดงพื้นที่ของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่เกิดเชื้อรา โดย

+1 คือร้อยละ 1-20, +2 คือร้อยละ 21-40, +3 คือร้อยละ 41-60, +4 คือร้อยละ 61-80, +5 คือร้อยละ 81-100



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่การเกิดเชื้อราของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันในระยะเวลา 3 สัปดาห์

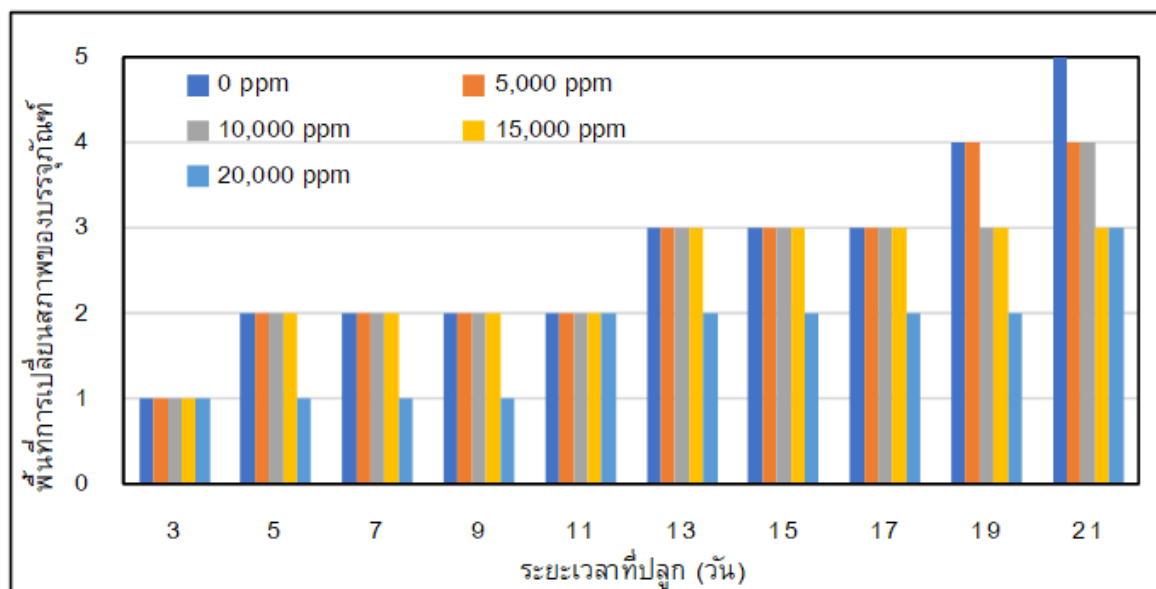
3.4.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของบรรจุภัณฑ์ในระหว่างการเพาะ

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพของบรรจุภัณฑ์ นาน 3 สัปดาห์ พบว่า มีพื้นที่การเปลี่ยนแปลงสภาพอยู่ในช่วง +5 +4 +4 +3 และ +3 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยบรรจุภัณฑ์ที่มีระดับความเข้มข้นสูง จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพช้ากว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีระดับความเข้มข้นต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากสารสกัดจากขมิ้นชันสามารถช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งมีผลต่อการย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์ด้วย บรรจุภัณฑ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพช้าจึงคงรูปอยู่ดีกว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันน้อย หรือบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีสารสกัดจากขมิ้นชัน ด้วยคุณลักษณะที่ดีของสารสกัดขมิ้นชันนี้จะช่วยเสริมคุณสมบัติที่ดีอื่นๆ คือ ช่วยด้านการเกิดเชื้อราได้ดี สามารถช่วยให้ต้นอ่อนของผักสลัดกรีนคอสโตดีขึ้น และช่วยในการดูดซับน้ำไว้บนแผ่นบรรจุภัณฑ์ (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 3 พื้นที่การเปลี่ยนสภาพของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน

ระยะเวลาที่ ปลูก (วัน)	พื้นที่การเปลี่ยนสภาพของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชัน				
	ความเข้มข้นของสารสกัดขมิ้นชัน (ppm)				
	0	5,000	10,000	15,000	20,000
3	+1	+1	+1	+1	+1
5	+2	+2	+2	+2	+1
7	+2	+2	+2	+2	+1
9	+2	+2	+2	+2	+1
11	+2	+2	+2	+2	+2
13	+3	+3	+3	+3	+2
15	+3	+3	+3	+3	+2
17	+3	+3	+3	+3	+2
19	+4	+4	+3	+3	+2
21	+5	+4	+4	+3	+3

หมายเหตุ แสดงพื้นที่ของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราที่มีสารสกัดจากขมิ้นชันที่เปลี่ยนสภาพ โดย
+1 คือร้อยละ 1-20, +2 คือร้อยละ 21-40, +3 คือร้อยละ 41-60, +4 คือร้อยละ 61-80, +5 คือร้อยละ 81-



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่การเปลี่ยนสภาพของบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันในระยะเวลา 3 สัปดาห์

4. บทสรุป

จากผลการศึกษาทั้งหมด พบว่าผลของการต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันมีประสิทธิภาพต่อการงอกของผักสลัดกรีนคอส ช่วยในการต้านเชื้อราที่จะก่อให้เกิดปัญหาในการงอก โดยเฉพาะสารสกัดจากขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 15,000 ppm มีผลทำให้ความสูงของต้นอ่อนผักสลัดกรีนคอสมีเพิ่มขึ้น และทำให้บรรจุภัณฑ์มีการเปลี่ยนสภาพช้า อันเนื่องมาจากความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากขมิ้นชันที่มีบนบรรจุภัณฑ์ และอาจมีสารสำคัญที่ช่วยเร่งกระตุ้นการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนคอส และยังคงหน้าที่สำคัญ คือ การต้านการเกิดเชื้อราในระหว่างการเพาะของผักสลัดกรีนคอสได้ดี

ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ขมิ้นชันต้านเชื้อราด้วยสารสกัดจากขมิ้นชันสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส ที่ระดับความเข้มข้น 15,000 ถึง 20,000 ppm จึงเหมาะกับการนำไปใช้เป็นวัสดุสำหรับเพาะผักสลัดกรีนคอส เพื่อช่วยในการต้านเชื้อราที่จะก่อให้เกิดปัญหาในการงอก ช่วยยับยั้งการเกิดเชื้อราในระหว่างการเพาะ และช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการย่อยสลายของบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้ บรรจุภัณฑ์นี้ยังง่ายต่อการดูแลรักษา สามารถย่อยสลายได้ง่าย ช่วยชะลอการเปลี่ยนสภาพของบรรจุภัณฑ์ ด้วยแนวทางดังกล่าวจะเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสม ในการลดการใช้สารเคมีด้วยการเลือกใช้สารสกัดจากธรรมชาติ คือ พืชสมุนไพรมาทดแทน ซึ่งเหมาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2559. ผักกาดหวาน. องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน จ.เชียงใหม่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/24>, 2 เมษายน 2562
- [2] ชญานิน วังตาลและรักชนก อินจันทร์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาดจากขมิ้นชันของชุมชนบ้านปากอพัฒนา. ตำบลดงมะเดะ อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. จังหวัดเชียงราย. 916 หน้า.
- [3] พัฒนา สนธิรัตน์ ประไพศรี พิทักษ์ไพรวรรณ ธนวัฒน์ กำแพงฤทธิรงค์ วิรัช ชูบำรุงและอุบล คือประโคน. 2537. ธรรมชาติโรคพืชในประเทศไทย. กลุ่มงานวิทยาไมโค กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 285 หน้า.
- [4] วินิต อัครกิจวิจิ. 2543. พรบ. ผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทยหวังใช้ขับเคลื่อนสู่นโยบายไทยแลนด์ 4.0. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.fda.moph.go.th/sites/drug/MedHerbEBook/Med%20-%20Herb%207%20-%202560.pdf>, 24 เมษายน 2562.

- [5] ชัชวาลย์ ช่างทำ. 2558. คุณประโยชน์และฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายของสมุนไพรขมิ้นชัน. รายงาน
วิทยาเทคโนโลยี. ห้วเฉี่ยวเฉลิมพระเกียรติ ฉบับที่ 2. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยหัวเฉี่ยวเฉลิมพระเกียรติ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://scijournal.hcu.ac.th/data/Vol.2%20Usefulness.pdf>, 7 ธันวาคม 2561.

การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก Production of Thermal Insulation from Plastic Waste

นิรชา น้อยยะ¹, ศุภามาศ หล้าหา² และ ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์^{3*}
Niracha Noiya¹, Suthamat Laha², and Panjai Saueprasearsit^{3*}

^{1,2,3}คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150 โทรศัพท์/โทรสาร (043) 754435 โทรศัพท์มือถือ (095) 6595844

*Email: panjai.s@hotmail.com (corresponding author)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก โดยปัจจัยที่สำคัญ คือ อัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกกับน้ำยางพารา ซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วน 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 (โดยปริมาตร; ขยะพลาสติก: น้ำยางพารา) โดยพิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฉนวนกันความร้อน ประกอบด้วย ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยพิจารณาวิธีการตรวจวัดตามมาตรฐาน (มอก. 876-2547) นอกจากนี้ มีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยใช้เครื่อง ISOMET 2114 จากผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของขยะพลาสติกต่อน้ำยางพารา คือ อัตราส่วนที่ 60:40 โดยปริมาตร โดยแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่สำคัญผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.130 ± 0.003 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน จากผลการศึกษาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกสามารถผลิตและนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางเลือกในการก่อสร้างได้

คำสำคัญ: แผ่นฉนวนกันความร้อน, ขยะพลาสติก, ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, น้ำยางพารา

Abstract

The research aimed to study the production of the thermal insulation from plastic waste. The significant factor was the ratio of plastic waste to liquid rubber. The ratios consisted of 50:50, 60:40, 70:30 and 80:20 (V/V; plastic waste: liquid rubber). The optimal

ratio was considered from physical and mechanical properties of produced thermal insulations which comprised of density, moisture content, thickness swelling, flexural strength, modulus of elastic, and tensile strength. These parameters were measured according to TIS standard (TIS 876-2004). Moreover, thermal conductivity of produced thermal insulations was tested using an ISOMET 2114 analyzer. The results indicated that the suitable ratio of plastic waste to liquid rubber was 60:40 (V/V) and the significant properties were in line with the TIS 876-2004 standard. Furthermore, the thermal conductivities were 0.130 ± 0.003 W/m.K. From the results, it can be concluded that the thermal insulation was produced from plastic waste is applicable as an alternative building material.

Keywords: Thermal insulation, Plastic waste, Thermal conductivity, Liquid rubber

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำพลาสติกมาใช้ในชีวิตประจำวันเป็นจำนวนมาก เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา สามารถขึ้นรูปได้เป็นวัสดุหรืออุปกรณ์ได้หลากหลาย มีความยืดหยุ่น สามารถรับแรงอัดได้ดี ทำให้พลาสติกถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย และจากการใช้งานดังกล่าวย่อมก่อให้เกิดขยะพลาสติกเป็นจำนวนมากเช่นกัน โดยจากสถิติที่ผ่านมา พบว่า ประเทศไทยมีขยะพลาสติกเกิดขึ้นถึงปีละ 2 ล้านตัน ซึ่งในจำนวนนี้มีการนำขยะพลาสติกกลับไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยเพียงประมาณปีละ 0.5 ล้านตัน ส่วนที่เหลือ 1.5 ล้านตัน จะถูกกำจัดทิ้งโดยการฝังกลบซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกแต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม [1] ทั้งนี้เพราะโดยธรรมชาติพลาสติกเป็นวัสดุที่ย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยากมาก ทำให้หากฝังกลบก็จะสูญเสียพื้นที่ที่สามารถทำประโยชน์ได้ แต่อย่างไรก็ตามหากเลือกวิธีการเผาก็เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ดังนั้น วิธีการแก้ปัญหาขยะพลาสติกที่ได้ผลดีที่สุด คือ การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขยะพลาสติกชนิด Polyethylene Terephthalate (PETE) มาใช้ในการผลิตฉนวนกันความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากขยะพลาสติกที่พบโดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของ PETE ค่อนข้างมาก อีกทั้งคุณสมบัติของ PETE ที่มีความเหนียว ทนทาน และมีความยืดหยุ่นสูง [2] จึงเหมาะกับการนำมาผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน นอกจากขยะพลาสติกซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้น้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 60 เป็นตัวประสานในการอัดขึ้นรูปแบบเย็นทดแทนการใช้กาวพอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นวัสดุประสานที่ใช้กันโดยทั่วไป เพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้สารดังกล่าว

2. วิธีการทดลอง/วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ขยะพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นขยะพลาสติกชนิด Polyethylene Terephthalate (PETE) ซึ่งเป็นขยะพลาสติกที่ได้จากกระบวนการบดย่อยขวดพลาสติกเพื่อส่งขายของโรงงานแปรรูปพลาสติก จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยเป็นส่วนที่ไม่สามารถส่งขายได้ ซึ่งในการเตรียม ขยะพลาสติกที่มีลักษณะดังภาพที่ 1 จะถูกนำไปทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ผึ่งให้แห้ง แล้วทำการกรองแยกเศษขยะอื่น ๆ ออกโดยใช้ตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร หลังจากนั้นเก็บขยะพลาสติกไว้ในภาชนะบรรจุเพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป และนอกจากขยะพลาสติกที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อน ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ตัวประสานเป็นน้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 60 ที่ผลิตได้จากการนำน้ำยางพาราสดผ่านกระบวนการผลิตเพื่อให้มีความเข้มข้นหรือมีปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content) ร้อยละ 60 โดยทั่วไปน้ำยางพาราชั้นหรือน้ำยางชั้นนี้จะถูกใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตถุงมือยาง จุกนมยาง ยางยืด กาว เป็นต้น



ภาพที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ

2.2 การเตรียมบล็อกและการอัดขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นฉนวนกันความร้อน

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมประกอบบล็อกตามขนาดที่ต้องการในการอัดขึ้นรูปของแผ่นฉนวนกันความร้อน เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำหรับแผ่นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547) [3] โดยมีขนาด 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร ขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร และขนาด 50 มิลลิเมตร x 300 มิลลิเมตร x 20 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเตรียมขนาดบล็อกขึ้นรูป

ขั้นตอนที่ 2 ทำการผสมน้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 60 กับสารเติมแต่งให้เข้ากันตามอัตราส่วนร้อยละ โดยมวล โดยเติมแอมโมเนียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5 และพาราฟินอิมัลชันร้อยละ 7

ขั้นตอนที่ 3 นำขยะพลาสติกที่เตรียมไว้ทำการผสมกับน้ำยางพารา (ดังภาพที่ 3) ตามอัตราส่วนที่กำหนดซึ่งประกอบด้วย อัตราส่วน 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 โดยปริมาตร



ภาพที่ 3 การผสมขยะพลาสติกกับน้ำยางพาราตามอัตราส่วนที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 นำขยะพลาสติกที่ทำการผสมน้ำยางพาราในแต่ละอัตราส่วนเทใส่บล็อกตามขนาดที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละอัตราส่วนทำการอัดขึ้นรูป จากนั้นทำการกดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่แรง 750 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ปั่นทิ้งไว้ 5 นาที ดังภาพที่ 4



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4 (ก) การนำวัสดุผสม (ขยะพลาสติก: น้ำยางพารา) เทใส่บล็อกตามขนาดที่ใช้ในการทดสอบ
(ข) การอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

ขั้นตอนที่ 5 นำแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกที่ได้จากการอัดขึ้นรูปในขั้นตอนที่ 4 ออกจากบล็อกแล้วนำมาผึ่งลมให้แห้ง (ภาพที่ 5) ห้ามนำไปอบหรือตากแดดโดยตากแดดโดยเด็ดขาด เนื่องจากจะทำให้น้ำยางพาราสูญเสียคุณสมบัติในการยึดติด



ภาพที่ 5 แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก

ขั้นตอนที่ 6 ทำการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก

2.3 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก

2.3.1 การศึกษาค่าความหนาแน่น

ชั่งแผ่นฉนวนกันความร้อนให้ได้มวลที่แน่นอน 0.01 กรัม จากนั้นใช้เครื่องมือแคลิเปอร์แบบเลื่อนวัดตามขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของแผ่นฉนวนกันความร้อน และนำค่าที่วัดได้มาทำการคำนวณโดยใช้สูตรการคำนวณค่าความหนาแน่น ดังสมการ (1)

$$\text{ค่าความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = (M / V) \times 10^6 \quad (1)$$

เมื่อ M = มวลของแผ่นฉนวนกันความร้อน (กรัม) และ V = ปริมาตรของแผ่นฉนวนกันความร้อน (ลูกบาศก์ มิลลิเมตร)

2.3.2 การศึกษาปริมาณความชื้น

ชั่งแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผ่านการทดสอบในการหาค่าความหนาแน่นให้ได้มวลที่แน่นอน 0.01 กรัม เป็นมวลของแผ่นฉนวนกันความร้อนก่อนอบ และทำการอบแผ่นฉนวนกันความร้อนในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนได้มวลคงที่ คือ มวลของแผ่นฉนวนกันความร้อน เมื่อชั่ง 2 ครั้งในเวลาห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ของมวลของแผ่นฉนวนกันความร้อน จากนั้นนำไปใส่ในตู้อบความชื้น ปลอ่ยไว้ให้เย็น เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องให้ชั่งแผ่นฉนวนกันความร้อน จะได้มวลของแผ่นฉนวนกันความร้อน หลังอบแห้ง คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสมการ (2)

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = [(m_1 - m_2) / m_2] \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ m_1 = มวลของแผ่นฉนวนกันความร้อนก่อนอบ (กรัม) และ m_2 = มวลของแผ่นฉนวนกันความร้อน หลังอบ (กรัม)

2.3.3 การศึกษาค่าการพองตัวตามความหนา

ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาและวัดความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ แช่แผ่นฉนวนกันความร้อนในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส โดยวางแผ่นฉนวนกันความร้อนให้ได้ตั้งฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละแผ่นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและกันภาชนะที่ใส่น้ำไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร เมื่อแช่แผ่นฉนวนกันความร้อนครบ 1 ชั่วโมง แล้วรีบนำแผ่นฉนวนกันความร้อนขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปลอ่ยไว้ในตู้อบความชื้นโดยวางให้ขอบด้านในด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ ปลอ่ยแผ่นฉนวนกันความร้อนไว้อีก 1 ชั่วโมง แล้วนำแผ่นฉนวนกันความร้อนมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำการคำนวณหาการพองตัวตามความหนาได้จากสมการ (3)

$$\text{ค่าการพองตัวตามความหนา (ร้อยละ)} = \left((t_2 - t_1) / t_1 \right) \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ t_1 = ความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร) และ t_2 = ความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

2.3.4 การศึกษาค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

วางแผ่นฉนวนกันความร้อนบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 250 มิลลิเมตร (ต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร) ให้ปลายแผ่นฉนวนกันความร้อนยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของแผ่นฉนวนกันความร้อน โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งแผ่นฉนวนกันความร้อนหัก ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที ความเร็วในการกดประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว และสามารถคำนวณหาค่าความต้านแรงดัดได้จากสมการ (4)

$$f_m = 3 F_{\max} l_1 / 2bt^2 \quad (4)$$

เมื่อ f_m = ความต้านแรงดัด (เมกะพาสคัล), $F_{\max}$ = แรงกดสูงสุดที่แผ่นฉนวนกันความร้อนได้รับ (นิวตัน), l_1 = ระยะห่างของแท่นรองรับ (มิลลิเมตร), b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร) และ t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร) นอกจากนี้จะคำนวณค่ามอดุลัสยืดหยุ่นได้จากสมการ (5)

$$E_m = l_1^3 (F_2 - F_1) / 4bt^3 (a_2 - a_1) \quad (5)$$

เมื่อ E_m = มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล), l_1 = ระยะห่างของแท่นรองรับ (มิลลิเมตร), b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร), t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร), $F_2 - F_1$ = แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (นิวตัน), $a_2 - a_1$ = ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (มิลลิเมตร) เมื่อคำนวณได้มีการแปลงหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้วเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา รายละเอียดของผลข้อมูลแสดงไว้ในภาพที่ 12

2.3.5 การศึกษาค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

ติดผิวหน้าของแผ่นฉนวนกันความร้อนกับแผ่นดิ่ง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างแผ่นฉนวนกันความร้อนกับแผ่นดิ่งได้มากกว่าแรงดิ่งแผ่นฉนวนกันความร้อน นำแผ่นฉนวนกันความร้อนที่เตรียมไว้เข้าเครื่องดิ่ง ดึงให้แผ่นฉนวนกันความร้อนแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดิ่งต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งแผ่นฉนวนกันความร้อนแยกออกจากกัน โดยใช้เวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที การคำนวณค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ (6)

$$\text{ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคัล)} = F / (W \times L) \quad (6)$$

เมื่อ F = แรงดึงสูงสุด (นิวตัน), W = ความกว้างของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร) และ L = ความยาวของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร)



ภาพที่ 6 การศึกษาค่าความต้านแรงดึง

2.3.6 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

นำแผ่นฉนวนกันความร้อนขนาด $100 \times 100 \times 50$ มิลลิเมตร ที่ได้ทำการเตรียมไว้ในการใช้ศึกษา ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ด้วยเครื่อง ISOMET 2114 ดังภาพที่ 7 วางขึ้นทดสอบด้วยหัวทดสอบแบบ สัมผัสวางบนผิวตัวอย่างที่มีผิวเรียบ สม่ำเสมอไม่ขรุขระ ทำการทดสอบ 1 ค่าการทดสอบ 1 แผ่น ใช้เวลา อ่านค่าการทดสอบละประมาณ 20-25 นาที เครื่องจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนในหน่วย วัตต์ต่อ เมตร-เคลวิน [4]

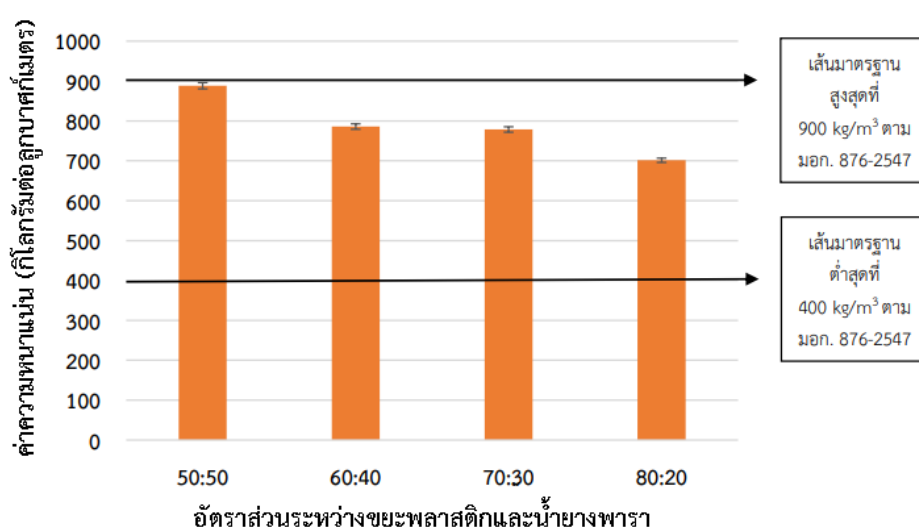


ภาพที่ 7 การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาค่าความหนาแน่น

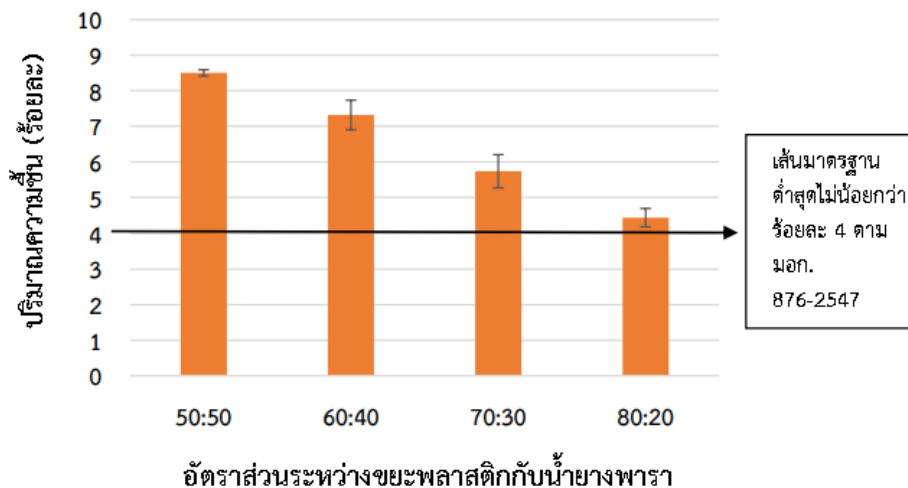
จากการศึกษาค่าความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อน พบว่า ค่าความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของขยะพลาสติกมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 8 ทั้งนี้ เป็นผลจากเมื่อขยะพลาสติกมีปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ความสามารถในการยึดประสานของน้ำยางพาราลดลง ทำให้แผ่นฉนวนกันความร้อนยึดจับกันอย่างหลวมๆ มีช่องว่างหรือรูพรุนเพิ่มขึ้น [5] ค่าความหนาแน่นจึงมีค่าลดลง และเมื่อนำค่าความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนทุกอัตราส่วนมาเปรียบเทียบกับ มอก. 867-2547 ที่กำหนดค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 400 – 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกมีค่าความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกอัตราส่วน



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับอัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา

3.2 ผลการศึกษาปริมาณความชื้น

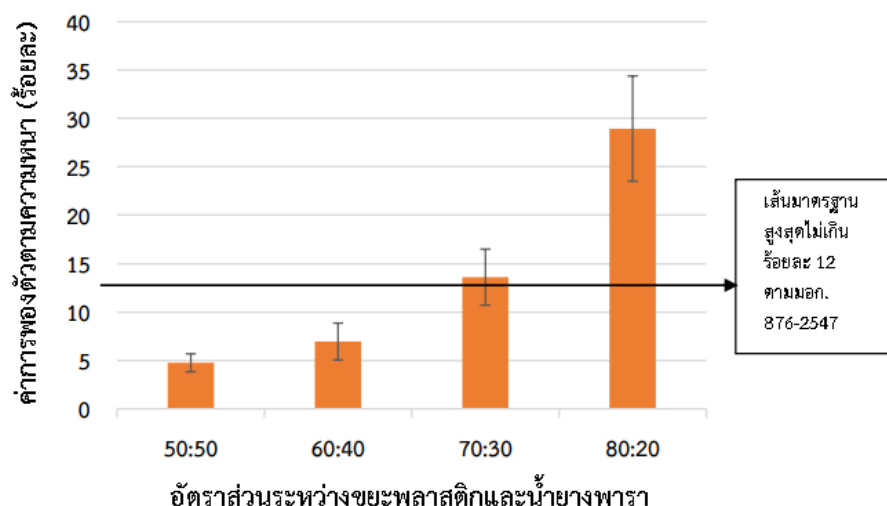
จากการศึกษาปริมาณความชื้น พบว่า ปริมาณความชื้นของขยะพลาสติกมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของขยะพลาสติกมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 9 ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความชื้นที่พบมีแหล่งที่มาหลักจากน้ำยางพาราที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำ [6] ดังนั้น เมื่ออัตราส่วนของน้ำยางพาราลดลงจึงทำให้ปริมาณความชื้นลดลงตามไปด้วย และเมื่อนำค่าความชื้นที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับ มอก. 876-2547 ที่กำหนดปริมาณความชื้นไว้ที่ร้อยละ 4-13 พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกมีค่าความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกอัตราส่วน



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับอัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา

3.3 ผลการศึกษาค่าการพองตัวตามความหนา

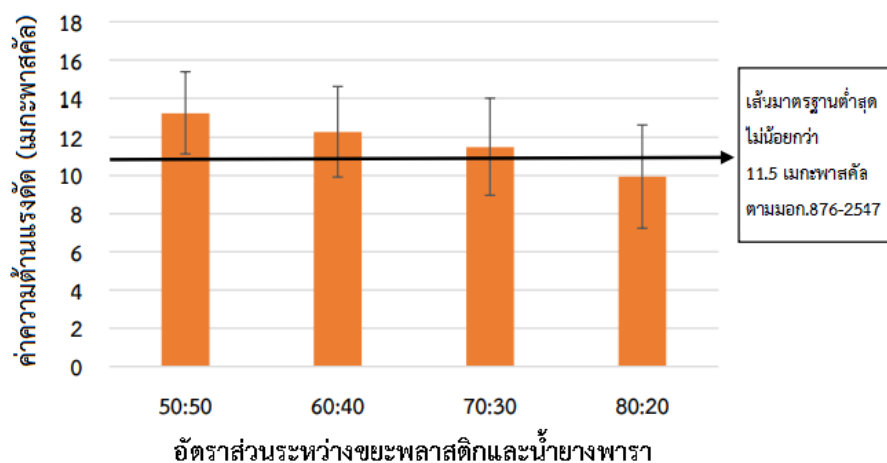
จากการศึกษาการพองตัวตามความหนา พบว่า การพองตัวตามความหนามีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของขยะพลาสติกมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 10 ทั้งนี้เป็นผลจากอัตราส่วนของขยะพลาสติกเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการเชื่อมประสานของน้ำยางพาราลดลง ทำให้แผ่นฉนวนกันความร้อนเกิดช่องว่างหรือรูพรุนมากขึ้น ทำให้การพองตัวอันเนื่องมาจากอนุภาคของน้ำที่แทรกเข้าไปอยู่ในรูพรุนของแผ่นฉนวนกันความร้อนเพิ่มมากขึ้น [7] อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนเปรียบเทียบกับ มอก. 876-2547 [3] ที่กำหนดค่าการพองตัวตามความหนาไว้ไม่เกินร้อยละ 12 พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกที่อัตราส่วน 50:50 และ 60:40 โดยปริมาตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน



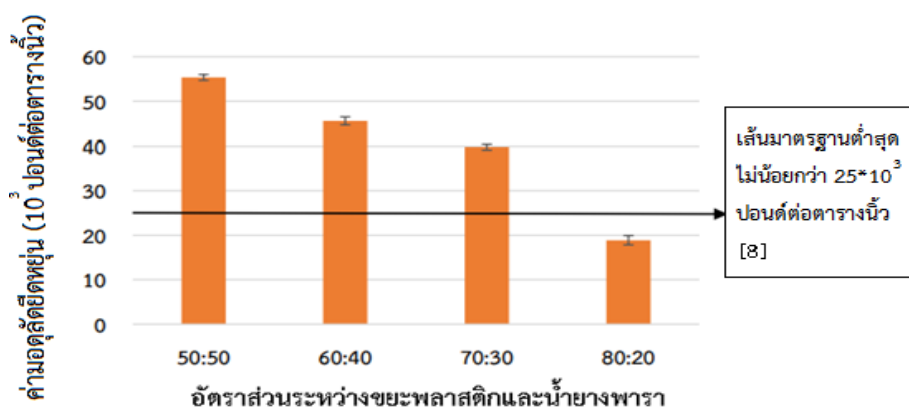
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวตามความหนากับอัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา

3.4 ผลการศึกษาค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งต้งฉากกับผิวหน้า

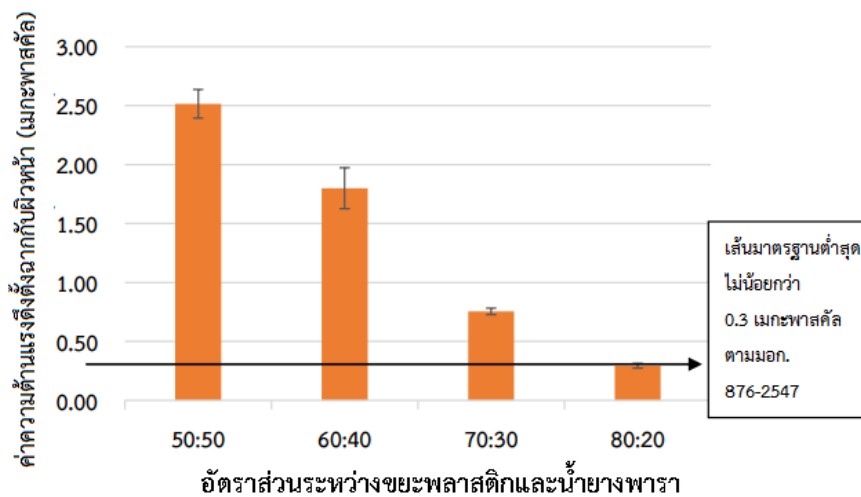
จากการศึกษาค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งต้งฉากกับผิวหน้า พบว่า แนวโน้มของค่าทั้งสามไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ค่าทั้งสามจะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่ออัตราส่วนของขยะพลาสติกมีค่าเพิ่มมากขึ้น (ดังภาพที่ 11 – 13) ทั้งนี้เป็นผลมาจากเมื่ออัตราส่วนของขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ความสามารถในการยึดประสานของน้ำยางพาราลดลง ทำให้แผ่นฉนวนกันความร้อนมีความแข็งแรงน้อยลง ดังนั้นเมื่อมีแรงมากกระทำกับแผ่นฉนวนกันความร้อน (แรงดัด/แรงดึง) ย่อมทำให้แผ่นฉนวนกันความร้อนเกิดการโค้งงอ ขาดความยืดหยุ่น หรือเกิดการแตกหักได้ง่าย เมื่อนำค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งต้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นฉนวนกันความร้อนมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดค่าความต้านแรงดัดไม่น้อยกว่า 11.5 เมกะพาสคัล (MPa) (มอก.876-2547) [3] ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นอยู่ระหว่าง $25 - 125 \times 10^3$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (10^3 Psi) [8] และค่าความต้านแรงดึงตั้งต้งฉากกับผิวหน้าไม่น้อยกว่า 0.3 เมกะพาสคัล (MPa) พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกที่อัตราส่วน 50:50, 60:40 และ 70:30 โดยปริมาตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านแรงดัดกับอัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา



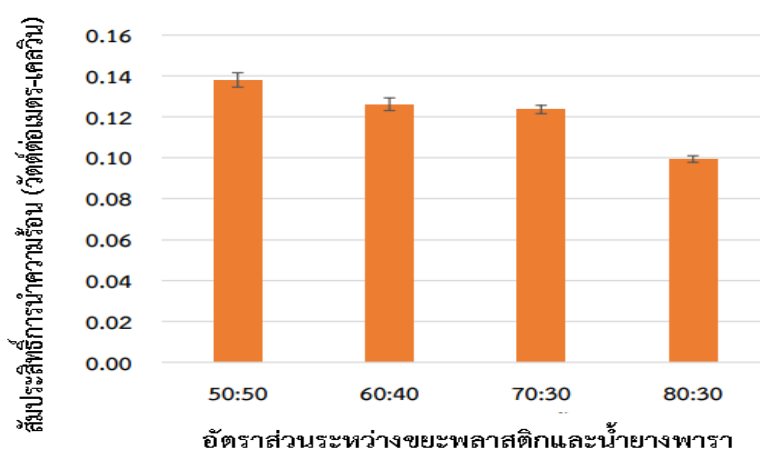
ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่นกับอัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านแรงดึงตึงฉากกับผิวหน้ากับอัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา

3.5 ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

จากการศึกษาสัมประสิทธิ์การนำความร้อน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของขยะพลาสติกมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 14 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่แผ่นฉนวนกันความร้อนมีรูพรุนหรือช่องว่างภายในแผ่นฉนวนกันความร้อนมากขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านแผ่นฉนวนกันความร้อนได้น้อยลง เนื่องจากสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอากาศในช่องว่างหรือรูพรุนที่มีค่าต่ำ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นที่ต้องการในการผลิตฉนวนกันความร้อน และเมื่อนำไปศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อน พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 – 0.14 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/m.K) ซึ่งถือเป็นค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ดี [8]



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับอัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา

จากการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพารา คือ อัตราส่วน 60: 40 โดยปริมาตร ทั้งนี้ เนื่องจากคุณสมบัติทั้งหมด ประกอบด้วย ค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าความต้านแรงดัด และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก.876-2547) ค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา และแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 0.130 ± 0.003 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน)	แหล่งที่มา
โพลียูรีเทนโฟม ไม้อัด	0.023	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ (2562) [9]
กระเบื้องแผ่นเรียบ	0.123	
แผ่นยิปซัม	0.28	
ฉนวนกันความร้อนจากฟางข้าว	0.191	
ฉนวนกันความร้อนจากฟางข้าว	0.125	รจนา (2558) [10]
ขยะพลาสติก	0.10 – 0.14	งานวิจัยนี้

จากตารางที่ 1 พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อยกว่าวัสดุหลายชนิด จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเป็นส่วนประกอบของผนังอาคารเพื่อกันความร้อน นอกจากนี้แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ได้นี้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกไม่มีการใช้สารเคมีอันตรายในการผสมจึงไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

4. สรุปผลการศึกษา

อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างขยะพลาสติกและน้ำยางพาราในการผลิตฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก คือ 60:40 โดยปริมาตร ซึ่งที่อัตราส่วนดังกล่าว คุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตได้ ประกอบด้วย ค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าความต้านแรงดัด และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก.876-2547) ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.130 ± 0.003 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน จากผลการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติกจัดว่าเป็นวัสดุที่น่าสนใจ มีคุณสมบัติเหมาะสมไปประยุกต์ใช้งานเป็นส่วนประกอบของผนังอาคารเพื่อกันความร้อน นอกจากนี้ ยังจัดว่าเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีอันตรายที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สรุปรายการการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561. กรุงเทพฯ: หจก.ส.มงคลพิมพ์; 2562. 46 หน้า
- [2] ธนาวดี ลีจากภัย. ขวด PET: การผลิตและการใช้งาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. ได้จาก: URL: https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/216_31-34.pdf 13 สิงหาคม 2562
- [3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานอุตสาหกรรม 876-2547 แผ่นไม้อัดชนิดราบ. ได้จาก: URL: <http://research.rid.go.th/vijais/moa/fulltext/TIS876-2547.pdf> 13 สิงหาคม 2562
- [4] จุฑารัตน์ แซ่ปิง, อมรเทพ เตียเจริญภักดิ์ และภวิตรา ภาวะโคตร. การศึกษากำลังรับแรงอัด ค่าการไหล และระยะเวลาการก่อตัวของจีโอโพลิเมอร์มอร์ต้าผสมวัสดุนำกลับมาใช้ [วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต]. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.
- [5] สุทธิชัย อุดมรัตน์และผกามาศ ชูสิทธิ์. แผ่นใยอัดจากเส้นใยต้นมันสำปะหลัง. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2555.
- [6] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. ยางธรรมชาติ. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย; 2549. 175 หน้า
- [7] ผกามาศ ชูสิทธิ์, ภาณุเดช ชัดเงางาม และเกษมชัย บุญเติม. การผลิตแผ่นฉนวนภายในอาคารที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งจากต้นสบู่ดำ. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2555.
- [8] ฐิติวัธน์ เลื่อมกาญจน์พันธ์. การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกช้าง [วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555.
- [9] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ. ฉนวนกันความร้อนช่วยประหยัดพลังงาน. ได้จาก: URL: https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/266_14_70.pdf 15 สิงหาคม 2562
- [10] รจนา ณะศรี, สุภัทรา คนงาม. การผลิตแผ่นฉนวนเส้นใยธรรมชาติจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร [วิทยานิพนธ์ ปริญญาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2558.

ดัชนีเจ้าของผลงาน

แก้วกาญจน์ เสียงเสนาะ Kaewkarn Singsano	35
จงกล สิงห์คา Jongkol Singkha	84
จิตตินันท์ ไชยชาติ Jittinun Chaiyachat	1
จินตจิ สหรัตนพันธ์ Jintji Saharattanaphan	64
จิระศักดิ์ ธาระจักร์ Jirasak Tharajak	27
จิราภา โพธิปัญญา Jirapa Potipanya	1
ชลธาร สายสอาด Chonlatarn Saysa-ard	11
ชัยวุฒิ โอสถ Chaichuti Osot	1
ฐาปกรณ์ วงษ์ประยูร Thapakorn Wongprayoon	52
ณัฐพล กลั่นมีผล Natthapon Klanmeepol	11
ณิศรา สุทธิสังข์ Nisara Suthisang	73
ดวงกมล นาตุรัตน์ Duangkamol Naturat	65
ดวงฤทัย นิคมรัฐ Duangruitai Nicomrat	35,111
ดาครอง พิศสุวรรณ Dakrong Pissuwan	18
ธวัชชัย เลิศพันธ์ Thawatchai Lertpan	18
นพดล แจ่มดวง Noppadol Chamduang	1
นันทชา เนื่อนวล Nantacha Nueanual	35
นิภาพร ปัญญา Nipaporn Punya	94,103
นิรชา น้อยยะ Niracha Noiya	123
บุญส่ง เหมวัฒน์ Boongsong Hemwat	1,11,18
ประภาพรรณ ประเสริฐศรี Prapapan Prasertsri	64
ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์ Parnjai Seuprasertsith	123
ปิยะพัทธ์ บัวบาน Piyapat Buaban	111
พีรณัฐ พุทธลีลาศ Peeranus Puttaleelas	94
ภัทริกา สูงสมบัติ Patarika Soongsombat	35,52,111
ภักดิ์สร สิงหธรรม Papatsorn Singhatham	94
ภาคิน อังศุณิศ Phakin Angsunit	73
วิมลรัตน์ ม่วงประเสริฐ Wimonrat Muangprasert	35
ศิริดา เชื้ออินทร์ Sirada Chua-In	18
ศิริวรรณ พรหมเกตุจันทร์ Siriwan Phomketjian	52
ศุขามาศ หล้าหา Suthamat Laha	123

ศุภชัย หิรัญศุภโชติ Supachai Hirunsupachote	27
สรินญา ลำจวน Sarinya lumjuan	111
สัทยา จ้อยมณี Subpaya Joymanee	94
สุจินต์ จิระชีวะนันท์ Sujin Jirachewanan	1,18
สุรีย์รัตน์ ทองลี Sureerat Thonglee	103
อุไรวรรณ รักโคตร Uraiwan Rakkote	103

NCON-Sci 2019

“วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม
เพื่อการสร้างสรรค์
เทคโนโลยี”



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800