

# วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

## มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2565

เจ้าของ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

### วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี  
เพื่อส่งเสริมความร่วมมือ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านวิชาการและการวิจัย

### กำหนดการตีพิมพ์ ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม - เมษายน

ฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม - สิงหาคม

ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน - ธันวาคม

### บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

### กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพงษ์ พวงมะลิ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารณี หอมดี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมกฤษ ปิติฤกษ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สหลาภ หอมวุฒิมังค์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ วงชาลี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรุยุทธ นิลสระคู	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิวดล กัญญาคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย อินทะตา	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ งามชมภู	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา จันทะคุณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิกิจ สายแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉาณุกรณ์ ทับทิมใส	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.วันทนี พลวิเศษ	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

**ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความประจำฉบับ**

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายัญ พันธุ์สมบุญ	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
รองศาสตราจารย์ ดร.อัญชสา ประมวลเจริญกิจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรณณา ภัคคี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ตรีโลเกศ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนรัญชรา เกตุมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
อาจารย์ ดร.ณภัทร อินทนนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ปิยดา พุกสวัสดิ์ดীনนท์	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำภา คนเชื้อ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจน์ คุ้มทรัพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิลาวัลย์ บุญย์ศุภา	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ งามชมภู	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะลิ สีโรบล	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีทรัพย์ ไชยรักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.รติกร แสงห้าว	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ ศิริพานะกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศยามน ปรียาจารย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อาจารย์ ดร.กฤษณากรณ์ ว่องไว	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อาจารย์ ดร.ศศิธร ธงชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

**ติดต่อสอบถาม:** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

มหาสารคาม 80 ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

โทรศัพท์ 043-712620 เว็บไซต์ <https://jset.rmu.ac.th> อีเมล [jset@rmu.ac.th](mailto:jset@rmu.ac.th)

## บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ดำเนินงานโดยความร่วมมือกันระหว่างคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ ส่งเสริมความร่วมมือ การแลกเปลี่ยน เรียนรู้ด้านวิชาการ และการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี วารสารปีที่ 1 ฉบับที่ 3 ประกอบด้วยบทความวิจัยจากการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยี ครั้งที่ 2 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มีเนื้อหาสาระเกี่ยวข้องกับทางด้านอาหารและโภชนาการ เทคโนโลยีการเกษตร ชีวเคมี เชื้อเพลิงชีวมวล สถิติศาสตร์ประยุกต์ และเครื่องกล โดยทุกบทความได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องตามข้อกำหนดของวารสาร

กองบรรณาธิการ ขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ส่งผลงานมาตีพิมพ์ในวารสารฉบับนี้ และผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาถ้อยแถลง แนะนำปรับปรุงแก้บทความให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านทุกท่าน ทั้งนี้หากท่านมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพของวารสาร กองบรรณาธิการขอน้อมรับไว้ด้วยความยินดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง  
บรรณาธิการ

## สารบัญ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล Development of Palm Sugar and Palmyra Palm Doughnut วรายุส บุตรเคียง, ณัฐกานต์ พรหมมา, พูนศิริ ทิพย์เนตร และ สุคนธา สุคนธ์ธำรา	1
ผลของสูตรดินผสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า ที่ปลูกในกระถางเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ Effect of Soil – Based Growing Media on Growth of the Arabica Coffee Seedling for Ornamental Potted ชนัชชา เกณฑ์ขุนทด, กษิด์เดช อ่อนศรี, อรพรรณ หัสรังค์, กัญตนา หลอดทองกลาง, เกศินี ศรีปฐมกุล, อภิเดช เอ็มเอี่ยม และ พีระพงศ์ สาคริก	13
ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของลูกประคบสมุนไพรไทยจากกลุ่มวิสาหกิจ จังหวัดร้อยเอ็ด Antibacterial Activity of Thai Herbal Compress Ball from Community Enterprise Groups in Roi Et Province ปรีมมาลา ชำคมเขตต์, อณิสณี แทนอาษา, สิริมา โพธิ์วัฒนเจริญ และ ภาวนา พนมเขต*	27
การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นธูปฤๅษี Development of Compressed Biomass Fuel from <i>Typha angustifolia</i> L. ชาญฉจิต วรณนุรักษ์	40
เครื่องเติมอากาศในน้ำชนิดกังหันพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ The Aerator Water for Treatment Using Solar Cell Energy ธวัชชัย สอนสนาม, ประสิทธิ์ ภูสมมา, ประยุทธ์ นิสภกุล และ ชาลี อินทรชัย	57

## สารบัญ (ต่อ)

การพัฒนาตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิถัขนัย	67
Development of Elderly Health Indicators using Fuzzy Logic Model	
ณัฐฉานันท์ บรรเทา, อรุณช วงศ์วัฒนาเสถียร, วงษ์ปัญญา นวนแก้ว, นิวัตร สุวรรณณะ, มณฑิรา จันทวารีย์, และ รดา สมเชื่อน	
ยกระดับผลผลิตปาล์มน้ำมันโดยการจัดการสวนที่เหมาะสมระดับชุมชนตามศักยภาพพื้นที่จังหวัดนครพนม	81
Increasing Yield of Oil Palm with Appropriate Management According to Area in Community in Nakhon Phanom	
นิยม ไช้มุกข์, ปัญจพล สิริสุวรรณมา และ มะนิต สารุณา	

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล

### Development of Palm Sugar and Palmyra Palm Doughnut

วรายุส บุตรเคียง<sup>1</sup>, ณัฐกานต์ พรหมมา<sup>1</sup>, พูนศิริ ทิพย์เนตร<sup>2</sup> และ สுகนธา สுகนธธารา<sup>1\*</sup>  
Warayut Butkaeng<sup>1</sup>, Natthakan Phromma<sup>1</sup>, Poonsiri Thipnate<sup>2</sup> and  
Sukhontha Sukhonthara<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

<sup>2</sup>สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

<sup>1</sup>Division of Applied Food and Nutrition, Faculty of Science and Technology,  
Phetchaburi Rajabhat University.

<sup>2</sup>Division of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University.

\*Corresponding author. E-mail: sukontara@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล โดยทำการคัดเลือกจากโดนัทสูตรพื้นฐาน 3 สูตร พบว่าสูตรพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับประกอบด้วย แป้งสาลีอเนกประสงค์ 250 กรัม ไข่ไก่ 80 กรัม น้ำตาลทราย 120 กรัม นมผง 50 กรัม น้ำ 120 กรัม ผงฟู 4 กรัม น้ำมันพืช 33 กรัม และเกลือ 4 กรัม ศึกษาปริมาณการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดและการเสริมลูกตาลในผลิตภัณฑ์โดนัท มีการจัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 2x2 ในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (factorial 2x2 in RCBD) ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัยคือ อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโดนด 2 ระดับ (50 : 50 และ 0 : 100) และปริมาณลูกตาลอ่อน 2 ระดับ (ร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด) พบว่าโดนัทที่อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 ของผลรวมทั้งหมด ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรอื่นๆ จากนั้นนำโดนัทที่อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 ของผลรวมทั้งหมด ไปทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 89 คน พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 100.00 ยอมรับ และร้อยละ 82.02 คาดว่าจะซื้อโดนัทที่อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 ดังกล่าว

คำสำคัญ: โดนัท น้ำตาลโดนด ลูกตาล

### Abstract

The objective of this study was to develop palm sugar and Palmyra palm doughnut. Three basic formulas of doughnut was prepared and evaluated in sensory screening test in order to select the formula. The basic formula consisted of all-purpose flour 250 g, eggs 80 g, sugar 120 g, milk powder 50 g, water 120 g, baking powder 4 g, vegetable oil 33 g, and salt 8 g. Factorial 2x2 in randomized complete block design was employed with two factors: ratio of sugar to palm sugar at 2 levels (at 50 : 50 and 0 : 100) and content of Palmyra palm at 2 levels (10 and 20 % of total weight). The result showed that the overall preference score of the doughnut at the ratio between sugar to palm sugar at 50 : 50 and Palmyra palm content of 20 % was higher than that of others. Consumer test was conducted with 89 consumers and the majority of the consumers (100%) accepted, 82.02 percent of tested consumers would buy the doughnut at the ratio between sugar to palm sugar at 50 : 50 and Palmyra palm content of 20 %.

**Keywords:** doughnut, palm sugar, Palmyra palm

### บทนำ

เพชรบุรีเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีต้นตาลมากอันดับต้นๆของประเทศไทย ตาลโตจนถึงนับเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดที่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตและภูมิปัญญาของชุมชนมาแต่ดั้งเดิม อีกทั้งเป็นต้นไม้เอกลักษณ์ของท้องถิ่นด้วย (สุนี คำนวลศิลป์, 2559) ผลผลิตของตาลโตจนสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบวัสดุ ในการประกอบอาหาร เฟอร์นิเจอร์ เครื่องจักสานและเครื่องใช้ต่างๆ ซึ่งสามารถสร้างอาชีพให้คนในชุมชนได้ (พงศัลลดา ป่านสุวรรณ, 2561) น้ำตาลโตนด คือ น้ำหวานจากช่อดอก และช่อผลของตาลโตนดธรรมชาติ ทำให้ความหวานและความหอมยังคงอยู่ รับรู้ได้จากรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ เพราะไม่ฟอกสี ไม่เติมสารเคมีใดๆ ในกระบวนการผลิต น้ำตาลโตนดถือเป็นน้ำตาลที่ดีที่สุดชนิดหนึ่ง และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นน้ำตาลที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (low GI sugar) ทำให้ซึมเข้าสู่เลือดช้า ซึ่งน้ำตาลที่มีสารให้ความหวานที่มีค่า GI สูงกว่าจะเสี่ยงต่อโรคเบาหวานและโรคที่เกิดจากน้ำตาลมากกว่า นอกจากนี้น้ำตาลโตนดยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ 7,000 หน่วย/100 กรัม (น้ำตาลทรายขาวมีน้อยกว่า 21 หน่วย/100 กรัม) ช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหลายโรค เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคสมอง มีส่วนประกอบของเกลือธรรมชาติ ช่วยให้ร่างกายสดชื่น มีธาตุเหล็ก ช่วยในกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง และมีแคลเซียมช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกระดูกและฟัน เป็นต้น (ประพันธ์ โพธิ์พุ

ลพทม, 2561) ลูกตาลมีลักษณะเป็นวันใสซึ่งเป็นส่วนเมล็ดของลูกตาลอ่อนหรือลอนตาลของต้นตาลโตจนด ปกติแล้วจะนิยมบริโภคในรูปแบบเนื้อลูกตาลสด พบว่ามีการนำมาแปรรูปเพื่อจำหน่ายทางการค้าอยู่บ้างทั้งที่เนื้อลูกตาลอ่อนเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพ เนื่องจากมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ โดยมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอม รวมทั้งมีองค์ประกอบของวิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้มีรายงานว่าเนื้อลูกตาลจัดเป็นส่วนของพืชที่มีปริมาณสารสำคัญที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกในระดับสูง เนื่องจากมีองค์ประกอบของพอลิแซคคาไรด์ที่ไม่สามารถย่อยได้ (indigestible polysaccharides) ที่มีสมบัติเป็นพรีไบโอติกในปริมาณ 334.87 มิลลิกรัมต่อกรัมสารสกัดแห้ง (วิชมณี ยืนยงพุททกาล และคณะ, 2561) อย่างไรก็ตามลูกตาลอ่อนสดมีอายุการเก็บสั้น (Thammasatwasik, et al., 2007) โดนนัทเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบอย่างหนึ่งที่ทำให้สุกโดยวิธีการทอด มีทั้งแบบมีไส้และแบบไม่มีไส้ โดยมีรูปแบบต่างๆ มากมาย เป็นขนมที่รับประทานง่ายและสามารถรับประทานได้ในทุกโอกาส จึงทำให้โดนนัทได้รับความนิยมในการบริโภคของวัยรุ่นและกลุ่มคนทั่วไป โดนนัทเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำรายได้สูงให้แก่ผู้ประกอบการทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดนนัทถือว่าเป็นอาหารจานด่วนหรือฟาสต์ฟูดชนิดหนึ่งแม้มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำแต่มีการเจริญเติบโตด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องโดยมีมูลค่าทางการตลาดประมาณ 900 ล้านบาทอยู่ในอัตราร้อยละ 10-12 ของตลาดฟาสต์ฟูด (นันทพร สมครรัตน์, 2546) ปัจจุบันกระแสการรับประทานอาหารที่ดีมีประโยชน์ต่อสุขภาพมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคสมัยใหม่หันมาใส่ใจดูแลสุขภาพ เพื่อลดความเสี่ยงจากการเผชิญโรคร้ายไข้เจ็บ (สุจิตตา เรื่องรัศมี และอศิราภ์ ลือขจรชัย, 2559) นอกจากนี้การใช้ประโยชน์จากพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นทั้งการบริโภคเป็นอาหาร และการใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพ จะถือเป็นการส่งเสริมสุขภาพ และรายได้ของประชาชนได้อีกทางหนึ่ง (สกุลตรา คำชู, 2558) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำน้ำตาลโตนดและลูกตาลมาเสริมคุณค่าทางโภชนาการของโดนนัท เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากน้ำตาลโตนดและลูกตาลเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เพิ่มมูลค่าและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลโตนดและลูกตาล และยังได้โดนนัทที่รสชาติแปลกใหม่เป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคที่นิยมอาหารเพื่อสุขภาพ

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมของการผลิตภัณฑ์โดนนัท
2. เพื่อศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดและการเสริมลูกตาลในผลิตภัณฑ์โดนนัท
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดนนัทน้ำตาลโตนดผสมลูกตาล

### ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหา

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนนัทน้ำตาลโตนดผสมลูกตาล โดยทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมของโดนนัท จากนั้นนำมาเป็นสูตรพื้นฐานในการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วย

น้ำตาลโตนดและการเสริมลูกตาลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโตนดผสมลูกตาล และนำสูตรที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

## 2. เวลา

ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 4 เดือนตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ถึง 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2565

## 3. พื้นที่

พัฒนาสูตรโดนัทน้ำตาลโตนดผสมลูกตาลที่โรงเรียนการอาหารนานาชาติ สาขาอาหารและโภชนาการประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของโดนัทเพื่อการผลิตโดนัทน้ำตาลโตนดผสมลูกตาล

คัดเลือกสูตรพื้นฐานของโดนัทโดยการหาข้อมูลสูตรโดนัท โดยการหาข้อมูลสูตรโดนัท จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ดัดแปลงจาก Goodlifeupdate (2563) สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากครัวบ้านมารายห์ (2564) และสูตรที่ 3 ดัดแปลงจาก สำนักพิมพ์แสงแดด (2563) โดยกำหนดปริมาณส่วนผสมทั้งหมดดังตารางที่ 1 การผลิตโดนัททำได้โดยนำ แป้ง ไข่ไก่ น้ำตาลทราย ผงฟู กลิ่นวนิลา น้ำ เกลือ และนม มาตีให้ส่วนผสมเข้ากันเป็นเวลา 5 นาทีและขึ้นฟู จากนั้นนำเนยสดละลายที่อุณหภูมิอุ่นหรือน้ำมันพืชมาเทผสมลงไปและตีต่อเป็นเวลา 3 นาทีจนเข้ากันจากนั้นนำมาเทใส่พิมพ์ในเครื่องอบโดนัท อบเป็นเวลา 7 นาที นำโดนัทที่ได้ทั้ง 3 สูตร มาประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อ สัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้ความชอบ 5 ระดับ (5-point hedonic Scale) โดย 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 5 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ประเมินที่เป็นบุคลากรแผนกโภชนศาสตร์ โรงพยาบาลพระจอมเกล้าจังหวัดเพชรบุรี ทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 20-40 ปี จำนวน 30 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จากนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเป็นสูตรพื้นฐานเพื่อทำการศึกษาต่อไป

### 2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโตนดผสมลูกตาล

นำสูตรพื้นฐานที่คัดเลือกได้จากข้อ 1 มาทำการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดและการเสริมลูกตาลในโดนัท โดยจัดสิ่งทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล  $2 \times 2$  ในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (factorial  $2 \times 2$  in RCBD) ปัจจัยที่ศึกษามี 2 ปัจจัยคือ อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโตนด 2 ระดับ (50 : 50 และ 0 : 100) และปริมาณลูกตาล 2 ระดับ (ร้อยละ 10 และ 20 ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด) ได้ทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 นำมาเปรียบเทียบกับ

สูตรพื้นฐาน (ตัวอย่างควบคุม) โดยให้ส่วนผสมอื่นคงที่ จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้ความชอบ 5 ระดับ (5-Point Hedonic Scale) โดยคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนน 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ประเมินเป็นบุคลากรแผนกโภชนศาสตร์ โรงพยาบาลพระจอมเกล้าจังหวัดเพชรบุรี ทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 20-40 ปี จำนวน 30 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป จากนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดเพื่อนำไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 วัตถุดิบและปริมาณส่วนผสมของโดนัทสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งสาลีอเนกประสงค์	250	450	-
แป้งเค้ก	-	-	150
ไข่ไก่	80	200	150
น้ำตาลทราย	120	90	80
เนยละลาย	-	115	10
นมผง	20	-	-
นมข้นจืด	-	180	35
น้ำ	145	-	35
ผงฟู	4	5	7.5
น้ำมันพืช	33	-	-
กลิ่นวานิลลา	-	5	2.5
เกลือ	4	2.5	1

ตารางที่ 2 สิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโตนด	ปริมาณลูกตาลอ่อน (ร้อยละ)
1	50 : 50	10
2	50 : 50	20
3	0 : 100	10
4	0 : 100	20

### 3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

นำโดนต์น้ำตาลโตนดผสมลูกตาลที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดจากได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดจากข้อ 2 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปในจังหวัดเพชรบุรี โดยการสุ่มแบบบังเอิญจำนวน 89 คน ด้วยวิธีการให้ความชอบ 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert, 1961) เป็นระดับการประเมิน โดยแบ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยนำมาแปลความหมายตามเกณฑ์ ได้แก่ 4.50-5.00 คือระดับความพึงพอใจมากที่สุด 3.50-4.49 คือ ระดับความพึงพอใจมาก 2.50-3.49 คือ ระดับความพึงพอใจปานกลาง 1.50-2.49 คือ ระดับความพึงพอใจน้อย (ควรเสนอแนวทางการพัฒนา) และ 1.00-1.49 คือ ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด (ควรเสนอแนวทางการพัฒนา) สอบถามการยอมรับ และการตัดสินใจซื้อ

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 1. การพัฒนาสูตรพื้นฐานของโดนต์

จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของโดนต์จากสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดนต์สูตรที่ 1 อาจเป็นผลมาจากสูตรที่ 1 มีรสชาติที่กำลังดี ไม่หวานจนเกินไป เนื้อสัมผัสที่กำลังดีนุ่ม และรูปทรงสวยงาม แสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 มาเป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาโดนต์น้ำตาลโตนดผสมลูกตาลต่อไป

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของโดนต์สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

ลักษณะผลิตภัณฑ์	สูตรพื้นฐาน		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	4.40±0.58 <sup>a</sup>	3.84±0.84 <sup>b</sup>	3.80±0.82 <sup>b</sup>
รสชาติ	4.04±0.73 <sup>a</sup>	3.12±0.93 <sup>b</sup>	3.32±0.75 <sup>b</sup>
กลิ่น	4.00±0.71 <sup>a</sup>	3.48±0.87 <sup>b</sup>	3.52±0.92 <sup>ab</sup>
เนื้อสัมผัส	4.12±0.73 <sup>a</sup>	2.96±0.93 <sup>b</sup>	3.08±0.86 <sup>b</sup>
ความชอบโดยรวม	4.16±0.75 <sup>a</sup>	3.24±0.93 <sup>b</sup>	3.32±0.69 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : <sup>a-b</sup> หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $\alpha = 0.05$

#### 2. ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนต์น้ำตาลโตนดผสมลูกตาล

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโดนต์ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดและการเสริมลูกตาลในโดนต์ ให้ผลดังตารางที่ 4 พบว่าการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนด และการเสริมลูกตาลในโดนต์มีผลต่อคะแนนระดับความชอบด้านสี รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส และ

ความชอบโดยรวม และพบว่าที่อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโตนดที่ระดับ 50 : 50 และ ปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 ของผลรวมทั้งหมด (สิ่งทดลองที่ 2) ได้รับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดที่ระดับ 50 : 50 และ ปริมาณลูกตาลร้อยละ 10 (สิ่งทดลองที่ 1) และสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดที่ระดับ 0 : 100 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 10 เล็กน้อย (สิ่งทดลองที่ 3) ( $p > 0.05$ ) และมากกว่าสูตรที่ทดแทน น้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดที่ระดับ 0 : 100 ปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 (สิ่งทดลองที่ 4) และตัวอย่าง ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบของโดนัทที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดและการเสริมลูกตาล

ลักษณะ ผลิตภัณฑ์	สิ่งทดลอง				ตัวอย่าง ควบคุม
	1	2	3	4	
สี	3.68±0.80 <sup>ab</sup>	3.92±0.64 <sup>a</sup>	3.80±0.61 <sup>ab</sup>	3.32±0.99 <sup>b</sup>	3.56±0.82 <sup>ab</sup>
รสชาติ	3.28±0.68 <sup>bc</sup>	3.68±0.63 <sup>a</sup>	3.36±0.75 <sup>ab</sup>	2.92±0.76 <sup>c</sup>	2.96±0.79 <sup>c</sup>
กลิ่น	3.84±0.75 <sup>a</sup>	3.72±0.68 <sup>a</sup>	3.70±0.84 <sup>a</sup>	3.40±1.08 <sup>ab</sup>	3.20±0.71 <sup>b</sup>
เนื้อสัมผัส	3.18±0.75 <sup>b</sup>	3.64±0.64 <sup>a</sup>	3.28±0.84 <sup>ab</sup>	2.60±0.96 <sup>c</sup>	2.72±0.79 <sup>c</sup>
ความชอบ โดยรวม	3.40±0.76 <sup>abc</sup>	3.80±0.58 <sup>a</sup>	3.57±0.73 <sup>ab</sup>	3.12±0.78 <sup>bc</sup>	3.00±0.96 <sup>c</sup>

หมายเหตุ : <sup>a-c</sup> หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $\alpha = 0.05$

การทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดจะทำให้โดนัทมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณน้ำตาลโตนดมากส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดมีการให้ความร้อนและการระเหยน้ำแก่น้ำตาลสด ทำให้น้ำตาลซูโครสเกิดการสลายตัวและเกิดน้ำตาลอินเวอร์ท ได้แก่ กลูโคสและฟรักโทส ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลรีดิวซิ่งที่สามารถทำปฏิกิริยากับเอมีนและไทอะมีนในน้ำตาลโตนดทำให้เกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้น้ำตาลโตนดที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนเหนียวมีความหนืดสูง สีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม (รลิตา ชาญธรรมตั้งสกุล, 2548) เมื่อใส่ปริมาณมากส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับ ทิพวรรณ สืบสายสกุล และฐิติชา ชินพงสานนท์ (2559) ได้ศึกษาการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมอาลัว พบว่าขนมอาลัวที่มีอัตราส่วนของน้ำตาลโตนดเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มกว่าสูตรอื่น ๆ นอกจากนี้การนำลูกตาลมาผสมทำให้โดนัทเกิดโครงสร้างน้อยลง (Chemmek & Naivikul, 2010; Hui, 2006) ทำให้มีสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับ อธิรุช ฉายศิริโชติ และ

จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นเนื้อตาลสุกผสมลูกตาล พบว่าเมื่อเพิ่มระดับของลูกตาลเป็นร้อยละ 45 จะมีผลให้ค่าสีทั้งค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เพราะการเพิ่มปริมาณลูกตาลมีผลต่อการรวมตัวของส่วนผสม ทำให้แม่พิมพ์เกิดโครงสร้างน้อยลง และมีสีคล้ำ ด้านกลิ่นเนื่องจากน้ำตาลโดนดมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติ และมีรสชาติที่หอมตามธรรมชาติ เมื่อนำมาทดแทนน้ำตาลทรายจะให้กลิ่นหอมของน้ำตาลโดนด สอดคล้องกับ ทิพวรรณ ทองสุข และคณะ (2551) ได้ศึกษาการใช้น้ำตาลโดนด (น้ำตาลปึก) ในผลิตภัณฑ์เยลลี่และกัม พบว่าเยลลี่น้ำตาลโดนดให้กลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำตาลโดนดที่เด่นชัดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเยลลี่สูตรที่ผลิตจากน้ำตาลทราย ด้านรสชาติ พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำตาลโดนดมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดหวานลดลง ไม่หวานแหลม ทั้งนี้สัดส่วนของน้ำตาลซูโครสในน้ำตาลโดนดนั้นมีน้อยกว่า จึงมีผลทำให้ความหวานลดลง น้ำตาลโดนดเกิดจากการเคี้ยวน้ำเชื่อมจนขึ้น แต่ไม่มีการหล่อเย็นให้เกิดผลึกจึงมีความบริสุทธิ์น้อยกว่า น้ำตาลโดนดมีองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครสมากกว่าร้อยละ 70 แต่น้ำตาลทรายขาวเป็นอาหารที่มีมีความบริสุทธิ์สูง ร้อยละ 95.95 โดยน้ำหนักแห้ง (ทิพวรรณ สืบสายสกุล และจิตติชา ชินพงสานนท์, 2559) ด้านเนื้อสัมผัส การเพิ่มปริมาณลูกตาลในโดนด อาจส่งผลให้ความแข็งและพลังงานในการบดเคี้ยวเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามโดนดที่สูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 มีค่าคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดที่ระดับ 0 : 100 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 10 ( $p > 0.05$ ) แต่มากกว่าอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) สอดคล้องกับ อธิรุช ฉายศิริโชติ และ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา (2557) พบว่าแม่พิมพ์เนื้อตาลสุกที่ผสมลูกตาลทั้ง 3 ระดับ (ร้อยละ 15 30 และ 45) มีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความแตกเปราะ (Fracturability) อัตราการคืนรูป (Springiness) ความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) และพลังงานในการบดเคี้ยว (Chewiness) นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เนื่องจากโดนดที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และเสริมลูกตาลร้อยละ 20 มีสีเหลือง-น้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมของน้ำตาลโดนด มีเนื้อสัมผัสที่ดีไม่แข็งเกินไป และมีรสชาติไม่หวานแหลมจนเกินไป นอกจากนี้ยังมีระดับคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกด้านอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 - 4.51 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับความพึงพอใจชอบมาก ดังนั้นจึงเลือกไปทำการทดลองขั้นต่อไป

### 3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดนดน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดนดน้ำตาลโดนดผสมลูกตาลโดยการนำผลิตภัณฑ์โดนดน้ำตาลโดนดผสมลูกตาลที่อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 ของผลรวมทั้งหมด ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 89

คน พบว่าผู้บริโภครู้สึกให้คะแนนความพึงพอใจด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 คะแนนความพึงพอใจจากผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนน	ระดับความพึงพอใจ
สี	3.97±0.59	พึงพอใจมาก
รสชาติ	3.96±0.69	พึงพอใจมาก
กลิ่น	3.99±0.63	พึงพอใจมาก
เนื้อสัมผัส	3.89±0.80	พึงพอใจมาก
ความชอบโดยรวม	3.92±0.68	พึงพอใจมาก

ด้านการยอมรับของผู้บริโภค (ตารางที่ 6) พบว่าผู้บริโภครู้สึกยอมรับผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 100.00 มีการตัดสินใจซื้อ คิดเป็นร้อยละ 82.02 และคิดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ คิดเป็นร้อยละ 70.78

ตารางที่ 6 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
การยอมรับผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล		
ยอมรับ	89	100.00
ไม่ยอมรับ	0	0.00
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล		
ซื้อ	73	82.02
ไม่แน่ใจ	16	17.97
ไม่ซื้อ	0	0.00
ความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาล		
เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ	63	70.78
เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	3	3.37
เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง	2	2.24
เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าให้กับวัตถุดิบในประเทศไทย	21	23.59

### สรุปผลและเสนอแนะ

การคัดเลือกโดนัทสูตรพื้นฐาน พบว่าโดนัทสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ 2 และ 3 ( $p < 0.05$ ) จึงเลือกสูตรที่ 1 เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาโดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาลต่อไป โดยสูตรที่ 1 มีส่วนประกอบคือ แป้งสาลีเนกประสงค์ 250 กรัม ไข่ไก่ 80 กรัม น้ำตาลทราย 120 กรัม นมผง 50 กรัม น้ำ 120 กรัม ผงฟู 4 กรัม น้ำมันพืช 33 กรัม และเกลือ 4 กรัม จากการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดและการเสริมลูกตาลในโดนัท พบว่าโดนัทที่อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด ได้รับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 10 และสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดที่ระดับ 0 : 100 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 10 เล็กน้อย ( $p > 0.05$ ) และมากกว่าสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโดนดที่ระดับ 0 : 100 ปริมาณลูกตาลร้อยละ 20 และสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และเมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ร้อยละ 100 ยอมรับ และร้อยละ 82.02 คาดว่าจะซื้อพบว่าโดนัทที่อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลทรายต่อน้ำตาลโดนดที่ระดับ 50 : 50 และปริมาณลูกตาลร้อยละ 20

### เสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

1. ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม การศึกษาฤทธิ์ทางเคมี ชีวภาพ ค่า GI และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดนัทน้ำตาลโดนดผสมลูกตาลสูตรที่พัฒนาแล้ว
2. ควรมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสร้างแรงจูงใจในการซื้อ สื่อความหมายให้แก่ผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณโรงเรียนการอาหารนานาชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

ครวีปามารายห์. (2564). *โดนัทเค้ก สูตรทอด ทำง่าย อร่อยกรอบนุ่มพอดีคำ*.

<https://cooking.kapook.com/view250315.html>.

ทิพวรรณ ทองสุข, ปุณชกริกา รัตนตรัยวงศ์, และณัฐกานต์ นามมะกุนา. (2551). *การใช้น้ำตาลโดนด (น้ำตาลปึก) ในผลิตภัณฑ์เยลลี่และกัม* [โครงการพิเศษระดับปริญญาตรี]. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- ทิพวรรณ สืบสายสกุล และ ฐิติชา ชินพงสานนท์. (2559). *การใช้น้ำตาลโดนดทดแทนน้ำตาลทราย บางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมอาลาวี* [โครงการพิเศษระดับปริญญาตรี]. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ และ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒนา. (2557). *การพัฒนาแม่พิมพ์เนื้อตาลสุกผสมลูกตาล. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยสวนดุสิต*, 7(1), 58-70.
- นันทพร สมัครรัตน์. (2546). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทแป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีหน้าพิซซาแช่เยือกแข็ง* [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต], มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประพันธ์ โพธิ์พูลพรหม. (2561). *“น้ำตาลโดนด” วิถีเกษตรเชิงนิเวศภาคกลาง คุณค่าที่มากกว่าความหวาน*. <https://www.landactionthai.org/2012-05-18-03-24-45/article/item/2166-2018-07-10-03-21-28.html>
- พงศัลลดา ป้านสุวรรณ. (2561). *การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ตำบลถ้ำรงค์ อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี, การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13 (หน้า 206-212). มหาวิทยาลัยรังสิต.*
- รสิตา ธัญธำตั้งสกุล. (2548). *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว* [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล, ธีรรัตน์ อธิโสภณกุล ช่อทิพย์ โคมลวาทีน และสิริมา แต่สกุล. (2561). *ผลของการเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายระหว่างการดองน้ำออกวีธีออสโมซิสต่อคุณภาพของลูกตาลอ่อนกึ่งแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(2)(พิเศษ), 85-88.
- สกุลตรา คำชู. (2558). *ข้าวเกรียบจากแป้งผสมชะครามแห้ง. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 (น. 513-523). บทคัดย่อค้นจาก file:///C:/Users/AdminPDC/Downloads/145-863-1-PB.pdf.*
- สุจิตตา เรืองรัมย์ และ อศิราภรณ์ ลือขจรชัย. (2559). *การศึกษาชนิดของรำข้าวที่มีผลต่อคุณภาพของโดนัท. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 11(2), 25-35.
- สุนี คำนวลศิลป์. (2559). *การศึกษามุมรู้เรื่องตาลของคนเพชรบุรีผ่านระบบคำ. คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร.*
- สำนักพิมพ์แสงแดด. (2563). *โดนัทเค้ก*. <https://krua.co/recipe/โดนัทเค้ก/>
- Chemmek, J., and Naivikul, O. (2010). *Introduction of Bakery Technology*. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).
- Goodlifeupdate. (2563). *โดนัทน้ำตาล สูตรโดนัทเค้กแบบไทยๆ ขนมอร่อยจนนึกถึงวัยเด็ก – A Cuisine*. <https://goodlifeupdate.com/healthy-food/recipe/72057.html>
- Hui, Y.H. (2006). *Bakery Product : Science and Technology*. Iowa Blackwell publishing.

Likert, R. (1961). *New patterns of management*. New York: McGraw-Hill.

Poonperm, N. (2007). *Palmyra Palm*. Bangkok: Department of Agriculture.

Thammasatwasik, P., Hongpattarakere, T., Chantachum, S., Kitroongrote, K., Itharat, A.,  
Reanmongkol, W., Tewtrakul, S., & Ooraikul, B. (2007), *Studies of some Thai  
crops as sources of prebiotic ingredient*. Final report submitted to National  
Science and Technology Development Agency.

## ผลของสูตรดินผสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า ที่ปลูกในกระถางเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ

### Effect of Soil – Based Growing Media on Growth of the Arabica Coffee Seedling for Ornamental Potted Plant

ธนัชชา เกณฑ์ขุนทด<sup>1\*</sup>, กษิดิ์เดช อ่อนศรี<sup>1</sup>, อรพรรณ หัสรังค์<sup>2</sup>, กัญตนา หลอดทองกลาง<sup>1</sup>,  
เกศินี ศรีปฐมกุล<sup>1</sup>, อภิเดช เอ็มเอี่ยม<sup>1</sup> และ พีระพงศ์ สาคริก<sup>1</sup>

Tanatya Kenkhunthod<sup>1\*</sup>, Kasideth Onsi<sup>1</sup>, Orapan Hussarang<sup>2</sup>, Kantana Lodthonglang<sup>1</sup>,  
Kesinee Sripathomkul<sup>1</sup>, Aphidet Emeam<sup>1</sup> and Peerapong Sagarik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะนวัตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต

<sup>2</sup>คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

<sup>1</sup>Faculty of Agricultural Innovation, Rangsit University

<sup>2</sup>Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University

\*Corresponding author. Email: siri.k@rsu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษาสูตรดินผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้า ที่ปลูกในกระถาง เพื่อใช้เป็นไม้ประดับ ระยะเวลาดำเนินการทดลองระหว่างเดือนกันยายน 2563 ถึง กุมภาพันธ์ 2564 ณ โรงเรือนเพาะชำ คณะนวัตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD มีทั้งหมด 5 กรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 (ชุดควบคุม) ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1 : 3 : 2 กรรมวิธีที่ 2 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1 : 3 : 3 กรรมวิธีที่ 3 ดินปลูก : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1 : 3 : 3 กรรมวิธีที่ 4 ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2 และ กรรมวิธีที่ 5 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2 โดยปริมาตร เก็บข้อมูลโดยการวัด ขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นทุก ๆ 1 เดือน นาน 6 เดือน ผลการทดลองพบว่าต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในกระถางที่มี วัสดุดินผสมในกรรมวิธีที่ 4 ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก ที่อัตราส่วน 1 : 3 : 2 มีการเจริญเติบโตดีกว่า ในวัสดุดินผสมกรรมวิธีอื่น ๆ ( $p < 0.05$ ) โดยที่ระยะเวลา 6 เดือน มีขนาดทรงพุ่ม 29.61 เซนติเมตร จำนวนกิ่ง 6.3 กิ่ง ความสูงลำต้น 47.05 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น 16.08 มิลลิเมตร จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ปลูกไม้กระถางประดับ

**คำสำคัญ:** กาแฟอาราบิก้า วัสดุดินผสม ไม้ประดับกระถาง

## Abstract

A Study on soil mix formula affecting the growth of Arabica coffee seedlings grown in pots for use as ornamental plants between September 2020 and February 2021 at the nursery, Faculty of Agricultural Innovation, Rangsit University. A completely randomized design (CRD) experimental were planned with a total of 5 treatments as follows: Treatment 1 (Control); Planting Soil : Raw rice husk : Compost at ratio 1 : 3 : 2, Treatment 2; Planting Soil : Raw rice husk : Compost at ratio 1 : 3 : 3, Treatment 3; Planting Soil : Coconut coir : Compost at ratio 1 : 3 : 3, Treatment 4; Planting Soil : Peat moss : Manure at ratio 1 : 3 : 2 and Treatment 5; Planting Soil : Raw rice husk : Manure at ratio 1 : 3 : 2 by volume, The data were collected by measuring the canopy size, number of branches, stem height and stem diameters every 1 month for six months. Arabica coffee seedlings grown in pots with soil mix in treatment 4; Planting Soil : Peat moss : Manure at ratio 1 : 3 : 2 showed better growth than other soil mixtures ( $p < 0.05$ ) at 6 months, with canopy size 29.61 cm, number of the branches up to 6.3 branches, the stem height 47.05 cm and the stem diameter 16.08 mm. Therefore, it is a suitable formula for planting potted plants.

**Keywords:** Coffee Arabica; soil – based growing media; potted plant

## บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตไม้ประดับที่สำคัญแห่งหนึ่งของเอเชีย ทั้งไม้ดอกประดับและไม้ใบประดับกระถาง ซึ่งนิยมนำไปใช้ในการตกแต่งอาคาร สถานที่ทั้งภายในและภายนอก ให้มีจุดเด่นสวยงามเพิ่มความร่มรื่น สดชื่นสบายตา เกิดธุรกิจต่อเนื่องเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตไม้ประดับกระถางทั้งอุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ การผลิตและจำหน่ายไม้ประดับกระถาง มีทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศ โดยการส่งออกในภาพรวม ในไตรมาสแรก ของปี 2563 มีมูลค่า 285.43 ล้านบาท (สุภาพร สัมโย และอำนาจ อรรถถังรอง, 2563)

กาแฟ (*Coffea arabica* L.) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจ เนื่องจากต้นกาแฟ นอกจากปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลหรือเมล็ดกาแฟไปแปรรูปเป็นเครื่องดื่มแล้ว ยังสามารถปลูกเพื่อใช้เป็นไม้ประดับได้ ตั้งแต่ระยะต้นกล้า (Vegetative Stage) จนถึงระยะการติดผล (Reproductive Stage) ด้วยเหตุผลที่ต้นกาแฟมีลักษณะเด่นคือ ใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ทรงพุ่มขนาดเล็ก มีดอกสีขาว กลิ่นหอม ผลเมื่ออ่อนมีสีเขียวและเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีส้ม และสีแดงเมื่อผลสุกเต็มที่ ซึ่งสภาพการปลูกกาแฟอราบิก้าเพื่อเก็บเกี่ยว

ผลผลิตโดยทั่วไปนิยมปลูกลงดินโดยตรง เพื่อให้รากมีพื้นที่ในการหาอาหารได้มาก เจริญเติบโตเร็วให้ผลผลิตสูง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) ต่างจากการปลูกในกระถางเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ ขอบเขตของรากพืชจะถูกจำกัดอยู่เฉพาะภายในกระถางเท่านั้น ดังนั้น ดินหรือเครื่องปลูกจึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติในการที่จะทำให้สามารถยึดลำต้นพืช ช่วยในการการอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ และง่ายในการที่รากจะงอกขึ้นได้สะดวก ทั้งนี้ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการผสมวัสดุปลูกพืช ได้แก่ลักษณะ ธรรมชาติของพืช กับชนิดของวัสดุปลูก ซึ่งพืชแต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในวัสดุปลูกที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงควรเลือกชนิดของวัสดุที่สามารถหาได้ง่าย ราคาถูกและที่สำคัญคือต้องมีคุณสมบัติที่จะช่วยให้ต้นพืชหรือไม้กระถางของเราสามารถเจริญเติบโตได้ดี เช่น ขุยมะพร้าว แกลบดิบ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก พีทมอส โดยวัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่ต่างกันไป (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2561) ซึ่งนอกจากจะช่วยปรับสภาพเนื้อดินให้ดีขึ้นแล้ว ยังพบว่าวัสดุบางชนิดมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของไม้กระถาง คือเป็นปุ๋ยโดยตรงกับพืช แต่อาจจะไม่สูงเหมือนปุ๋ยเคมี มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุปลูกต่าง ๆ เหล่านี้มาใช้ ดังเช่นงานวิจัยของ สมเพียร เกษมทรัพย์ (2524) ได้รายงานผลการศึกษา การใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกต้นกล้าบานชื่นหนู พบว่า พีทมอสทำให้ความกว้างทรงพุ่ม ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบดีที่สุด แต่พีทมอสเป็นวัสดุที่นำเข้ามาจากต่างประเทศจึงมีราคาค่อนข้างแพง (ทิวาพร ผดุง, 2543) วัสดุปลูกที่น่าสนใจอีกชนิดหนึ่งคือ ขุยมะพร้าว โดยจากการศึกษาของ ประภาพรณ กระจ่างลิขิต (2557) พบว่าวัสดุปลูกขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียวทำให้การเจริญเติบโตของต้นแพรวพวยเลื่อยดีกว่าวัสดุปลูกที่ผสมขุยมะพร้าวกับขี้เถ้าแกลบและขุยมะพร้าวกับกาบมะพร้าวสับ วัสดุที่นิยมนำมาเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกอีกชนิดหนึ่งคือ ดิน คุณสมบัติของดินที่นำมาผสมมีความแตกต่างกันไปตามท้องที่หรือแหล่งที่มาของดิน นอกจากนี้ยังมีปุ๋ยคอกหรือมูลสัตว์ เช่น มูลวัว ไก่ หมู ใช้ผสมดินปลูกที่มีธาตุอาหารน้อย เพื่อเป็นธาตุอาหารสำหรับพืช และในการใช้ประโยชน์วัสดุปลูกแต่ละชนิดต้องนำมาผสมเพื่อให้เหมาะสมต่อการปลูกพืชแต่ละ ชนิด รวมถึงเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ และความชุ่มชื้นให้กับพืช มีการศึกษาผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของพืชหลากหลายชนิด เช่น การศึกษาชนิดของวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการเกิดรากของต้นกล้าผักขาว เปรียบเทียบ วัสดุปลูก 3 ตำรับ ผลการทดลอง พบว่า วัสดุปลูก ตำรับที่ 3 (ดินร่วน 1 ส่วน : ไม้ผุ 2 ส่วน : ขี้เถ้าแกลบ 2 ส่วน : ปุ๋ยคอก 1 ส่วน) เป็นตำรับที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นวัสดุปลูกต้นผักขาวมากที่สุด ให้ค่าเฉลี่ยด้านความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และน้ำหนักรากสดดีที่สุด (เนตรชนก เกียรตินนท์พัทธ์ และชวนพิศ อรุณรังสิกุล, 2556) และมีรายงานผลการศึกษาวิจัยของเจนจิรา ชุมภูคา และคณะ (2559) ที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเบอร์รี่พันธุ์เวียดนาม GQ2 พบว่าวัสดุปลูกที่ใช้ ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยหมัก อัตรา 2 : 1 ทำให้ต้นกล้ามะเบอร์รี่พันธุ์เวียดนาม GQ2 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวัสดุดินผสม สำหรับพืชผัก เช่น การศึกษาของ ปริญญา จุลกะ และคณะ (2558) ที่พบว่าต้นกล้ามะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุปลูกที่

ประกอบด้วย ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 40 : 40 : 20 หรือ ขุยมะพร้าว : กาบมะพร้าวสับ : ปุ๋ยหมัก : กากกาแฟ อัตราส่วน 40 : 40 : 15.5 มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด และยังมีผลการทดลอง สุทิน ทวยหาญ และคณะ (2556) ที่ศึกษาวัสดุดินผสมสำหรับการปลูกผักคะน้า พบว่าวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้ามากที่สุด คือ ใบไม้หมัก กาบมะพร้าวสับ แกลบเผา และปุ๋ยคอก อัตราส่วน 2 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติกับอัตราส่วน 3 : 1 : 1 : 1 และ 4 : 1 : 1 : 1 โดยปริมาตร อย่างไรก็ตาม การปลูกไม้ประดับในกระถางส่วนใหญ่ใช้ดินปลูกที่มีขายในท้องตลาด และดินปลูกดังกล่าวมักพบปัญหาดินไม่อุ้มน้ำ มีธาตุอาหารต่ำ ทำให้พืชหรือต้นกล้าที่ปลูกเจริญเติบโตได้ดีในช่วงแรก แต่เมื่อทำการปลูกไประยะหนึ่งจะพบปัญหาพืชชะงักการเจริญเติบโต ซึ่งแนวทางการแก้ไขส่วนใหญ่จะต้องมีการเติมปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีลงไป ทำให้เสียเวลา และเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม (ปราณี สีหพันธ์ และคณะ, 2558) หรือหากเป็นหน้าดินล้วนที่มีการบรรจุถุงขาย ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (วิณา นิลวงศ์, 2557)

ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนผสมของวัสดุต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุดินผสมในการเพาะปลูกต้นกล้ากาแฟในกระถางตั้งแต่ในระยะต้นกล้าเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ จึงเป็นเรื่องที่ควรทำการศึกษา เพื่อหาสูตรดินผสมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอราบิก้าที่ในกระถาง ที่มีระบบรากแผ่กระจายจำนวนมาก ดังนั้น ทีมผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษา หาสูตรวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ปลูกในกระถาง

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. อุปกรณ์และวิธีการ

ต้นกล้ากาแฟอราบิก้าอายุ 4 เดือน ดินปลูกยี่ห้อไรกุลรดา แกลบดิบ ปุ๋ยคอก(มูลวัว) ปุ๋ยหมัก (จากฟางข้าว) กระถางพลาสติกขนาด 4 นิ้ว สูง 13 เซนติเมตร ใช้สำหรับปลูกต้นกล้ากาแฟช่วงอายุ 1-3 เดือน และ กระถางพลาสติกขนาด 10 นิ้ว สูง 7.5 นิ้ว ใช้ปลูกกาแฟ อายุ 4-6 เดือน

ศึกษาผลของวัสดุปลูกสูตรต่างๆต่อการเจริญของต้นกล้ากาแฟในกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วยสูตรดินผสมจำนวน 5 กรรมวิธี ซึ่งมีอัตราส่วนโดยปริมาตรดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1 : 3 : 2

กรรมวิธีที่ 2 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1 : 3 : 3

กรรมวิธีที่ 3 ดินปลูก : ขุยมะพร้าว : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1 : 3 : 3

กรรมวิธีที่ 4 ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2

กรรมวิธีที่ 5 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2

## 2. การปลูกและการดูแลรักษา

การเตรียมวัสดุดินผสม นำวัสดุที่ใช้ในการเตรียมวัสดุดินผสมของแต่ละสูตรตามอัตราส่วนต่างๆ (โดยปริมาตร) มาผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำวัสดุดินผสมที่ผ่านการผสมแล้วมากองไว้ในที่ร่มเป็นเวลา 2 สัปดาห์ บรรจุวัสดุดินผสมลงในกระถางขนาด 4 นิ้ว โดยรองก้นกระถางด้วยกาบมะพร้าวสับสูงประมาณ 2 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำวัสดุดินผสมของแต่ละกรรมวิธีบรรจุลงในกระถาง ประมาณ 1 ใน 3 ของความสูงของกระถาง แล้วนำต้นกล้ากาแฟอายุ 4 เดือน ลงปลูก จัดทรงต้นให้ตั้งตรง แล้วกลบด้วยสูตรดินผสม โดยให้วัสดุดินผสมห่างจากปาก กระถางประมาณ 2 เซนติเมตร จัดวางกระถางปลูกตามการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จากนั้นรดน้ำระบบมินิสปริงเกอร์ วันละสองครั้ง เช้า เย็น ให้ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ 15-15-15 อัตรา 8 กรัมต่อต้น ทุก 1 เดือน ในช่วงอายุ (อายุ 1-3 เดือน) และเปลี่ยนกระถางเป็นขนาด 10 นิ้ว โดยใช้สูตรดินผสมเดิม และเพิ่มปุ๋ยเคมีเป็น 10 กรัมต่อต้น (อายุ 4-6 เดือน) ทุก 1 เดือน (ปัจจัยควบคุม) (อ้างอิงอัตราการใส่ปุ๋ยจากศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กรัมต่อต้นต่อปี)

## 3. การบันทึกข้อมูล

การวัดการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟ โดยเริ่มวัดครั้งแรกหลังจากย้ายต้นกล้าลงกระถางได้ 1 สัปดาห์ จากนั้นวัดทุก 1 เดือน จนครบ 6 เดือน โดยทำการวัด (1) วัดขนาดทรงพุ่มโดยใช้ตลับเมตรวัดความกว้างของทรงพุ่มแนวออกตก และด้านตรงข้าม (2) การนับจำนวนกิ่งกาแฟที่แตกออกมาจากตาข้าง โดยนับกิ่งที่แตกใหม่ที่มีความยาว 2.5 เซนติเมตร ขึ้นไป (3) วัดความสูงของต้นกาแฟ โดยใช้ตลับเมตรวัดจากโคนต้นถึงปลายยอด (4) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น โดยใช้เวอเนียร์คาร์ลิปเปอร์วัดบริเวณกึ่งกลางของลำต้น

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

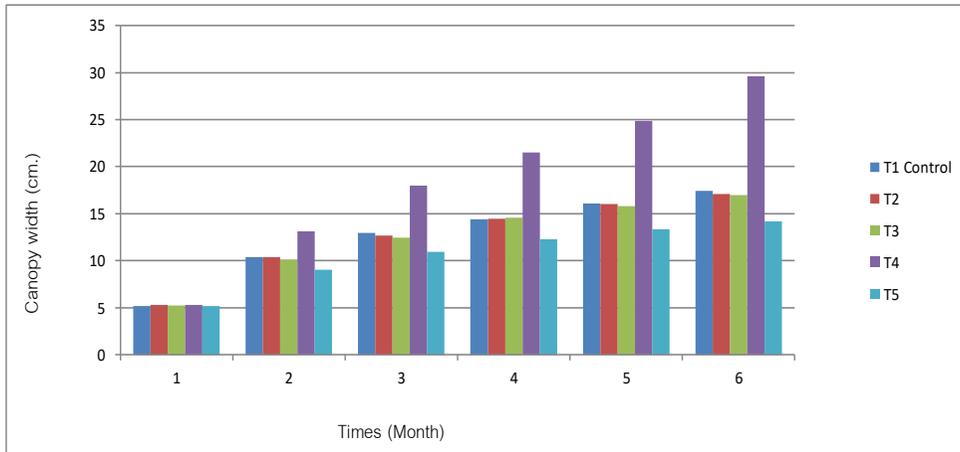
จากการทดลองการศึกษาผลของวัสดุดินผสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอราบิก้าที่ปลูกในกระถางเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ โดยทำการเปรียบเทียบสูตรวัสดุดินผสมทั้งหมด 5 กรรมวิธี ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอราบิก้า ด้านขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง ความสูงของต้นและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น โดยการบันทึกผลทุกเดือน นาน 6 เดือน ได้ผลการทดลองดังนี้

### 1. ผลของสูตรดินผสมต่อขนาดทรงพุ่มของต้นกล้ากาแฟอบาปิที่ปลูกในกระถาง

จากตารางที่ 1 พบว่า เมื่อระยะเวลาปลูกนานขึ้น ขนาดของทรงพุ่ม มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 1) และพบว่าสูตรวัสดุดินผสมมีผลต่อขนาดทรงพุ่มของต้นกล้ากาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่ระยะเวลา 6 เดือน ต้นกล้ากาแฟที่ปลูกในวัสดุดินผสม กรรมวิธีที่ 4 (ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีขนาดทรงพุ่มกว้างที่สุด 29.61 เซนติเมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปุ๋ยคอกที่เป็นส่วนผสมในสูตรดินผสมที่มีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่กาแฟต้องการ จึงทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตดีกว่าที่ปลูกในดินผสมสูตรอื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเพียรเกษมทรัพย์ (2524) ได้รายงานผลการศึกษา การใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกต้นกล้าบานชื่นหนู พบว่า พีทมอสทำให้ความกว้างทรงพุ่ม ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบของต้นกล้าบานชื่นหนูดีที่สุด ส่วนสูตรดินผสมสูตรที่ 1 ให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรดินผสม กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 3 โดยมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 16.98-17.42 เซนติเมตร ในขณะที่สูตรดินผสมกรรมวิธีที่ 5 (ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีขนาดทรงพุ่มต้นกล้ากาแฟต่ำที่สุด โดยมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 14.18 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 ความกว้างทรงพุ่มของต้นกาแฟที่ปลูกในวัสดุดินผสมทั้ง 5 กรรมวิธี ที่ระยะเวลา 6 เดือน

Treatments	Canopy width (cm.)					
	Times (Month)					
	1	2	3	4	5	6
T1 Control	5.21	10.39 <sup>b</sup>	12.94 <sup>b</sup>	14.42 <sup>b</sup>	16.10 <sup>b</sup>	17.42 <sup>b</sup>
T2	5.28	10.39 <sup>b</sup>	12.69 <sup>b</sup>	14.46 <sup>b</sup>	16.04 <sup>b</sup>	17.10 <sup>b</sup>
T3	5.27	10.12 <sup>b</sup>	12.46 <sup>b</sup>	14.58 <sup>b</sup>	15.81 <sup>b</sup>	16.98 <sup>b</sup>
T4	5.28	13.15 <sup>a</sup>	18.00 <sup>a</sup>	21.53 <sup>a</sup>	24.85 <sup>a</sup>	29.61 <sup>a</sup>
T5	5.17	9.07 <sup>c</sup>	10.93 <sup>c</sup>	12.28 <sup>c</sup>	13.34 <sup>c</sup>	14.18 <sup>c</sup>
F - test	NS	*	*	*	*	*
CV (%)	5.47	3.27	5.87	5.05	4.61	7.15



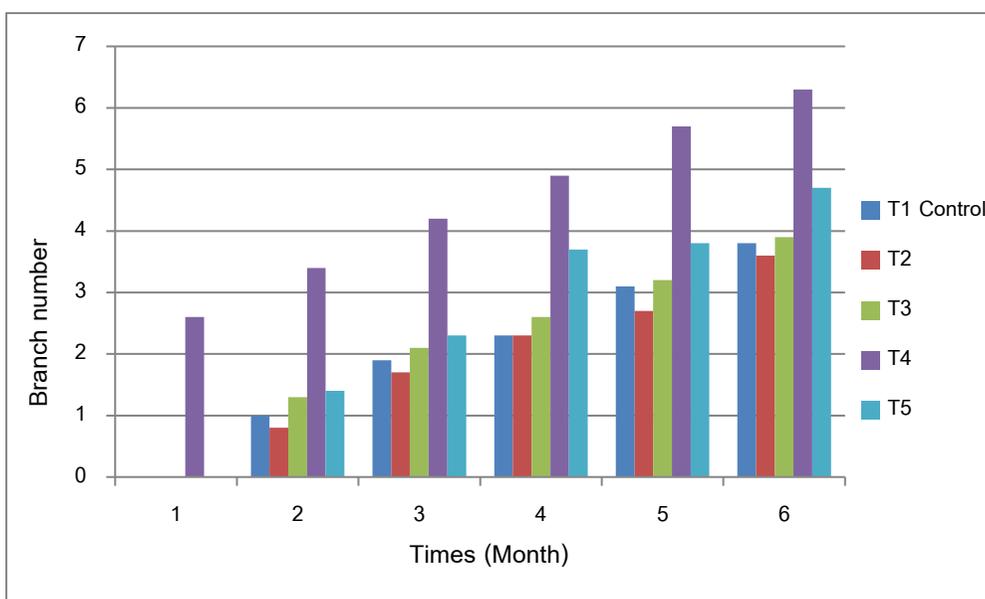
ภาพที่ 1 ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้ากาแฟราบิก้าที่ปลูกในวัสดุดินผสมทั้ง 5 กรรมวิธีเป็นเวลา 6 เดือน

## 2. ผลของสูตรดินผสมต่อจำนวนกิ่งของต้นกล้ากาแฟราบิก้าที่ปลูกในกระถาง

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อระยะเวลาปลูกนานขึ้นจำนวนกิ่งของต้นกล้ากาแฟมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 2) และพบว่าสูตรวัสดุผสมมีผลต่อจำนวนกิ่งของต้นกล้ากาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในทุกช่วงระยะเวลาของการเก็บข้อมูลในแต่ละเดือน โดยที่ระยะเวลา 6 เดือน ต้นกล้ากาแฟที่ปลูกในวัสดุผสมในกรรมวิธีที่ 4 (ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีจำนวนกิ่งมากที่สุด เฉลี่ย 6.3 กิ่ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพีทมอสเป็นวัสดุที่มีอินทรีย์วัตถุร้อยละ 90 ของน้ำหนักแห้ง (สมเพียร เกษมทรัพย์, 2524) จึงส่งผลต่อการเจริญของต้นกล้ากาแฟ ด้านความกว้างทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง ความสูงต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเพียร เกษมทรัพย์ (2524) ที่ได้รายงานผลการศึกษา การใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกต้นกล้าบานชื่นหนู พบว่า พีทมอสทำให้ความกว้างทรงพุ่ม ความสูงต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบดีที่สุด นอกจากนี้พีทมอสยังมีน้ำหนักเบาสามารถอุ้มน้ำได้มากประมาณ 10-20 เท่า (สนั่น ขำเลิศ, 2522) มีความเป็นกรดต่ำอยู่ในช่วงประมาณ 3.2- 4.5 ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละ 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำมาก (Hudson et al., 1997) ทำให้มีสมบัติโปร่งระบายน้ำและอากาศได้ดี ส่วนสูตรดินผสมที่มีผลต่อจำนวนกิ่งรองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 5 (ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีจำนวนกิ่งเฉลี่ย 4.7 กิ่ง ส่วนสูตรดินผสม กรรมวิธีที่ 1 ที่ 2 และที่ 3 ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีจำนวนกิ่งเฉลี่ย 3.6-3.9 กิ่ง

ตารางที่ 2 จำนวนกิ่งของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในวัสดุดินผสม 5 กรรมวิธี ที่ระยะเวลา 6 เดือน

Treatments	Branch number					
	Times (Month)					
	1	2	3	4	5	6
T1 Control	0.0 <sup>b</sup>	1.0 <sup>bc</sup>	1.9 <sup>cd</sup>	2.3 <sup>c</sup>	3.1 <sup>c</sup>	3.8 <sup>c</sup>
T2	0.0 <sup>b</sup>	0.8 <sup>a</sup>	1.7 <sup>d</sup>	2.3 <sup>c</sup>	2.7 <sup>c</sup>	3.6 <sup>c</sup>
T3	0.0 <sup>b</sup>	1.3 <sup>bc</sup>	2.1 <sup>bc</sup>	2.6 <sup>c</sup>	3.2 <sup>c</sup>	3.9 <sup>c</sup>
T4	2.6 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
T5	0.0 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	2.3 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	3.8 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>
F - test	*	*	*	*	*	*
CV (%)	44.41	40.58	16.84	19.79	15.24	16.06



ภาพที่ 2 จำนวนกิ่งของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในวัสดุดินผสม 5 กรรมวิธี ที่ระยะเวลา 6 เดือน

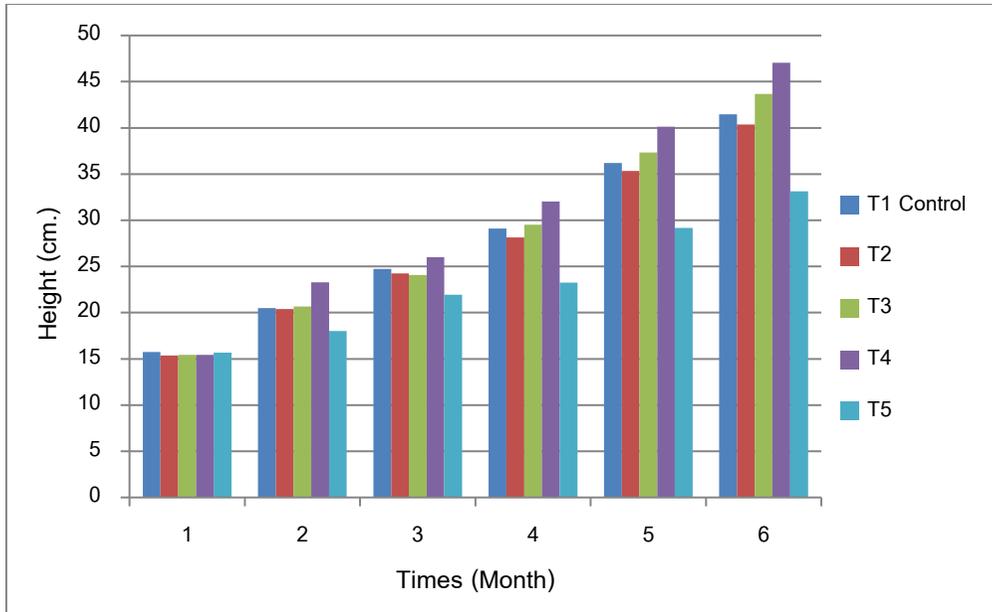
### 3. ผลของสูตรดินผสมต่อความสูงของต้นกล้ากาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในกระถาง

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อระยะเวลาปลูกนานขึ้น ความสูงของต้นกล้ากาแฟ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 3) และพบว่าสูตรวัสดุดินผสมมีผลต่อความสูงของต้นกล้ากาแฟแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในทุกช่วงระยะเวลาของการเก็บข้อมูลในแต่ละเดือน โดยที่ระยะเวลา 6 เดือน ต้นกล้ากาแฟที่ปลูกในวัสดุดินผสมสูตรที่ 4 (ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก; 1 : 3 : 2 ส่วน) มีความสูงของต้นมากที่สุด เฉลี่ย 47.05 เซนติเมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสูตรดินผสมสูตรที่ 4 มีปุ๋ยคอกเป็นส่วนผสม ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ ผลการวิจัยของ Chemura (2014) ได้ทำการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ผสมกับปุ๋ยอนินทรีย์และระดับการให้น้ำ 1000, 750 และ 500 มิลลิลิตรต่อต้นต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ พบว่า ปุ๋ยอนินทรีย์และระดับการให้น้ำที่ 1000 มิลลิลิตร มีผลทำให้ต้นกาแฟสูงที่สุด 47.4 เซนติเมตร ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์กับระดับการให้น้ำที่ต่ำ 500 มิลลิลิตร มีผลทำให้ต้นกาแฟมีความสูง เส้นรอบวงของลำต้น จำนวนใบสูงกว่าปุ๋ยอนินทรีย์ ส่วนสูตรดินผสมที่มีผลต่อความสูงของต้นกล้ากาแฟรองลงมาคือ สูตรดินผสมสูตร 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีค่าความสูงของต้นกล้ากาแฟเฉลี่ย 40.35-43.66 เซนติเมตร และสูตรดินผสมกรรมวิธีที่ 5 (ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:3:2 ให้ค่าความสูงของต้นกล้ากาแฟในกระถางเฉลี่ยต่ำที่สุด (33.12 เซนติเมตร)

**ตารางที่ 3** ความสูงของต้นกล้ากาแฟร่าบิก้าที่ปลูกในวัสดุดินผสม 5 กรรมวิธี ที่ระยะเวลา 6 เดือน

Treatments	Height (cm.)					
	Times (Month)					
	1	2	3	4	5	6
T1 Control	15.74	20.49 <sup>b</sup>	24.73 <sup>b</sup>	29.12 <sup>b</sup>	36.21 <sup>c</sup>	41.47 <sup>b</sup>
T2	15.38	20.38 <sup>b</sup>	24.25 <sup>b</sup>	28.14 <sup>b</sup>	35.33 <sup>c</sup>	40.35 <sup>b</sup>
T3	15.42	20.66 <sup>b</sup>	24.09 <sup>b</sup>	29.51 <sup>b</sup>	37.35 <sup>b</sup>	43.66 <sup>b</sup>
T4	15.45	23.27 <sup>a</sup>	25.99 <sup>a</sup>	32.05 <sup>a</sup>	40.13 <sup>a</sup>	47.05 <sup>a</sup>
T5	15.67	18.06 <sup>c</sup>	21.93 <sup>c</sup>	23.25 <sup>c</sup>	29.19 <sup>d</sup>	33.12 <sup>c</sup>
F - test	NS	*	*	*	*	*
CV (%)	4.08	4.97	5.19	4.21	3.56	5.22

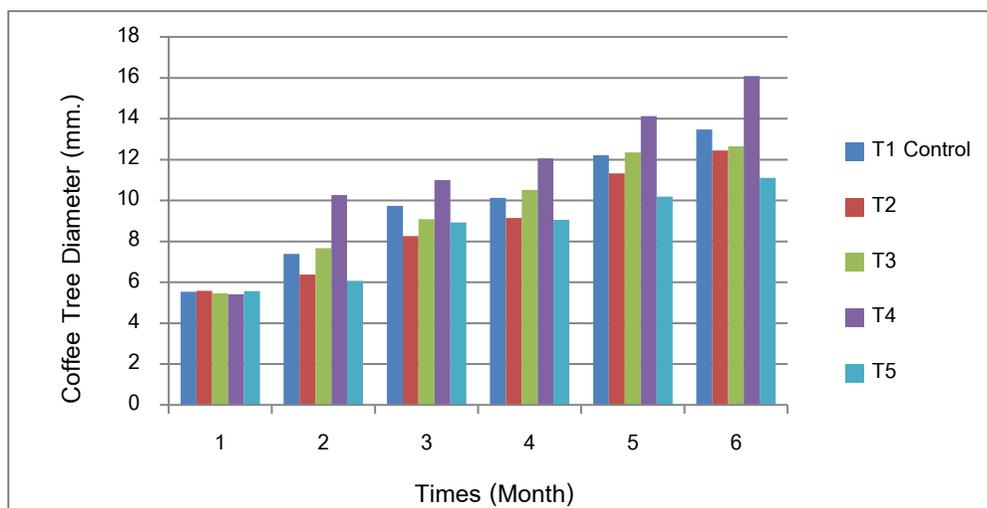


ภาพที่ 3 ความสูงของต้นกล้ากาแฟอราบิก้าที่ปลูกในวัสดุดินผสม 5 กรรมวิธี ที่ระยะเวลา 6 เดือน

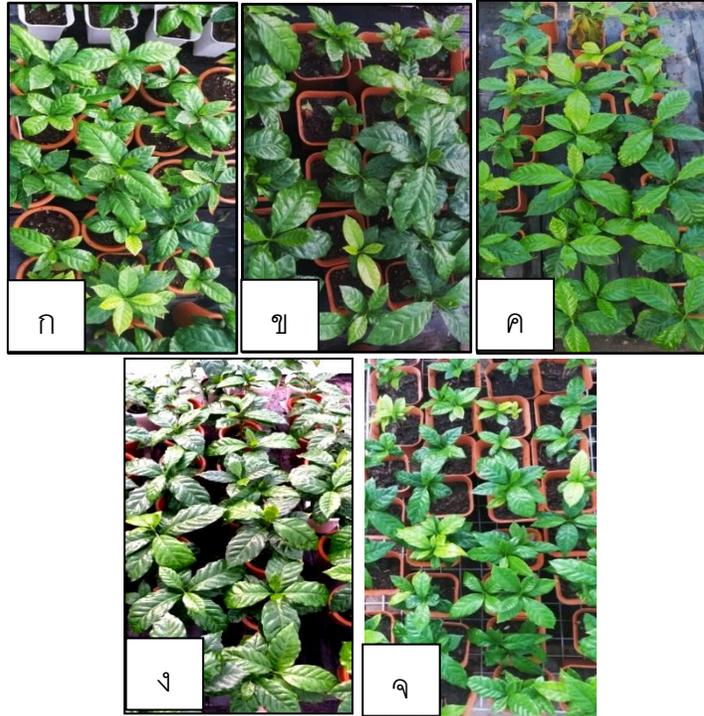
จากตารางที่ 4 พบว่าเมื่อระยะเวลาปลูกนานขึ้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้ากาแฟมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 4) และพบว่าสูตรวัสดุดินผสมมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้ากาแฟแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในทุกช่วงระยะเวลาของการเก็บข้อมูลในแต่ละเดือน โดยที่ระยะเวลา 6 เดือน ต้นกล้ากาแฟที่ปลูกในวัสดุดินผสม กรรมวิธีที่ 4 (ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้าที่สุดเฉลี่ย 16.08 มิลลิเมตร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Arzu (2019) ที่ศึกษาผลของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันต่อการเจริญและการสะสมสารอาหารของต้นพืชนี้อย พบว่าวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดินต่อพีทมอส อัตรา 2 : 1 มีผลทำให้ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่ง เส้นผ่านศูนย์กลางดอก เส้นผ่านศูนย์กลางก้านดอก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นพืชนี้อยสูงที่สุด ส่วนสูตรดินผสมที่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นรองลงมาคือสูตรดินผสมในกรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 12.44-13.47 มิลลิเมตร ซึ่งลักษณะการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอราบิก้าในช่วงอายุ 1-3 เดือนที่ปลูกในกระถางขนาด 4 นิ้ว ในสูตรวัสดุดินผสมทั้ง 5 กรรมวิธี แสดงในภาพที่ 5 และ ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอราบิก้า ในกระถางขนาด 10 นิ้ว ที่ปลูกด้วยวัสดุดินผสม ในกรรมวิธีที่ 4 (ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1 : 3 : 2) ที่อายุ 6 เดือน แสดงในภาพที่ 6

ตารางที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้ากาแฟอราบิก้าปลูกในวัสดุดินผสม 5 สูตร ที่ระยะเวลา 6 เดือน

Treatments	Coffee Tree Diameter (mm.)					
	Times (Month)					
	1	2	3	4	5	6
T1 Control	5.54	7.39 <sup>b</sup>	9.73 <sup>b</sup>	10.12 <sup>b</sup>	12.21 <sup>c</sup>	13.47 <sup>b</sup>
T2	5.58	6.38 <sup>b</sup>	8.25 <sup>b</sup>	9.14 <sup>b</sup>	11.33 <sup>c</sup>	12.44 <sup>b</sup>
T3	5.46	7.66 <sup>b</sup>	9.09 <sup>b</sup>	10.51 <sup>b</sup>	12.35 <sup>b</sup>	12.65 <sup>b</sup>
T4	5.41	10.27 <sup>a</sup>	10.99 <sup>a</sup>	12.05 <sup>a</sup>	14.13 <sup>a</sup>	16.08 <sup>a</sup>
T5	5.57	6.06 <sup>c</sup>	8.93 <sup>c</sup>	9.05 <sup>c</sup>	10.19 <sup>d</sup>	11.10 <sup>c</sup>
F - test	NS	*	*	*	*	*
CV (%)	4.08	4.97	5.19	4.21	3.56	5.22



ภาพที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกล้ากาแฟอราบิก้าปลูกในวัสดุดินผสม 5 สูตร ที่ระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 5 ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟอราบิก้าในวัสดุดินผสมทั้ง 5 กรรมวิธี

- (ก) กรรมวิธีที่ 1 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1:3:2  
 (ข) กรรมวิธีที่ 2 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1:3:3  
 (ค) กรรมวิธีที่ 3 ดินปลูก : ชุยมะพร้าว : ปุ๋ยหมัก อัตราส่วน 1:3:3  
 (ง) กรรมวิธีที่ 4 ดินปลูก : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:3:2  
 (จ) กรรมวิธีที่ 5 ดินปลูก : แกลบดิบ : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:3:2



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะต้นกาแฟอราบิก้าในวัสดุดินผสม กรรมวิธีที่ 4 ดิน : พีทมอส : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1: 3: 2 อายุ 6 เดือน ในกระถางขนาด 10 นิ้ว

### สรุปผลและเสนอแนะ

สูตรวัสดุดินผสมที่เหมาะสมสำหรับปลูกกาแฟในกระถางเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ คือกรรมวิธีที่ 4 ที่มีส่วนผสมของ ดินปลูก : พีทมอส: ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1: 3: 2 ซึ่งเป็นสูตรที่มีผลทำให้ต้นกล้ากาแฟออกรากเร็ว มีขนาดทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง ความสูงของต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น สูงที่สุด ต้นกล้ากาแฟมีลักษณะ ใบเขียวเป็นมัน เหมาะสำหรับการปลูกเป็นไม้กระถางประดับ

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวัดค่าคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุดินผสมในแต่ละกรรมวิธีก่อนการปลูก
2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพผสมกับวัสดุปลูกสำหรับไม้กระถางเพื่อลดค่าใช้จ่ายเรื่องปุ๋ยเคมี
3. ควรมีการวัดค่า SPAD เพื่อดูค่าความเขียวของใบที่ชัดเจน

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตามรหัสโครงการ และขอขอบคุณคณะนักธรรมชาติวิทยา มหาวิทยาลัยรังสิตที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการวิจัย งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟ. <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2018/12/กาแฟ.pdf>
- เจนจิรา ชุมภูคา สิริกาญจนา ตาแก้ว และณัฐพงศ์ จันจุฬา. (2559). ผลของวัสดุปลูกต่อการงอกของเมล็ด การรอดชีวิต และการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมล็ดเบอร์รี่พันธุ์เวียดนาม GQ2. *Thai Journal of Science and Technology*, 5(3), 283-295.
- ทิวาพร ผดุง. (2543). ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าบานชื่นหนู [ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต]. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เนตรชนก เกียรตินนทพัทธ์ และชวนพิศ อรุณรังสิกุล. (2556). วัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(2), 305-308.
- ปริญานูช จุลกะ, พิจิตรา แก้วสอน และปนัดดา จินประสม. (2558). ผลของการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของกากกาแฟต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ. *ว.วิทย์.กษ.*, 45(2) (พิเศษ), 349-352.

- ปราณี สีหพันธ์, โสฬส แซ่ลิ้ม, พรพนา โพธินาม และสุดสงวน เทียมโธสงค์. (2558). *ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชผักในชุดดินชุมพวง จังหวัดขอนแก่น กรณีศึกษา ผักคะน้า. ส่วนวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5, ขอนแก่น.*  
[http://www.r05.ldd.go.th/technical/re\\_bio\\_2551\\_01.html](http://www.r05.ldd.go.th/technical/re_bio_2551_01.html)
- ประภาพรณ กระจ่างลิขิต. (2557). *การศึกษาอิทธิพลของวัสดุปลูกและระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของ แพงพวยเลื่อย [วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.*
- มุกดา สุขสวัสดิ์. (2561). *วัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับ. สำนักพิมพ์บ้านและสวน.*
- วีณา นิลวงศ์. (2557). *รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. โครงการย่อยในชุดโครงการศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.*
- สุทิน ทวยหาญ, เกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ, รัชสา จันทาศรี และสำราญ พิมราช. (2556). การศึกษาวัสดุปลูกจากดินผสมที่เหมาะสมสำหรับผักคะน้า. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, 10(2), 117-124.
- สนั่น ขำเลิศ. (2522). *หลักและวิธีการขยายพันธุ์พืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- สมเพียร เกษมทรัพย์. (2524). *ไม้ดอกกระถาง. อักษรพิทยา.*
- สุภาพร สัมโย และอานวย อรรถลักรอง. (2563, พฤษภาคม). *สถานการณ์ไม้ดอกไม้ประดับของประเทศไทย ปี 2563. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.* <http://www.doa.go.th>
- Abel Chemura. (2014) The growth response of coffee (*Coffea arabica* L) plants to organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under different irrigation water supply levels. *Int. J Recycl Org Waste Agricult*, 3, 59.
- Arzu Cig. (2019). Effects of Different Growing Media on Plant Growth and Nutrient Contents of Petunia (*Petunia hybrida*), *International Journal of Secondary Metabolite*, 6(4), 302-309.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T.Jr., & Geneve, R.L. (1997). *Plant Propagation* (sixth edition). Prentice-Hall.

## ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของลูกประคบสมุนไพรไทยจากกลุ่มวิสาหกิจ จังหวัดร้อยเอ็ด

### Antibacterial Activity of Thai Herbal Compress Ball from Community Enterprise Groups in Roi Et Province

ปริมมาลา ขำคมเขตต์<sup>1</sup>, อนิสณี แทนอาษา<sup>1</sup>, สิริมา โพธิ์วัฒนเจริญ<sup>1</sup> และ ภาวนา พนมเขตต์<sup>2\*</sup>  
Primmala Khumkomket<sup>1</sup>, Anisane Thanaasa<sup>1</sup>, Sirima Povattanajaroen<sup>1</sup> and Pawana  
Panomket<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด 45120  
<sup>2</sup>วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190  
<sup>1</sup>Faculty of Liberal Arts and Science, Roi Et Rajabhat University, Roi Et, 45120  
<sup>2</sup>College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190

\*Corresponding author. E-mail: pawana.p@ubu.ac.th

#### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของลูกประคบสมุนไพรไทยจากกลุ่มวิสาหกิจสมุนไพรในจังหวัดร้อยเอ็ด ทำการเก็บตัวอย่างลูกประคบจำนวน 14 ตัวอย่าง นำมาเตรียมสารทดสอบในรูปแบบสารน้ำและแบบผงแห้ง และทำการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทั้งกลุ่มแกรมบวก (*S.aureus* และ CNS) และกลุ่มแกรมลบ (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* และ *Proteus mirabilis*) ด้วยวิธีการ agar disc diffusion และหาค่าระดับความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimal inhibitory concentration: MIC) และ ฆ่าเชื้อ (Minimal bactericidal inhibition: MBC) ด้วยวิธีการ broth dilution ผลจากการศึกษาพบว่า การศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในเบื้องต้น สารทดสอบจากลูกประคบสมุนไพรสารทดสอบแบบสารน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย ชนิด *S.aureus* โดยสารทดสอบแบบสารน้ำ SP2 ให้ผลการยับยั้งดีที่สุด (ค่าบริเวณการยับยั้งเฉลี่ยเท่ากับ)  $11 \pm S.D.$  เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และเมื่อทำการหาค่า MIC และ MBC ของสารทดสอบจากลูกประคบ พบว่า ฤทธิ์ต้านจุลชีพที่ดีที่สุดคือ SL2 ซึ่งมีฤทธิ์ต้านทุกเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ แล้วยืนยันด้วยการทดสอบทั้งค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อและค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ สารทดสอบแบบสารน้ำจากลูกประคบสมุนไพรไทยได้นำมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิต่ำจนได้เป็นสารทดสอบแบบผงแห้ง แล้วนำมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียด้วยการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อและค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถ

ฆ่าเชื้อได้ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้สารทดสอบแบบสารน้ำและสารทดสอบแบบผงแห้งของ  
ลูกประคบสมุนไพรไทยให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน

**คำสำคัญ:** ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ลูกประคบสมุนไพรไทย

### Abstract

The aim of this study was to evaluate antimicrobial effects of Thai herbal compress ball collected from community enterprise groups in Roi Et Province. Fourteen of the balls were used to liquid and fine powder using low temperature dehydration process and used to test the antimicrobial activity. There were gram positive bacteria (*S. aureus* and CNS) and gram negative bacteria (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* and *Proteus mirabilis*) for agar disc diffusion and broth dilution were the analysis method and Determination of levels for preparation to enter (Minimal inhibitory concentration (MIC)) and minimal bactericidal inhibitor (MBC) by broth dissolveion method. Results, Preliminary study of antibacterial activity, liquid form SP2 only inhibited *S. aureus* with MIC  $11 \pm S.D.$  of inhibition zone using agar disc diffusion method. The best bacterial inhibitor was SL2. It showed antibacterial activity against extracted to liquid and fine powder using low temperature dehydration process for MIC and MBC test. The results were not different for either liquid or powder extracts.

**Keywords:** Antibacterial activity, Thai herbal compress ball

### บทนำ

พืชสมุนไพรไทยมีความสำคัญกับประเทศไทยทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม การนำสมุนไพรไทยมาใช้ในการรักษาโรค บรรเทาปวด เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพร และส่งเสริมอาชีพให้กับกลุ่มเกษตรกร การทำลูกประคบสมุนไพรไทยในชุมชนกลุ่มวิสาหกิจ เป็นอีกหนึ่งภูมิปัญญาชาวบ้านในการสร้างรายได้ ลูกประคบเป็นการใช้สมุนไพรมาห่อด้วยผ้าดิบหรือผ้าฝ้ายเป็นลูก และนำไปนึ่งให้ร้อน นำมาประคบบริเวณที่ปวด เคล็ด ชัดยอก เพื่อบรรเทาอาการดังกล่าว สมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกประคบ ส่วนใหญ่เป็นสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำมานึ่งให้ร้อน น้ำมันระเหยในพืชสมุนไพรจะระเหยตัวยากออกมาที่ไอน้ำและความชื้น เมื่อประคบตัวยากเหล่านี้จะซึมเข้าไปในผิวหนังช่วยรักษาอาการเคล็ด ชัดยอก และอาการปวดต่างๆ สมุนไพรที่นิยมนำมาทำลูกประคบ ได้แก่ เหง้าไพล ผิว

มะกรูด ตะไคร้ ใบมะขาม ขมิ้นชัน ใบส้มป่อย ใบหนาด และใบเปล้าใหญ่ เป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสมุนไพรเหล่านี้ เช่น โพลและขมิ้นชัน มีฤทธิ์ลดการอักเสบ ในขณะที่ใบเปล้าใหญ่ ช่วยให้เลือกไหลเวียนดีขึ้น เหง้าโพล มีฤทธิ์แก้ปวดเมื่อย เคล็ดขัดยอก เป็นยาชาเฉพาะที่ ฤทธิ์ต้านฮีสตามีน ลดการอักเสบ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย เชื้อรา และฤทธิ์ต้านการหดเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ นอกจากนี้เหง้าโพลแล้ว ยังมีสมุนไพรตัวอื่นๆ เช่น ขมิ้นชัน ช่วยลดการอักเสบ แก้โรคผิวหนัง ตะไคร้บ้าน แต่งกลิ่นหอม สดชื่น ผิวมะกรูด มีน้ำมันหอมระเหย แก๊ลมวิงเวียน ใบมะขาม แก้อาการคันตามร่างกาย และบำรุงผิว ใบส้มป่อย ช่วยบำรุงผิวแก้โรคผิวหนัง ลดความดัน ทั้งหมดนี้นอกจากจะมีกลิ่นหอมแล้วยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคได้ ขั้นตอนการใช้จะนำลูกประคบไปนึ่ง 15-30 นาที จนร้อน แล้วนำมาทดสอบแตะที่ท้องแขนหรือหลังมือ ก่อนนำไปใช้ ในช่วงแรกลูกประคบยังร้อนมาก ต้องประคบด้วยความเร็วเพียงแตะลูกประคบแล้วยกขึ้น แต่เมื่อลูกประคบคายความร้อน สามารถวางลูกประคบได้นานขึ้นในผู้ป่วยโรคเบาหวาน เด็ก อัมพาต และผู้สูงอายุ ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะการรับรู้และตอบสนองช้า อาจทำให้ผิวหนังไหม้พองได้ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการประคบด้วยสมุนไพร มาจากความร้อนและตัวยาสมุนไพร ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นและเพิ่มการไหลเวียนเลือด ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อและบรรเทาอาการปวดเมื่อย ลดการติดขัดของข้อ ทำให้เนื้อเยื่อพังพืดยึดตัวออก ลดอาการบวมจากการอักเสบของกล้ามเนื้อ (Chiranthanut et al., 2014) แต่อย่างไรก็ตามบทบาทในการนำลูกประคบสมุนไพรมาใช้ในทางการแพทย์ นิยมนำมาใช้เพื่อกดประคบส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพื่อให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย มีบางกลุ่มนำไปประคบรอยบวมจากผลติดเชื้อ เนื่องจากมีความเข้าใจในคุณสมบัติการฆ่าเชื้อได้ (Yamila et.al., 2021) ของสมุนไพร นอกจากนี้ในกลุ่มวิสาหกิจประกอบการทำลูกประคบสมุนไพรจำหน่ายแต่ละกลุ่มมีสูตรลับเฉพาะในการเลือกสมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกประคบแตกต่างกันไป และบอกสรรพคุณต่างๆ ตามชนิดของสมุนไพร แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีข้อมูลระบุว่าสมุนไพรที่เลือกมาทำลูกประคบสามารถฆ่าเชื้อได้ เนื่องจากเชื้อโรคมีหลายประเภท และอาจทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกลุ่มวิจัยจึงสนใจศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียในลูกประคบสมุนไพรไทยของกลุ่มวิสาหกิจประกอบการทำลูกประคบในจังหวัดร้อยเอ็ด เพื่อทราบชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่ถูกยับยั้งหรือฆ่าด้วยสารน้ำที่ออกมาจากห่อผ้าฝ้ายหรือผ้าดิบลูกประคบสมุนไพร โดยเน้นศึกษาในกลุ่มแบคทีเรียที่เป็นเชื้อประจำถิ่นบริเวณผิวหนังและสิ่งแวดล้อม เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของลูกประคบสมุนไพรไทยจากกลุ่มวิสาหกิจสมุนไพรในจังหวัดร้อยเอ็ด ด้วยวิธี disc diffusion ทั้งแบบส่วนสารน้ำและแบบผงแห้ง จากลูกประคบสมุนไพร

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของลูกประคบสมุนไพรไทยจากกลุ่มวิสาหกิจสมุนไพรในจังหวัดร้อยเอ็ด ด้วยวิธี disc diffusion ทั้งแบบส่วนสารน้ำและแบบผงแห้ง จากลูกประคบสมุนไพร

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบประเมินฤทธิ์ของลูกประคบสมุนไพรไทย จำนวน 14 ตัวอย่าง กับ เชื้อแบคทีเรียประจำถิ่นผิวหนังและเชื้อจากสิ่งแวดล้อม ดังนี้ กลุ่มแกรมบวก 2 strains คือ *Staphylococcus aureus* และ coagulase-negative *Staphylococcus* (CNS) กลุ่มแกรมลบ 4 strains คือ *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, และ *Proteus mirabilis* ทำการทดสอบด้วยวิธี disc diffusion test การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อ (Minimum Inhibitory Concentration; MIC) และ การหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าเชื้อ (Minimum Bactericidal Concentration; MBC) ด้วย broth dilution test โดยใช้สารน้ำและผงแห้งจากสารน้ำที่ ออกมาจากห่อผ้าของลูกประคบสมุนไพร

### กลุ่มตัวอย่างลูกประคบสมุนไพร

สุ่มเก็บตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรจากกลุ่มวิสาหกิจประกอบการลูกประคบสมุนไพรในพื้นที่จังหวัด ร้อยเอ็ด จำนวน 14 ตัวอย่าง จากอำเภอต่างๆ ดังนี้ อำเภอเมือง 1 ตัวอย่าง (MU1) อำเภอศรีสมเด็จ 1 ตัวอย่าง (SS1) อำเภอสว่างแดนดิน 2 ตัวอย่าง (SP1 และ SP2) อำเภอเมืองสรวง 3 ตัวอย่าง (MS1 MS2 และ MS3) อำเภอโพนทอง 3 ตัวอย่าง (PT1 PT2 และ PT3) อำเภอเสลภูมิ 2 ตัวอย่าง (SL1 และ SL2) อำเภอธวัชบุรี 1 ตัวอย่าง (TB1) และอำเภอเมยวดี 1 ตัวอย่าง (MD1)

### แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบ

เชื้อ *S. aureus*, CNS, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *A. baumannii* และ *P. mirabilis* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ มาตรฐาน ATCC ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา วิทยาลัย แพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี นำเชื้อที่ได้เลี้ยงในอาหาร blood agar เพื่อให้ เชื้อทดสอบเจริญเติบโตได้ดีทั้งกลุ่ม Gram positive และ Gram negative บ่มในตู้บ่มเพาะเชื้อ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเลือกถ่าย โคโลนี เลี้ยงใน trypticase soy broth (Hardy Diagnostics Criterion, Santa Maria, USA) แล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อที่ตู้บ่มเพาะเชื้อ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และปรับความขุ่นให้ได้เท่ากับ McFarland No. 0.5 (ประมาณ  $10^8$  CFU/ml) นำไปทดสอบการ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี disc diffusion test และ broth dilution test ในขั้นตอนต่อไปการเตรียมสาร ทดสอบจากลูกประคบสมุนไพร

ทำการเตรียมสารทดสอบจากลูกประคบสมุนไพรโดยทำการเตรียมเป็นสารน้ำที่สกัดออกจากห่อ ผ้าของลูก ประคบสมุนไพร แล้วนำมาทำเป็นสารทดสอบแบบน้ำและแบบแห้ง มีวิธีการดังนี้ นำตัวอย่าง ลูกประคบสมุนไพรมาล้างในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้สมุนไพรในลูก ประคบออกจากเนื้อไม้หรือใบไม้ จากนั้นนำน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ จำนวน 1000 มิลลิลิตร ใส่ลงใน ปีกเกอร์ และต้มให้เดือด นำตัวอย่างลูกประคบ สมุนไพรมาล้างในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที แล้วเอา

ส่วนใสที่เหลือจากการต้มประมาณ 850 มิลลิลิตร โดยใช้ 350 มิลลิลิตร เพื่อทำการทดสอบ disc diffusion และ broth dilution test และ 500 มิลลิลิตร สำหรับเตรียม เป็นผงแห้ง การทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของลูกประคบสมุนไพรเบื้องต้นด้วยวิธี disc diffusion

ทดสอบตามวิธีมาตรฐานที่อ้างในคลินิกและห้องปฏิบัติการมาตรฐานสถาบัน CLSI ดังนี้ นำสารน้ำมาหยดลงในแผ่นกระดาษ Whatman No.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (Whatman™) จำนวน 40 ไมโครลิตร ในตู้ปราศจากเชื้อ ปล่อยให้ส่วนใสซึมลงในแผ่นกระดาษจนกว่าจะแห้ง ใช้ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อแบคทีเรียทดสอบที่ปรับความชื้นแล้ว จุ่มเชื้อ และป้ายลงบนอาหาร Mueller Hinton agar (Hardy Diagnostics) นำแผ่นกระดาษ Whatman ที่มีสารน้ำของลูกประคบสมุนไพรวางลงบนจานอาหาร Mueller Hinton agar ที่ป้ายเชื้อทดสอบ แล้วนำไปบ่ม 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอ่านผลโดยวัดขนาดบริเวณโซนใสรอบๆ แผ่นกระดาษ Whatman (inhibition zone) เทียบบริเวณยับยั้งที่เกิดขึ้นกับกลุ่มควบคุมซึ่งควบคุมคุณภาพการทดลองโดยทดสอบเชื้อ *S. aureus* ATCC25923 ด้วยยา ampicillin disc และ *P. aeruginosa* ATCC27853 ทดสอบด้วยยา ceftazidime และ ceftriaxone ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง และคำนวณหาค่าเฉลี่ยของบริเวณการยับยั้งของสารทดสอบ ในรูป  $\bar{X} \pm S.D.$

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบในรูปแบบสารน้ำของลูกประคบสมุนไพรที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบในรูปแบบสารน้ำของลูกประคบสมุนไพรที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ด้วย broth dilution test

นำส่วนใสในแต่ละตัวอย่างลูกประคบ มาเจือจางแบบ two fold dilution โดย เริ่มจากสารใส แต่ละตัวอย่างลูกประคบตั้งต้น 200 มิลลิลิตร (% ปริมาตร/ปริมาตร) และเจือจางด้วย Muller Hinton broth จาก undilute 1:2 1:4 1:8 1:16 1:32 1:64 และ 1:128 ตามลำดับ เมื่อเจือจางส่วนใสเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดสอบกับเชื้อ โดยนำเชื้อต่างๆ ที่เตรียมให้มีความเข้มข้นสุดท้าย  $1 \times 10^6$  CFU/ml ปิเปตมา 10 ไมโครลิตร แล้วเติมลงในหลอดทดลอง ที่เจือจางความเข้มข้นของส่วนใสจากลูกประคบ จนครบทุกความเข้มข้น นำไปบ่ม 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอ่านผลโดยสังเกตความขุ่นของ broth โดยหลอดสุดท้ายที่ไม่ขุ่น (ใส) แสดงว่าไม่มีเชื้อเจริญให้อ่านค่าเป็นค่า MIC จากนั้นนำหลอดที่ไม่ขุ่น มาทดสอบ MBC โดยการดูดสารละลายมา 0.1 มิลลิลิตร นำมา spread ลงบน Muller Hinton agar และสังเกตการเจริญของเชื้อบน Muller Hinton agar และสังเกตการณ์เจริญของเชื้อบน Muller Hinton agar อ่านผลโดยสังเกตโคโลนีการเจริญของเชื้อบนอาหาร Muller Hinton agar โดยความเข้มข้นสุดท้ายใดที่ไม่พบโคโลนีเชื้อบนอาหารทดสอบ แสดงว่าไม่มีเชื้อเจริญให้อ่านค่าเป็น MBC

## การหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบในรูปแบบผงแห้งของลูกประคบสมุนไพรที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และ การหาความเข้มข้นต่ำสุด

นำผงแห้งในแต่ละตัวอย่างจำนวน 100 มิลลิกรัม ละลายน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 10 มิลลิลิตร มาเจือจางแบบ two fold dilution และเจือจางด้วย Muller Hinton broth จาก undilute 1:2 1:4 1:8 1:16 1:32 1:64 และ 1:128 เมื่อเจือจางแล้วทำการทดสอบกับเชื้อ โดยให้นำเชื้อต่างๆ ที่เตรียมให้มีความเข้มข้นสุดท้าย  $1 \times 10^6$  CFU/ml ปิเปตมา 10 ไมโครลิตร แล้วเติมลงในหลอดทดลอง ที่เจือจางความเข้มข้นของส่วนใสจากลูกประคบ จนครบทุกความเข้มข้น นำไปบ่ม 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และอ่านผลโดยสังเกตความขุ่นของ broth โดยหลอดสุดท้ายที่ไม่ขุ่น (ใส) แสดงว่าไม่มีเชื้อเจริญให้อ่านค่า MIC จากนั้นนำหลอดที่ไม่ขุ่นมาทดสอบหาค่า MBC โดยการดูดสารละลายมา 0.1 มิลลิลิตร นำมา spread ลงบน Muller Hinton agar และสังเกตการเจริญของเชื้อบน Muller Hinton agar อ่านผลโดยสังเกตโคโลนีการเจริญของเชื้อบนอาหาร Muller Hinton agar โดยความเข้มข้นสุดท้ายใดที่ไม่พบโคโลนีเชื้อบนอาหารทดสอบ แสดงว่าไม่มีเชื้อเจริญให้อ่านค่าเป็นค่า MBC

### การวิเคราะห์ข้อมูล

รายงานผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในรูปแบบของค่าเฉลี่ย  $\pm$ S.D.(  $\bar{X} \pm$ S.D.) ของบริเวณการยับยั้งด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### ผลการปริมาณผงแห้งของตัวอย่างลูกประคบสมุนไพร

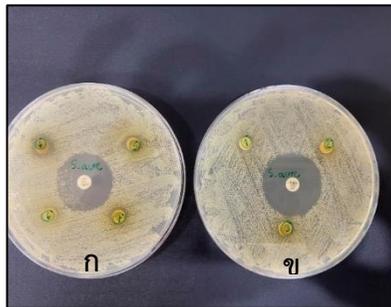
ผลการทดสอบพบว่า % lyophilized (mg/ml) ของปริมาณผงแห้งของตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรจากตัวอย่างหมายเลข SL1 PT3 และ TB1มากที่สุดตามลำดับ ซึ่งเป็นไปได้ว่าชนิดสมุนไพรที่ใส่ในลูกประคบมีความแตกต่างกัน บางชนิดละลายน้ำได้ดี หรือละลายในแอลกอฮอล์ได้ดีเมื่อนำไปต้มและทำผงแห้งจึงได้ปริมาณที่แตกต่างกัน และผลการทดสอบกับเชื้อก็ให้ผลสอดคล้องกันกับการนำส่วนใสมาทดสอบ

### ตารางที่ 1 ปริมาณผงแห้งของตัวอย่างลูกประคบสมุนไพร

หมายเลข (รหัสตัวอย่าง)	น้ำหนักแห้ง (g)	% lyophilized (mg/ml)	หมายเลข	น้ำหนักแห้ง (g)	% lyophilized (mg/ml)
1 (MU1)	0.0369	7.38	8 (PT1)	0.7422	148.44
2 (SS1)	0.2998	59.96	9 (PT2)	0.0185	3.70
3 (SP1)	0.2875	57.5	10 (PT3)	1.1377	227.54
4 (SP2)	0.2543	50.86	11 (SL1)	2.3132	462.64
5 (MS1)	0.4384	87.68	12 (SL2)	0.8002	160.04
6 (MS2)	0.1189	23.78	13 (TB1)	1.0102	202.04
7 (MS3)	0.2648	52.96	14(MD1)	0.4078	81.56

### ผลการทดสอบฤทธิ์ของลูกประคบเบื้องต้น (screening test) ของลูกประคบสมุนไพรด้วยวิธี disc diffusion

ผลการทดสอบพบว่า สารทดสอบแบบสารน้ำจากลูกประคบสมุนไพร ทั้งหมด 14 ตัวอย่างมีเพียง SP2 มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* (ค่าเฉลี่ยบริเวณการยับยั้งเท่ากับ  $11 \pm S.D.$ ) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนเชื้ออื่นๆ ไม่พบบริเวณการยับยั้งเชื้อ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทดสอบฤทธิ์ของลูกประคบสมุนไพรเบื้องต้นด้วยวิธี disc diffusion ต่อเชื้อ *S. aureus* SP2 พบบริเวณการยับยั้งด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง 11 มิลลิเมตร ตัวอย่างหมายเลข 5-7 ไม่พบบริเวณการยับยั้งเชื้อ  
(1ก.) ตัวอย่าง MU1 SS1 และ SP1 (1ข.) ไม่พบบริเวณการยับยั้งเชื้อ

### ผลการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สารทดสอบในรูปแบบสารน้ำของลูกประคบสมุนไพรที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และ การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบในรูปแบบสารน้ำของลูกประคบสมุนไพรที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ด้วย broth dilution test

จากการทดสอบหาค่า MIC และ MBC ของสารทดสอบแบบสารน้ำ จากตัวอย่างลูกประคบทั้ง 14 ตัวอย่าง พบว่า สารทดสอบแบบสารน้ำทั้ง 14 ตัวอย่าง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ดีที่สุดในขณะที่เชื้อแบคทีเรียอื่นทดสอบสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้เพียงบางชนิด โดยในกลุ่มเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกพบว่า สารทดสอบแบบสารน้ำให้ค่า MIC ที่ดีที่สุดคือ ระดับการเจือจาง 1: 16 (6.25 % v/v) โดยที่ระดับความเจือจางดังกล่าว SS1 ยับยั้ง *S. aureus* ในขณะที่เชื้อแบคทีเรีย CNS ถูกยับยั้งโดยสารทดสอบแบบสารน้ำ MS1 ส่วนเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มแกรมลบ พบว่า สารทดสอบแบบสารน้ำให้ค่า MIC ที่ดีที่สุด คือระดับการเจือจางที่ 1:8 (12.5 % v/v) โดยที่ระดับความเจือจางดังกล่าว SP2 ยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุดใน รองลงมาคือที่ระดับการเจือจางที่ 1:4 (25 % v/v) ของ SL2 สามารถยับยั้งเชื้อ *P. mirabilis* และในขณะที่เชื้ออื่นระดับการเจือจางที่ดีที่สุดอยู่ที่ระดับ 1:2 (50 % v/v) ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2A

สำหรับค่า MBC ที่ดีที่สุดของสารทดสอบแบบสารน้ำอยู่ที่ระดับเจือจางที่ 1:2 (5 mg/ml) ที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้เกือบทุกชนิด (*S. aureus*, CNS, *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *P. mirabilis*) ยกเว้น *A. baumannii* ให้ค่า MBC ที่ระดับเจือจางที่ undiluted (10 mg/ml) โดยสารทดสอบที่ให้ผลดีที่สุด คือสารทดสอบแบบสารน้ำจาก SL2 ส่วนตัวอย่างอื่นๆ ส่วนมากไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2A)

**ผลการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบในรูปแบบผงแห้งของลูกประคบสมุนไพรที่ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารทดสอบในรูปแบบผงแห้งของลูกประคบสมุนไพรที่ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ด้วย broth dilution test**

จากการทดสอบหาค่า MIC และ MBC ของสารทดสอบแบบผงแห้งจากตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรทั้ง 14 ตัวอย่าง พบว่า สารทดสอบแบบผงแห้งทั้ง 14 ตัวอย่าง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ทุกชนิด โดยยับยั้งเชื้อกลุ่มแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบ โดยตัวอย่างสารทดสอบแบบผงแห้ง MU1 ให้ค่า MIC ดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกลุ่มแกรมบวก (*S. aureus* และ CNS) ให้ค่า MIC = 0.92 mg/ml ในขณะที่เชื้อแบคทีเรียกลุ่มแกรมลบให้ค่า MIC ดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 3.69 mg/ml ต่อการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *P. mirabilis* รองลงมาคือ สารทดสอบแบบผงแห้ง SP2 PT3 และ SL2 ให้ผลการยับยั้งที่ระดับความเข้มข้น 3.69 mg/ml ต่อเชื้อ *S. aureus* CNS และ *E. coli* ส่วนสารทดสอบแบบผงแห้งตัวอย่างอื่นๆ ส่วนใหญ่ให้ผลการยับยั้งที่ระดับความเข้มข้น 5 – 10 mg/ml ต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 2B)

สำหรับค่า MBC ของสารทดสอบแบบแห้ง พบว่า ค่า MBC ที่ดีที่สุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 3.69 mg/ml ของสารทดสอบแบบผงแห้ง MU1 ในการฆ่าเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุดใน รองลงมา คือสารทดสอบแบบผงแห้ง SL2 สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบทั้งกลุ่มแกรมบวกและแกรมลบได้ และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของสารทดสอบแบบผงแห้ง 14 ตัวอย่างในการออกฤทธิ์ยับยั้งและฆ่าเชื้อที่ดีที่สุด พบว่า สารทดสอบแบบผงแห้ง SL2 สามารถยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ทุกชนิด โดยให้ค่า MIC อยู่ระหว่าง 2.5 – 10 mg/ml ส่วนค่า MBC อยู่ในช่วงระหว่าง 5 – 10 mg/ml ส่วนตัวอย่างอื่นๆ ให้ผลการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้เพียงบางชนิด (ตารางที่ 3)

ดังนั้นจากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงว่าสารทดสอบในรูปแบบสารน้ำและแห้งจากตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรที่เก็บจากกลุ่มวิสาหกิจสมุนไพรในจังหวัดร้อยเอ็ดที่นำมาศึกษาทั้ง 14 ตัวอย่าง พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งกลุ่มแกรมบวกและกลุ่มแกรมลบ โดยฤทธิ์ส่วนใหญ่ทั้งสารทดสอบในแบบสารน้ำและผงแห้งให้ผลการยับยั้งเชื้อในกลุ่มแกรมบวกดีที่สุดโดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* รองลงมาคือ CNS และกลุ่มแกรมลบชนิด *E. coli*, *P. aeruginosa* และ *P. mirabilis* ซึ่งฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อที่แตกต่างกันขึ้นกับองค์ประกอบที่เป็นส่วนประกอบในการทำลูกประคบในแต่ละตัวอย่าง

**ตารางที่ 2 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สารทดสอบแบบสารน้ำของลูกประคบสมุนไพรที่ยับยั้งเชื้อและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้**

เชื้อ	ตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรหมายเลข/ความเข้มข้นต่ำสุดที่สารทดสอบแบบสารน้ำของลูกประคบยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>S. aureus</i>	1:2	1:2	1:2	1:8	1:4	1:4	1:4	1:2	1:4	1:2	undi	1:16	1:2	1:2
CNS	1:4	1:2	No	No	1:16	1:8	1:4	1:2	undi	1:2	1:2	1:4	1:2	1:4
<i>E. coli</i>	undi	undi	undi	1:8	undi	1:4	1:2	1:4	undi	1:2	undi	1:4	undi	undi
<i>P.aeruginosa</i>	undi	undi	undi	undi	1:2	undi	undi	undi	undi	undi	undi	1:2	undi	undi
<i>A. baumannii</i>	undi	undi	No	No	1:2	1:2	1:2	undi	undi	undi	No	1:2	undi	undi
<i>P. mirabilis</i>	undi	undi	undi	No	1:2	undi	1:2	1:2	undi	1:2	1:4	1:4	1:2	1:2

เชื้อ	ตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรหมายเลข/ความเข้มข้นต่ำสุดที่สารทดสอบแบบสารน้ำของลูกประคบฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>S. aureus</i>	undi	undi	No	undi	No	undi	undi	No	undi	undi	No	1:2	No	undi
CNS	No	No	No	No	No	No	No	No	undi	undi	undi	1:2	undi	undi
<i>E. coli</i>	No	undi	No	undi	No	undi	No	No	No	No	undi	1:2	undi	No
<i>P.aeruginosa</i>	No	No	No	No	No	No	No	No	undi	undi	undi	1:2	undi	undi
<i>A. baumannii</i>	No	No	No	No	No	No	No	No	undi	1:2	No	Undi	undi	undi
<i>P. mirabilis</i>	No	undi	No	No	No	No	No	No	undi	undi	1:2	1:2	undi	undi

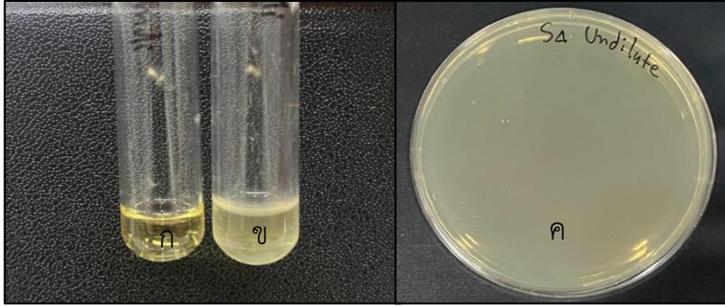
หมายเหตุ: undi: undilute สารทดสอบแบบสารน้ำของลูกประคบไม่ได้เจือจาง, No: ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้ง/ฆ่าเชื้อ CNS: coagulase-negative *Staphylococcus*

**ตารางที่ 3 ความเข้มข้นต่ำสุดสารทดสอบแบบผงแห้งของลูกประคบสมุนไพรที่ยับยั้งเชื้อและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้**

เชื้อ	ตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรหมายเลข/ความเข้มข้นต่ำสุดของผงแห้งของลูกประคบสมุนไพรยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ (mg)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>S. aureus</i>	0.92	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	10	10	10	10	10	10	10
CNS	0.92	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	10	2.5	2.5	2.5	2.5
<i>E. coli</i>	10	10	10	2.5	10	5	10	5	10	2.5	10	2.5	10	10
<i>P.aeruginosa</i>	3.69	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>A. baumannii</i>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>P. mirabilis</i>	3.69	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

เชื้อ	ตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรหมายเลข/ความเข้มข้นต่ำสุดที่สารทดสอบแบบสารผงแห้งของลูกประคบสมุนไพรฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (mg)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>S. aureus</i>	3.69	5	No	10	No	10	5	No	10	10	No	10	No	10
CNS	No	No	No	No	No	No	No	No	10	10	10	5	10	10
<i>E. coli</i>	No	10	No	5	No	10	No	No	No	No	10	5	10	No
<i>P.aeruginosa</i>	No	10	No	No	No	No	No	No	10	10	10	10	10	10
<i>A. baumannii</i>	No	No	No	No	No	No	No	No	10	10	No	10	10	10
<i>P. mirabilis</i>	No	10	No	No	No	No	No	No	10	10	10	10	10	10



## ภาพที่ 2 การหาค่า MC และ MBC ค่า MIC ของสารทดสอบจากตัวอย่างลูกประคบสมุนไพร

- (A) ค่า MIC ของตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรแบบสารน้ำ/แบบสารแห้งของตัวอย่าง SL2 ค่าความเจือจาง 1:4 (ความเข้มข้น 25% v/v) ต่อการเจริญของเชื้อ *E. coli* (2ก.) หลอดควบคุมบวกเพื่อหาค่า MIC โดยใช้เชื้อสายพันธุ์อ้างอิง *E. coli* ATCC25922 (2ข.) และ
- (B) ค่า MBC ของลูกประคบสมุนไพร SP2 ที่ระดับความเข้มข้นไม่เจือจาง ทดสอบกับเชื้อสายพันธุ์อ้างอิง *S. aureus* ATCC 25923 (2ค.)

ลูกประคบสมุนไพรไทย ทำจากสมุนไพรหลายชนิดที่มีฤทธิ์ต่างๆ เพื่อบรรเทาอาการปวดเมื่อยลดการติดขัดของข้อ อาการบวมจากการอักเสบของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค จากการศึกษาพบว่า ขมิ้นชัน ตะไคร้บ้าน ผิวมะกรูด ใบมะกรูด เหง้าไพล และยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นสมุนไพรส่วนใหญ่ที่นิยมนำมาทำลูกประคบ จะออกฤทธิ์ได้ดีในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สารสกัดจะได้มาจากการสกัดด้วย 95% เอทานอล ทำให้ได้สารสำคัญที่มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* (Pimson et al., 2018; Samappito et al., 2017) แต่จากการศึกษาลูกประคบสมุนไพร จำนวน 14 ตัวอย่าง จากกลุ่มวิสาหกิจสมุนไพร จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นการนำน้ำส่วนใสจากตัวอย่างลูกประคบสมุนไพรมาทดสอบด้วยวิธี standard disc diffusion พบว่า มีเพียง SP2 มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* (ค่าเฉลี่ยบริเวณการยับยั้งเท่ากับ  $11 \pm S.D.$ ) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนเชื้ออื่นๆ ไม่พบบริเวณการยับยั้งเชื้อ ซึ่งเป็นไปได้ว่าการนี้และต้มแม้ว่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สามารถละลายน้ำและทนความร้อนได้ดี แต่สารสำคัญก็ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยเฉพาะสมุนไพรที่มีสารระเหยง่าย ควรใช้ฉุนหมมิไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส (Neelapong et al., 2019)

แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ต้องการทราบฤทธิ์ของลูกประคบสมุนไพรให้ตรงกับสภาพจริงในการใช้งาน จึงทำให้ขั้นตอนในการเตรียมสารสกัดมาใช้ในการทดสอบไม่ได้สารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อมากพอ แต่เมื่อนำตัวอย่างจากสารทดสอบแบบสารน้ำของลูกประคบทั้ง 14 ตัวอย่างโดยใช้ปริมาณสูงสุดมากถึง 200 มิลลิลิตร มาทำการทดสอบด้วยวิธี broth dilution เพื่อหาความเข้มข้นของสารทดสอบแบบสารน้ำที่เจือจางต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ พบว่าสารทดสอบแบบสารน้ำทั้ง 14

ตัวอย่าง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยในกลุ่มเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกพบว่าการทดสอบแบบสารน้ำให้ค่า MIC ที่ดีที่สุดคือ ระดับการเจือจาง 1: 16 (6.25 %v/v) โดยที่ระดับความเจือจางดังกล่าว SS1 ยับยั้ง *S. aureus* ในขณะที่เชื้อแบคทีเรีย CNS ถูกยับยั้งโดยสารทดสอบแบบสารน้ำ MS1 ส่วนเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มแกรมลบ พบว่า การทดสอบแบบสารน้ำให้ค่า MIC ที่ดีที่สุด คือระดับการเจือจางที่ 1:8 (12.5 %v/v) โดยที่ระดับความเจือจางดังกล่าว SP1 ยับยั้งเชื้อ *E.coli* ได้ดีที่สุด รองลงมาคือที่ระดับการเจือจางที่ 1:4 (25 %v/v) ของ SL2 สามารถยับยั้งเชื้อ *P. mirabilis* และในขณะที่เชื้ออื่นระดับการเจือจางที่ดีที่สุดอยู่ที่ระดับ 1:2 (50 %v/v)

สำหรับค่า MBC ที่ดีที่สุดของสารทดสอบแบบสารน้ำอยู่ที่ระดับเจือจางที่ 1:2 (5 mg/ml) ที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้เกือบทุกชนิด ยกเว้น *A. baumannii* ให้ค่า MBC ที่ระดับเจือจางที่ undiluted (10 mg/ml) โดยสารทดสอบที่ให้ผลดีที่สุด คือสารทดสอบแบบสารน้ำจาก SL2 ส่วนตัวอย่างอื่นๆ ส่วนมากไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้

ซึ่งผลการทดสอบฤทธิ์ดังกล่าวก็สอดคล้องกับการนำสารทดสอบแบบผงแห้งไปทดสอบ พบว่า สารทดสอบเชื้อกลุ่มแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบ โดยตัวอย่างสารทดสอบแบบผงแห้งจากตัวอย่างที่ 1 ให้ค่า MIC ดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกลุ่มแกรมบวก (*S. aureus* และ CNS) ให้ค่า MIC = 0.92 mg/ml ในขณะที่เชื้อแบคทีเรียกลุ่มแกรมลบให้ค่า MIC ดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 3.69 mg/ml ต่อการยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* และ *P. mirabilis* รองลงมาคือ สารทดสอบแบบผงแห้งจาก SP2 PT3 และ SL2 ให้ผลการยับยั้งที่ระดับความเข้มข้น 3.69 mg/ml ต่อเชื้อ *S. aureus* CNS และ *E.coli* ส่วนสารทดสอบแบบผงแห้งตัวอย่างอื่น ๆ ส่วนใหญ่ให้ผลการยับยั้งที่ระดับความเข้มข้น 5 – 10 mg/ml ต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ เป็นไปได้ว่าส่วนประกอบในลูกประคบน่าจะมี ขมิ้นชัน เหน่าไพล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (Pimson et al., 2018)

สำหรับค่า MBC ของสารทดสอบแบบแห้ง พบว่า ค่า MBC ที่ดีที่สุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้น 3.69 mg/ml ของสารทดสอบแบบผงแห้งจากตัวอย่างที่ 1 ในการฆ่าเชื้อ *S. aureus* ได้ดีที่สุด รองลงมา คือสารทดสอบแบบผงแห้ง SL2 สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบทั้งกลุ่มแกรมบวกและแกรมลบได้ และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของสารทดสอบแบบผงแห้งทั้ง 14 ตัวอย่างในการออกฤทธิ์ยับยั้งและฆ่าเชื้อดีที่สุด พบว่า สารทดสอบแบบผงแห้ง SL2 สามารถยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ทุกชนิด โดยให้ค่า MIC อยู่ระหว่าง 2.5 – 10 mg/ml ส่วนค่า MBC อยู่ในช่วงระหว่าง 5–10 mg/ml ส่วนตัวอย่างอื่นๆ ให้ผลการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้เพียงบางชนิด ซึ่งเป็นไปได้ว่าตัวอย่างลูกประคบที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *E. coli* *P. mirabilis* และ *A. baumannii* น่าจะมีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (Wichantuk et al., 2019) ส่วนตัวอย่างลูกประคบที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *E. coli* และ *P. aeruginosa* ก็น่าจะมีส่วนผสมของขมิ้นชัน (Khumkhomkhet et al., 2017)

นอกจากนี้ จาก %lyophilized (mg/ml) ของปริมาณผงแห้งของตัวอย่างลูกประคบสมุนไพร จาก SL1 PT3 และ TB1 มากที่สุดตามลำดับ ซึ่งเป็นไปได้ว่าชนิดสมุนไพรที่ใส่ในลูกประคบมีความแตกต่างกัน บางชนิดละลายน้ำได้ดี หรือละลายในแอลกอฮอล์ได้ดีเมื่อนำไปต้มและทำผงแห้งจึงได้ปริมาณที่แตกต่างกัน และผลการทดสอบกับเชื้อก็ให้ผลสอดคล้องกันกับการนำส่วนใส่มาทดสอบ

จะเห็นว่าเมื่อนำผงแห้งมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งและการฆ่าเชื้อได้มากกว่าการทดสอบด้วย ส่วนใส่ที่ได้จากการต้ม เนื่องจากปริมาณสารสกัดที่ใช้ในการทดสอบมีความเข้มข้นมากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการนำลูกประคบมาทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธีการนี้และต้ม เพื่อให้ใกล้เคียงกับวิธีการนำลูกประคบมาใช้จริง อาจไม่ได้สาระสำคัญที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อได้ครบทุกสมุนไพรที่มีในลูกประคบ เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเพื่อให้ทราบฤทธิ์ของการใช้ลูกประคบว่ามีบทบาทในการยับยั้งแบคทีเรียเท่านั้น

### สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษานี้ก็เป็นไปได้ว่าลูกประคบที่นำมาศึกษาน่าจะมีส่วนประกอบของ ขมิ้นชัน เหง้าไพล ยูคาลิปตัส ตะไคร้หอม ผิวมะกรูด ใบมะกรูด ลูกประคบสมุนไพรเมื่อนำมาต้มและต้มยั้งคงมีฤทธิ์ในการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้บางชนิด โดยเฉพาะแบคทีเรียที่พบเป็นเชื้อประจำถิ่นผิวหนัง เช่น *S. aureus* ตัวอย่างลูกประคบ SL2 มีฤทธิ์ในการยับยั้งและฆ่าเชื้อที่ใช้ในการทดสอบได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการใช้ลูกประคบเพื่อบรรเทาอาการปวดเมื่อย ลดการติดเชื้อของข้อ และอาการบวมจากการอักเสบของกล้ามเนื้อไม่ควรนำมาใช้ประคบเพื่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่บริเวณผิวหนัง แม้ว่าจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อดังกล่าวก็ตาม

ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษานี้ทำให้ทราบว่าลูกประคบสมุนไพรไทยมีส่วนประกอบของสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่เป็นเชื้อประจำถิ่นผิวหนัง

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณ ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมของสำนักงานวิจัยแห่งชาติปี 2564

### เอกสารอ้างอิง

- Changtam, C. (2015) Usefulness and various biological activities of *Curcuma longa* L. *Huachiew Chalermprakiet Sci Technol J*, 1(2), 1-16.
- Chiranthanut, N., Hanprasertpong, N., & Teekachunhatean, S. (2014) Thai massage and Thai herbal compress versus oral ibuprofen in symptomatic treatment of

osteoarthritis of the knee: a randomized controlled trial. *Biomed Res Int.*, 2014, 490512. DOI:10.1155/2014/490512

Khumkhomkhet, P., & Pholdaeng, K. (2017). *Surver and bioactivity studies on medicinal plants in the Ko Kaeo subdistrict, Selaphum district, Roi Et province.* (1975-1800. RMU GRC). Rajabhatt Maha-Sarakham University.

Neelapong, W., Phonyotin, B., & Sittikijyothin, W. (2019) Extraction of active compounds from Thai herbs: powder and extract. *The journal of KMUTNB*, 29(1), 157-166.

Pimson, C., Parakhan, N., Nantapet, P., Thammassiri, J., Chanutsa, N., & Chopjitt, P. (2018) The treatment of *Curcuma longa* on rabbit dermatitis. *Chiang Mai Veterinary Journal*, 16(1), 1-13.

Samappito, W., Samappito, S., & Butkhup, L. (2017) Antibacterial activity of peel extracted from Mangosteen (*Garcinia Mangostana* Linn.) and Phlai (*Zingiber Montanum* Koenig) root extracted and phlai oil. *J Sci Technol MSU*, 36(1), 53-60.

Wichantu, P., & Tangwattanachuleeporn, M. (2019) Antimicrobial activity of Eucalyptus essential oil. *Thammasat Medical Journal*, 19(1), 79-89.

การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นธูปฤๅษี  
Development of Compressed Biomass Fuel from  
*Typha angustifolia* L.

ชาญจิต วรรณนุรักษ์\*

Chanchajit Wannurak\*

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

Dhonburi Rajabhat University

\*Corresponding author. E-mail: chanchajit.w@dru.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากต้นธูปฤๅษีซึ่งเป็นส่วนผสมหลักมาผสมกับกะลามะพร้าวในอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักที่ 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 และ 20:80 มีขั้นตอนคือจัดหาวัตถุดิบ เผาอบวัตถุดิบให้เป็นถ่าน บดให้ละเอียด โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในการผสมถ่าน จากนั้นนำผงถ่านเข้าเครื่องอัดแท่งและตากแดด โดยทำการอัดแท่งถ่านให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกลวง 1 เซนติเมตร ความยาว 12 เซนติเมตร ให้ถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอกมี 6 ครีบริอบด้าน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และมีการทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) ทดสอบปริมาณค่าความชื้น ค่าคาร์บอนคงตัว ปริมาณสารที่ระเหยได้ เถ้า และค่าความร้อนผลการทดสอบพบว่าถ่านเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นธูปฤๅษีผสมกับกะลามะพร้าวในอัตราส่วน 20:80 (ต้นธูปฤๅษี 20% ต่อกะลามะพร้าว 80%) มีค่าความชื้นร้อยละ  $2.70 \pm 0.28$  เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ที่ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อน  $6,817.71 \pm 2.26$  แคลอรีต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม นอกจากนี้ยังมีค่าคาร์บอนคงตัวได้ร้อยละ  $46.88 \pm 1.33$  ปริมาณสารที่ระเหยได้ร้อยละ  $27.76 \pm 0.87$  และ เถ้าได้ร้อยละ  $22.66 \pm 0.46$  ที่วัดได้ ส่วนถ่านเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นธูปฤๅษีในอัตราส่วนผสมในอัตราส่วนผสมอื่นๆ ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง ต้นธูปฤๅษี กะลามะพร้าว.

## Abstract

This research studied the production of charcoal briquette by mixing the coconut shell, which was a main ingredient with coconut shell at the mixing ration by mass of 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, and 20:80. There is a procedure that is to supply raw materials. Raw materials burning to charcoal. Finely grind, using tapioca starch as a binder in the charcoal mixture and sun drying. The charcoal briquette's hold diameter was 1 centimeter and its length was 12 centimeter. The shape of charcoal briquette was a cylinder with 6 fins. The diameter of charcoal briquette was 5 centimeter. The heating value of briquette were analyzed according to ASTM to be in accordance with thai community product standard as well as moisture content, fixed carbon, volatile matter, ash and the heating value were tested. The test result revealed that charcoal briquette from cattail mixed with coconut shell in a ratio by mass of 20:80 (20% cattail per 80% coconut shell) had a moisture content of  $2.70 \pm 0.28$  percent, meeting the charcoal thai community product standard, where moisture content must not exceed 8 percent by weight. And has a heating value of  $6,817.71 \pm 2.26$  cal/g which higher than thai community product standard defined as charcoal briquette must have calorific value of not less than 5,000 cal/g. There is also fixed carbon value  $46.88 \pm 1.33$  percent, volatile matter  $27.76 \pm 0.87$  percent and ash  $22.66 \pm 0.46$  percent measurable. Other ingredients ratio of Biomass fuel from Cattail does not in accordance with thai community product standard.

**Keywords:** Briquette Fuel, Cattail, Coconut Shell.

## บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศถึงร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดิบ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีการใช้อย่างมีประสิทธิภาพและพอเพียงต่อความต้องการ ซึ่งในขณะที่เกิดวิกฤติการณ์น้ำมันมีราคาสูง และก๊าซหุงต้มมีราคาที่แพงขึ้น การเลือกใช้พลังงานหมุนเวียน พลังงานทดแทน พลังงานชีวภาพหรือพลังงานชีวมวลก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ มีแหล่งพลังงานอยู่ในประเทศไทย มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อย สามารถพัฒนาให้มีศักยภาพสูง และสร้างความเชื่อมั่นกับการใช้พลังงานภายในประเทศได้ ซึ่งประเทศไทยถือได้ว่าประชากรส่วนใหญ่อยู่ในภาค

เกษตรกรรม มีการเพาะปลูกพืชหลากหลายชนิดในแต่ละพื้นที่ตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละภาคที่ในแต่ละปีจะมีเศษวัสดุเหลือจากการเก็บเกี่ยวหรือจากการแปรรูปทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เศษวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรนี้เรียกโดยรวมว่าชีวมวล ซึ่งพลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์ เช่น ต้นไม้ อ้อย มันสำปะหลัง ถ่านฟืนแกลบ วัชพืชต่างๆ แม้กระทั่ง ขยะและมูลสัตว์ หรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งผลผลิตจากการเกษตรและป่าไม้ ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่มีแนวโน้มมาแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลด้วยข้อดีของความอุดมสมบูรณ์ การต่ออายุสิ่งแวดล้อม ความเป็นมิตร เป็นต้น สิ่งนี้ทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีชีวมวลให้มีศักยภาพและน่าสนใจ (Gao et al., 2018) ชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรง บางชนิดต้องนำมาย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ ดังนั้นการคิดค้นและพัฒนาการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ จึงเป็นการแสวงหาหนทางใหม่ในการใช้พลังงานทดแทนในอนาคต ในขณะเดียวกันก็ต้องพยายามลดความสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานด้วยเช่นกัน การใช้พลังงานชีวมวลโดยผ่านกระบวนการที่ใช้ความร้อน จะเห็นได้ทั่วไปในลักษณะของการนำถ่านไม้ หรือฟืนมาจุดไฟ เพื่อให้เกิดความร้อนสำหรับนำไปใช้ในการหุงต้มอาหาร หรือประโยชน์ในด้านอื่นๆ การผลิตพลังงานชีวมวลมีทั้งในระดับอุตสาหกรรมและระดับชุมชนหรือครัวเรือน

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี สมุทรปราการ มีพื้นที่ 268 ไร่ 1 งาน 40 ตารางวา ตั้งอยู่ที่ซอยเทศบาลบางปู 119 ถนนสุขุมวิท ตำบลบางปลา อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ จัดตั้งเป็นศูนย์อุดมศึกษาสมุทรปราการ โดยมีวัตถุประสงค์จะให้ เป็นมหาวิทยาลัยของรัฐประจำจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งได้มีการพัฒนาพื้นที่ของมหาวิทยาลัยโดยการสร้างอาคารเรียนต่างๆ แต่ยังคงเหลือในส่วนของพื้นที่ที่ยังรอการพัฒนาอยู่ ซึ่งในพื้นที่ส่วนนี้ได้มีต้นรูปฤๅษี (กกช้าง) ขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งต้นรูปฤๅษีถือเป็นวัชพืชที่พบได้ทั่วไปตามทุกภูมิภาคของประเทศไทย มีการขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ต้นรูปฤๅษียอดอ่อนใช้รับประทานได้ ใบสามารถนำมาหมักหลังคา นำมาใช้ผลิตเครื่องจักรสานได้ นำมาผลิตเป็นกระดาษได้ (สุทธิสาร อนันตรัตนชัย, 2556) ดอกรูปฤๅษีสามารถใช้กำจัดคราบน้ำมันได้เป็นอย่างดี (รุ่งทิพย์ ลำดวล และคณะ, 2553) รวมถึงช่วยในการบำบัดน้ำเสียตามแหล่งน้ำต่างๆ ด้วย ต้นรูปฤๅษีสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในแง่ของพลังงานทดแทนฟืนและถ่านได้ โดยเฉพาะเป็นพลังงานเชื้อเพลิงราคาถูก และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำต้นรูปฤๅษีมาพัฒนาเป็นถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจึงมีความเป็นไปได้ในการผลิต โดยนำวัชพืชต้นรูปฤๅษีนำไปตากแดด หรือเข้าตู้อบให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปเผาในเตาให้ออกมาเป็นถ่าน เข้าเครื่องบดละเอียด และผสมคลุกเคล้ากับแป้งมันสำปะหลังให้เข้ากันให้ได้สัดส่วน และมีความชื้นที่พอเหมาะ นำไปอัดเป็นถ่านอัดแท่งเชื้อเพลิง ถ่านอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จะมีรูพรุนมาก จึงมีพื้นผิวสำหรับให้เผาไหม้มาก ทำให้จุดติดไฟได้ง่าย และให้ความร้อนสูงและจากรายงานผลการวิจัยของสำนักวิจัยและพัฒนาเรื่องมวลชีวภาพ

ของธูปฤๅษี และประสิทธิภาพในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งโดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ (กรมชลประทาน, 2554) ต้นธูปฤๅษีซึ่งเป็นวัชพืชสามารถนำมาทำเป็นถ่านอัดแท่งเชื้อเพลิงได้

ดังนั้นจากสถานการณ์ปัจจุบันและรายงานการวิจัยข้างต้นผู้วิจัยมองเห็นถึงการใช้ประโยชน์ จากศักยภาพของต้นธูปฤๅษีและลดปัญหาที่เกิดจากวัชพืช โดยเฉพาะต้นธูปฤๅษีที่มีจำนวนมากใน มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี สมุทรปราการ จึงมีความสนใจที่จะแปรรูปต้นธูปฤๅษีในรูปแบบของเชื้อเพลิง ชีวมวลอัดแท่ง แต่จากข้อเสนอแนะในงานวิจัยกล่าวว่าต้นธูปฤๅษีเป็นพืชที่ไม่มีเนื้อไม้เมื่อนำมาผลิตเป็น เชื้อเพลิงต้องใช้มวลจำนวนมาก ต้องใช้แรงงานในการช่วยเก็บเกี่ยว และเก็บเกี่ยวยากโดยเฉพาะในส่วน ที่อยู่ใต้น้ำ ขั้นตอนในการผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงหลายขั้นตอนเก็บรวบรวม ตากแห้ง บด และต้องใช้ตัว ประสานในปริมาณมาก เนื่องจากธูปฤๅษีมีเส้นใยหยาบและค่อนข้างแข็ง เมื่อนำไปใช้งานระยะเวลาติด ไฟสั้นไม่ถึง 1 ชั่วโมง ซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุน ลักษณะเช่นนี้ ควรนำต้นธูปฤๅษีไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ น่าจะเหมาะสมกว่า (กรมชลประทาน, 2554) จากข้อเสนอแนะผู้วิจัยเห็นว่าควรมีชีวมวลอื่นๆ มาทำการ ผสมกับต้นธูปฤๅษี เช่น มะพร้าวที่เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สามารถนำส่วนต่างๆ มาทำประโยชน์ได้ เกือบทุกส่วน ไม่ว่าจะเป็นลำต้นนำมาสร้างที่อยู่อาศัย ยอดมะพร้าวนำมาปรุงอาหาร ใบนำมาทำของใช้ เปลือกนอกผลมะพร้าวนำมาใช้ในด้านเกษตร เนื้อมะพร้าวใช้รับประทาน รวมถึงกะลามะพร้าวนำมา เป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรอง คุณภาพอย่างเป็นทางการและมีคุณสมบัติดีกว่าถ่านไม้ทั่วไป โดยสามารถให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอ และสูงกว่าถ่านไม้ถึง 2 เท่า มีเขี้ยวน้อย ไม่มีประกายไฟปะทุ ไม่มีควัน ไม่ก่อสารพิษจากการเผาไหม้ จึง ช่วยประหยัด ค่าใช้จ่าย สร้างรายได้ที่ดีให้กับชุมชน รวมถึงเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และช่วยลดปริมาณขยะให้น้อยลงด้วย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยมีความคิดที่จะนำกะลามะพร้าวมาเป็นส่วนผสม กับต้นธูปฤๅษีโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ซึ่งกะลามะพร้าวถือเป็นวัตถุดิบที่สำคัญนิยมนำมา ผลิตถ่านอัดแท่งกันมาก (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559 และ Yerizam, et al., 2013) เพื่อให้ได้ค่าเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) และนำมาอัดขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมสำหรับหุง ต้ม ซึ่งการนำเอาเชื้อเพลิงชีวมวลมาผสมกับเชื้อเพลิงอื่น (Biomass Mixing) เพื่อเป็นการเพิ่มคุณสมบัติ ด้านความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลด้วย (Arun et al., 1998)

### วิธีดำเนินการวิจัย

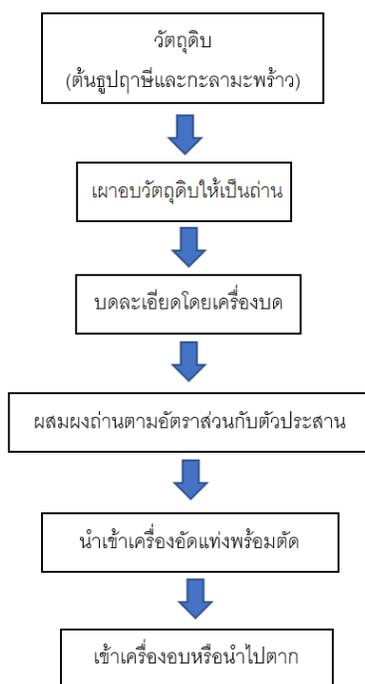
งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากต้นธูปฤๅษี โดยมีต้นธูปฤๅษีเป็น ส่วนประกอบหลัก มีกะลามะพร้าวเป็นส่วนผสม ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ ก็เพื่อพัฒนาผลิต เชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษีและหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษีที่

สร้างขึ้น รวมถึงเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษีตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน  
ถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษี
2. การหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษี
3. การเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลต้นธูปฤๅษีกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

#### การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษี

การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษี เป็นการศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการ  
ผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถ่านชีวมวล อัตราส่วนผสม  
วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล โดยมีรายละเอียดขั้นตอนกรรมวิธีการ  
ผลิตถ่านอัดแท่งชีวมวลต้นธูปฤๅษีดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตถ่านอัดแท่งชีวมวลต้นธูปฤๅษี

1. เตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.1 ต้นธูปฤๅษี โดยต้นธูปฤๅษีเป็นพืชที่ขึ้นเองตามธรรมชาติภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏ  
ธนบุรี สมุทรปราการ ถอน ตัดและทำการคลี่กระจายต้นธูปฤๅษีออกเพื่อให้แห้งทั่วทั้งลำต้น นำมาตากให้  
แห้งที่ลานอเนกประสงค์ของทางมหาวิทยาลัย 3-4 วัน

1.2 กะลามะพร้าว ขัดทำความสะอาดให้แห้งและนำมาตากที่ลานอเนกประสงค์ของทางมหาวิทยาลัย 1-2 วัน

1.3 แป้งมันสำปะหลัง ใช้ตราปลาไทย 5 ดาว ผลิตโดยบริษัท อ.ที.ซี. เอ๊ยบตงจัน จำกัด เลขที่ 88 หมู่ 7 ต.อัครวิริยะประสิทธิ์ อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130

1.4 น้ำประปา ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี สมุทรปราการ

1.5 เครื่องอัดถ่านแท่ง มีขนาด 3 แรงม้า ความยาวกระบอกอัด 15 เซนติเมตรโดยประมาณ

1.6 เต้า 200 ลิตรและ50 ลิตร ที่มีฝาปิด



ภาพที่ 2 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

## 2. การเผาอบวัตถุดิบให้เป็นถ่าน

2.1 นำต้นรูปถาษีที่ได้ทำการตากแห้งสนิทแล้วมาใส่เต้าเผา 200 ลิตรเพื่อทำการเผาอบ ที่อุณหภูมิระหว่าง 600-750 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการเผาประมาณ 15-20 นาที ให้ต้นรูปถาษีเป็น

ถ่าน และทำการดับไฟเพื่อป้องกันไม่ให้ถ่านเป็นขี้เถ้า ถ่านจากต้นรูปฤๅษีจะสามารถใช้มือบดให้ละเอียดได้



ก่อนอบ



หลังอบ

ภาพที่ 3 ต้นรูปฤๅษีก่อนทำการเผาอบและหลังเผาอบในเตา 200 ลิตร

2.2 นำกะลามะพร้าวที่ได้ทำการตากแห้งสนิทแล้วมาใส่เตาเผา 50 ลิตรเพื่อทำการเผา ที่อุณหภูมิระหว่าง 400-650 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการเผาประมาณ 2-3 ชั่วโมง ให้กะลามะพร้าวเป็นถ่าน และหยุดให้ความร้อนแก่เชื้อเพลิง และปล่อยให้เย็นลงตามธรรมชาติ



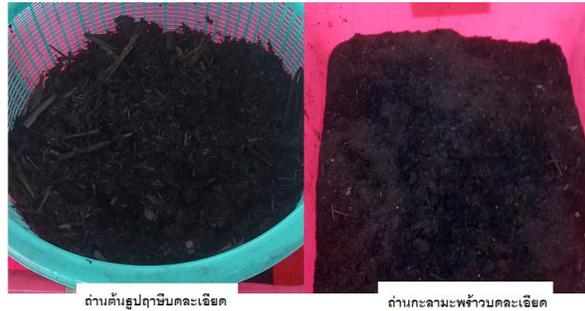
ก่อนอบ



หลังอบ

ภาพที่ 4 กะลามะพร้าวก่อนทำการเผาอบและหลังเผาอบในเตา 50 ลิตร

### 3. การบดละเอียดโดยเครื่องบด



ภาพที่ 5 ต้นธูปฤๅษีและกะลามะพร้าวบดละเอียด

4. การผสมผงถ่านตามอัตราส่วนกับตัวประสาน การผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยทำการศึกษาที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของต้นธูปฤๅษีร่วมกับกะลามะพร้าวที่อัตราส่วน (ต้นธูปฤๅษี: กะลามะพร้าว) 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 โดยน้ำหนักตามลำดับ (ศิริชัย ต่อสกุลและคณะ, 2555) และผสมผสมกับแป้งมันและน้ำในอัตราส่วนผงถ่านบดละเอียดต้นธูปฤๅษีและกะลามะพร้าวตามอัตราส่วนที่กำหนด 5 กิโลกรัมต่อแป้งมัน 250 กรัมและน้ำ 2 ลิตร โดยประมาณ



ภาพที่ 6 การผสมอัตราส่วนผงถ่านบดละเอียด แป้งมันและน้ำ

5. นำเข้าเครื่องอัดแท่งพร้อมตัด รูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นไปตามมาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง โดยมีลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง การใช้งาน เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและ

กลั่น ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งตันรูปฤๅษีมีขนาดความยาว 12 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร ลักษณะของถ่านเป็นครีบ 6 เหลี่ยม



ภาพที่ 7 นำผงถ่านที่ผ่านการผสมมาเข้าเครื่องอัดแท่งพร้อมตัด

6. นำไปตากแดดที่ลานอเนกประสงค์ของทางมหาวิทยาลัย 2 วัน



ภาพที่ 8 ถ่านอัดแท่งที่ได้นำไปตากแดดให้แห้ง

### การหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นฤๅษี

การศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้ในการทดลองนั้น จะทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ต่างๆ ที่พิจารณาสำหรับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งตัวอย่างด้วยวัตถุดิบชีวมวล โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความชื้น (MOISTURE CONTENT) ค่าคาร์บอนคงตัว (FIXED CARBON)

ปริมาณสารที่ระเหยได้ (VOLATILE MATTER) เถ้า (ASH) และค่าความร้อน (HEATING VALUE) โดยแสดงวิธีการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
ความชื้น (MOISTURE CONTENT)	ASTM D 3173
คาร์บอนคงตัว (FIXED CARBON)	ASTM D 3172
เถ้า (ASH)	ASTM D 3174
ปริมาณสารที่ระเหยได้ (VOLATILE MATTER)	ASTM D 3175
ค่าความร้อน (HEATING VALUE)	ASTM D 5865

ที่มา: (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

### การเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลต้นรูปฤกษ์กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

หลังจากที่ทำการวิเคราะห์หาค่าความชื้น (MOISTURE CONTENT) ค่าคาร์บอนคงตัว (FIXED CARBON) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (VOLATILE MATTER) เถ้า (ASH) และค่าความร้อน (HEATING VALUE) แล้ว นำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละส่วนตามอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวล แสดงเป็นกราฟแท่งออกมาและอธิบายเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547)

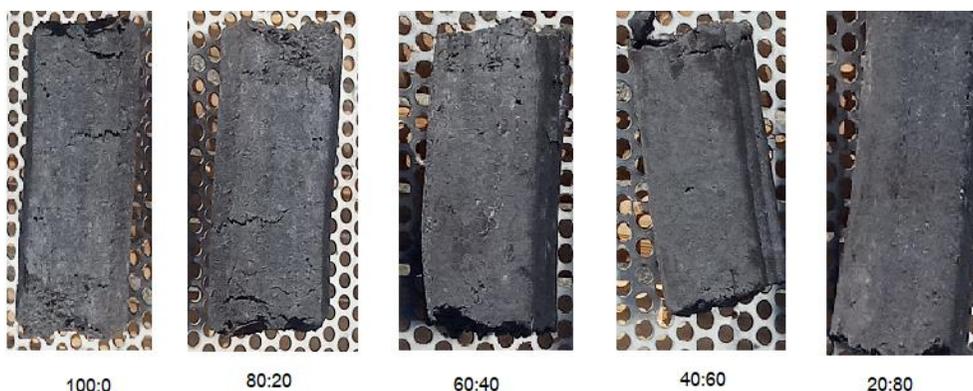
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤกษ์ตามอัตราส่วนผสมกับกะลามะพร้าว 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 (ต้นรูปฤกษ์:กะลามะพร้าว) โดยน้ำหนักตามลำดับ และวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤกษ์ตามอัตราส่วนผสมที่สร้างขึ้น รวมถึงเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤกษ์ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) ซึ่งผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

#### การผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤกษ์ตามอัตราส่วนผสม

การผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤกษ์ตามอัตราส่วนผสมกับกะลามะพร้าว 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 (ต้นรูปฤกษ์:กะลามะพร้าว) โดยน้ำหนักตามลำดับ มีขั้นตอนการทำโดยวิธีการเผาอบในเตาขนาด 200 ลิตรและ 50 ลิตร หลังจากเผาอบให้ได้ถ่านต้นรูปฤกษ์และถ่านกะลามะพร้าวแล้ว จะนำมาบดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดคือ 100:0 คือ ถ่านต้นรูปฤกษ์ 100%, 80:20 คือ ถ่านต้นรูปฤกษ์ 80% ถ่านกะลามะพร้าว 20%, 60:40 คือ ถ่านต้นรูปฤกษ์

60% ถ่านกะลามะพร้าว 40%, 40:60 คือ ถ่านต้นรูปฤๅษี 40% ถ่านกะลามะพร้าว 60% และ 20:80 คือ ถ่านต้นรูปฤๅษี 20% ถ่านกะลามะพร้าว 80% จากนั้นนำมาผสมกับแป้งมันและน้ำ โดยมีอัตราส่วนผสมถ่าน 5 กิโลกรัมต่อน้ำ 2 ลิตรต่อแป้งมัน 250 กรัม นำผงถ่านบดละเอียดที่ผ่านการผสมตามอัตราส่วนตามที่กำหนดเข้าเครื่องอัดแท่งขนาด 3 แรงม้า ทำเป็นถ่านอัดแท่งขนาดความยาว 12 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร ลักษณะของถ่านเป็นครีป 6 เหลี่ยมออกมา จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 9 ถ่านเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นรูปฤๅษีตามอัตราส่วน 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 0:80

จากภาพที่ 9 เมื่อนำถ่านเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นรูปฤๅษีตามอัตราส่วน 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 ออกจากบล็อก พบว่าถ่านเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นรูปฤๅษีตามอัตราส่วนทุกอัตราส่วน สามารถคงรูปตามขนาดที่ต้องการได้ แสดงว่าความสามารถในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งอยู่ในเกณฑ์ดี แม้ทำการเคลื่อนย้ายก็ยังคงรูปไม่ร้อนหรือสีกร่อน ผิวของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤๅษีตามอัตราส่วนทุกอัตราส่วน มีผิวสม่ำเสมอทั้งตลอดแท่งถือว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้นั้นอยู่ในเกณฑ์ดี มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ และนำมาทดสอบโดยการเผาพบว่าเมื่อติดไฟค่อนข้างง่าย ไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

#### การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤๅษีตามอัตราส่วนผสมที่สร้างขึ้น

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤๅษีตามอัตราส่วนที่สร้าง ผู้วิจัยได้นำไปวิเคราะห์และทดสอบที่ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยวิเคราะห์และทดสอบหาค่าความชื้น (MOISTURE CONTENT) ค่าคาร์บอนคงตัว (FIXED CARBON) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (VOLATILE MATTER) เถ้า (ASH) และค่าความร้อน (HEATING VALUE) โดยเครื่องมือวิเคราะห์/ทดสอบ ได้แก่ 1. เตาเผา TUBULAR FURNACE MODEL

CTF12/75/700/201, 2. Tube furnace MODEL CTF ยี่ห้อ CARBOLITE และ 3. ตู้อบความร้อน ยี่ห้อ BINDER model –FD115

สภาวะการวิเคราะห์ : อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3172-3175 (Proximate Analysis) มาตรฐานอ้างอิงสำหรับการทดสอบ : อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D3172-3175 (Proximate Analysis) ได้ผลตามตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์และทดสอบถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธูปฤๅษี

ตัวอย่าง	ค่า HEATING VALUE (cal/g)	ค่า PROXIMATE ANALYSIS			
		%M	%ASH	%VM	%FC
ถ่านจากต้นธูปฤๅษี 100%	4,088.29±31.98	5.27±0.36	18.38±0.10	43.82±2.76	32.53±2.66
ถ่านจากต้นธูปฤๅษี ผสมกะลามะพร้าว 20%	3,277.50±59.69	3.08±0.03	37.46±0.18	32.77±0.08	26.69±0.09
ถ่านจากต้นธูปฤๅษี ผสมกะลามะพร้าว 40%	4,639.58±92.02	7.89±0.21	13.75±0.23	36.41±0.79	41.95±1.02
ถ่านจากต้นธูปฤๅษี ผสมกะลามะพร้าว 60%	4,699.13±20.10	6.86±0.31	15.41±0.34	33.68±0.66	44.05±1.00
ถ่านจากต้นธูปฤๅษี ผสมกะลามะพร้าว 80%	6,817.71±2.26	2.70±0.28	22.66±0.46	27.76±0.87	46.88±1.33

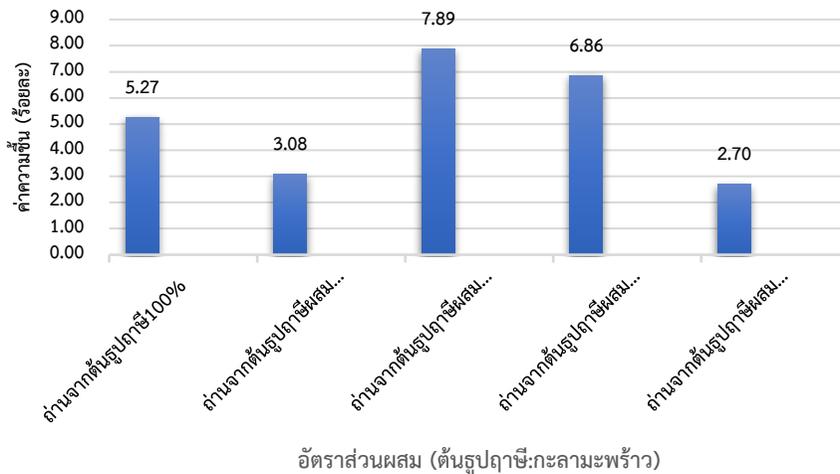
จากตารางที่ 2 พบว่าถ่านจากต้นธูปฤๅษี 100% (100:0) มีค่าความชื้น (MOISTURE CONTENT) เท่ากับร้อยละ 5.27±0.36 ค่าคาร์บอนคงตัว (FIXED CARBON) เท่ากับร้อยละ 32.53±2.66 ปริมาณสารที่ระเหยได้ (VOLATILE MATTER) เท่ากับร้อยละ 43.82±2.76 เถ้า (ASH) เท่ากับร้อยละ 18.38±0.10 และค่าความร้อน (HEATING VALUE) เท่ากับ 4,088.29±31.98 cal/g ถ่านจากต้นธูปฤๅษีผสมกะลามะพร้าว 20% (80:20) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ 3.08±0.03 ค่าคาร์บอนคงตัว เท่ากับร้อยละ 26.69±0.09 ปริมาณสารที่ระเหยได้ เท่ากับร้อยละ 32.77±0.08 เถ้า (ASH) เท่ากับร้อยละ 37.46±0.18 และค่าความร้อน เท่ากับ 3,277.50±59.69 cal/g ถ่านจากต้น

รูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 40% (60:40) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ 7.89±0.21 ค่าคาร์บอนคงตัว เท่ากับร้อยละ 41.95±1.02 ปริมาณสารที่ระเหยได้ เท่ากับร้อยละ 36.41±0.79 เถ้า เท่ากับร้อยละ 13.75±0.23 และค่าความร้อน เท่ากับ 4,639.58±92.02 cal/g ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 60% (40:60) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ 6.86±0.31 ค่าคาร์บอนคงตัว เท่ากับร้อยละ 44.05±1.00 ปริมาณสารที่ระเหยได้ เท่ากับร้อยละ 33.68±0.66 เถ้า เท่ากับร้อยละ 15.41±0.34 และค่าความร้อน เท่ากับ 4,699.13±20.10 cal/g ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 80% (20:80) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ 2.70±0.28 ค่าคาร์บอนคงตัว เท่ากับร้อยละ 46.88±1.33 ปริมาณสารที่ระเหยได้ เท่ากับ ร้อยละ 27.76±0.87 เถ้า เท่ากับร้อยละ 22.66±0.46 และค่าความร้อน เท่ากับ 6,817.71±2.26 cal/g

ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 80% มีค่าความชื้นน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.70±0.28 ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 40% มีค่าความชื้นมากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 7.89±0.21 ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 20% มีค่าคาร์บอนคงตัวน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 26.69±0.09 ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 80% มีค่าคาร์บอนคงตัวมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 46.88±1.33 ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 80% มีปริมาณสารที่ระเหยได้น้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 27.76±0.87 ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ 100% มีปริมาณสารที่ระเหยได้มากที่สุดเท่ากับร้อยละ 43.82±2.76 ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 40% มีเถ้าต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 13.75±0.23 ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 20% มีเถ้ามากที่สุดเท่ากับร้อยละ 37.46±0.18 และถ่านจากต้น รูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 20% มีค่าความร้อนน้อยที่สุด เท่ากับ 3,277.50±59.69 cal/g ถ่านจากต้น รูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 80% มีค่าความร้อนมากที่สุดเท่ากับ 6,817.71±2.26 cal/g ค่าที่ได้สอดคล้อง กับงานวิจัยการพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทนที่มีส่วนผสมของกะลามะพร้าว รวมอยู่ด้วยในการทำถ่านอัดแท่งทำให้มีค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการทดลอง (ศิริชัย ต่อสกุล และ คณะ, 2555)

### การเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤกษ์ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัด แท่ง

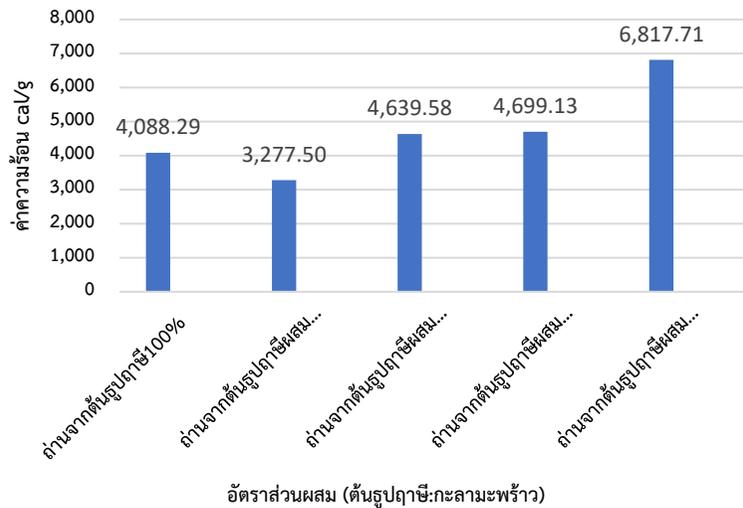
เปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นรูปฤกษ์ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่าน อัดแท่ง (มผช.238/2547) ระบุว่าถ่านอัดแท่งคุณลักษณะที่ต้องการคือ ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และ ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งค่าความชื้นและค่าความร้อน ของถ่านเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นรูปฤกษ์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 10 และภาพที่ 11



ภาพที่ 10 ค่าความชื้นของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากต้นรูปฤกษ์ที่อัตราส่วนต่างๆ

จากภาพที่ 10 พบว่าถ่านจากต้นรูปฤกษ์ 100% (100:0) มีค่าความชื้น (MOISTURE CONTENT) เท่ากับร้อยละ  $5.27 \pm 0.36$  เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 20% (80:20) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ  $3.08 \pm 0.03$  เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 40% (60:40) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ  $7.89 \pm 0.21$  เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 60% (40:60) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ  $6.86 \pm 0.31$  เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 80% (20:80) มีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ  $2.70 \pm 0.28$  เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

จากภาพที่ 11 พบว่าถ่านจากต้นรูปฤกษ์ 100% (100:0) มีค่าความร้อน (HEATING VALUE) เท่ากับ  $4,088.29 \pm 31.98$  cal/g ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 20% (80:20) มีค่าความร้อน เท่ากับ  $3,277.50 \pm 59.69$  cal/g ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 40% (60:40) มีค่าความร้อน เท่ากับ  $4,639.58 \pm 92.02$  cal/g ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 60% (40:60) มีค่าความร้อน เท่ากับ  $4,699.13 \pm 20.10$  cal/g ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ถ่านจากต้นรูปฤกษ์ผสมกะลามะพร้าว 80% (20:80) ค่าความร้อน เท่ากับ  $6,817.71 \pm 2.26$  cal/g เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 11 ค่าความร้อนของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากต้นธัญพืชที่อัตราส่วนต่างๆ

### สรุปผลและเสนอแนะ

การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากต้นธัญพืชพบว่าขั้นตอนกรรมวิธีการผลิตมีด้วยกัน 6 ขั้นตอนคือการเตรียมวัตถุดิบ การเผาอบ การบด การผสมตามอัตราส่วน การอัดแท่งขึ้นรูปและการตากแห้ง ซึ่งขั้นตอนในการเผาอบต้นธัญพืชนั้นต้องควบคุมเวลาในการเผาอบด้วยเนื่องจาก ถ้าเผาอบนานเกินไปทำให้ต้นธัญพืชเป็นขี้เถ้าได้ดังนั้นเวลาเผาต้องคอยควบคุมและตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา เมื่อตรวจสอบว่าต้นธัญพืชเป็นถ่านแล้วให้รีบนำออกมาจากเตาแล้วทิ้งไว้ให้เย็นเพื่อเป็นการลดความร้อนและขั้นตอนการอัดถ่านแท่งควรใช้เครื่องอัดถ่านแท่งที่มีกำลังมอเตอร์ 10 แรงม้าเพื่อให้ง่ายต่อการผลิตจากการทดสอบเชื้อเพลิงอัดแท่งชีวมวลจากต้นธัญพืชผสมกะหล่ำมะพร้าวในอัตราส่วน (20:80) โดยน้ำหนักเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง โดยมีค่าความชื้น เท่ากับร้อยละ  $2.70 \pm 0.28$  และค่าความร้อน เท่ากับ  $6,817.71 \pm 2.26$  cal/g สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มอาหารได้ รวมถึงนำไปต่อยอดในงานวิจัยการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยน้ำเก็บความร้อนสำหรับชุมชนด้วย

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีที่ช่วยสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัยครั้งนี้และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชชัย สอนสนาม ที่ช่วยในการแนะนำการส่งบทความตีพิมพ์ในครั้งนี้ด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. (2554). *มวลชีวภาพของธูปฤๅษีและประสิทธิภาพในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็ง*. กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา สวพ.39/2554. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คชาพล ปิ่นพัฒนพงศ์, ปิติพร มโนคุ่น, ภัทรมาศ เทียมเงิน, และ รุณีญา รังษีสुरิยะชัย. (2563). การศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวและกากไขมันเหลือทิ้งจากมะพร้าว. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์*, 31(4).
- รุ่งทิพย์ ลำดวล, จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย, และ เชาวยุทธ พรพิมลเทพ. (2553). ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันออกจากน้ำเสียโรงอาหารโดยใช้ดอกธูปฤๅษีใบแคบ. *วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม*, 6(1), 42-51.
- ลดาวีลย์ วัฒนนะจิระ, ณรงค์ศักดิ์ ลาปิ่น, วิภาวดี ชัชวาลย์, อานันท์ ฉัญญาเจริญ, และ ภาคภูมิ รักร่วม. (2559). การพัฒนาก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 39(2).
- ศิริชัย ต่อสกุล, กุณฑล ทองศรี, และ จงกล สุภารัตน์. (2555) การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกากมะพร้าวเป็นพลังงานทดแทน. *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555*, ชะอำ เพชรบุรี.
- สุทธิสาร อนันต์รัตนชัย. (2556). *การผลิตกระดาษจากต้นธูปฤๅษีด้วยเครื่องอัตโนมัติ*. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มพช 238-2547*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ
- สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *การพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่ง*. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- Gao, X., Zhang, Y., Li, B., Xie, G., & Zhao, W. (2018). Experimental Investigation Into the Characteristics of Chars Obtained From Fast Pyrolysis of Different Biomass Fuels. *Journal of Energy Resources Technology*, 140, 044501-1 - 044501-5.
- Tripathi, A., Lyer, P., & Kandpal, T. (1998). A Thchno-economic evaluation of biomass briquetting in India. *Biomass and bioenergy Journal*, 14(5/6), 479-488.

The Bangkok Insight. (2564). “ชีวมวล” พลังงานสีเขียวเป็นมิตรต่อโลก. [Online]. Available from <https://www.thebangkokinsight.com/news/environmental-sustainability/558298/>

Yerizam, M., Faizal, F., Marsi, M., & Novia, N. (2013). Characteristics of Composite Rice Straw and Coconut Shell as Biomass Energy Resources (Briquette)(Case study: Muara Telang Village, Banyuasin of South Sumatra). International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, Vol.3 No.3, pp. 42-48.

## เครื่องเติมอากาศในน้ำชนิดกักน้ำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์

### The Aerator Water for Treatment Using Solar Cell Energy

ธวัชชัย สอนสนาม\*, ประสิทธิ์ ภูสมมา, ประยุทธ นิสภกุล และ ชาลี อินทรชัย

Tawatchai Sonsanam\*, Prasit Phoosomma, Prayut Nisapakul and Chalie Intarachai

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

Dhonburi Rajabhat University

\*Corresponding author. E-mail: tawatchai.s@dru.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนำเสนอเครื่องกลเติมอากาศชนิดกักน้ำในน้ำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม สวิตซ์รีเลย์เพื่อสั่งการทำงานของมอเตอร์ผ่านแอปพลิเคชันมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกักน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบของเครื่องประกอบด้วยทุ่นลอยพลาสติกจำนวน 2 ชิ้น โดยใช้ดีซีมอเตอร์ขนาด 350 วัตต์ถูกติดตั้งกับใบพัดกักน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 ซม. จำนวน 2 ใบเพื่อให้พลังงานขับเคลื่อน กังหันซึ่งระบบนี้จะช่วยบำบัดน้ำโดยหลักการเติมออกซิเจนในน้ำ จากการทดสอบพบว่าระบบนี้สามารถใช้งานได้จริงสามารถเปิด-ปิด มอเตอร์ได้จากระยะไกลโดยผ่านมือถือและเมื่อทดลองในบ่อปฏิบัติการ เขตพื้นที่ชุมชนอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าระบบกักน้ำสามารถทำงาน 8 ชั่วโมง ได้อย่าง ต่อเนื่องด้วยความเร็วรอบระหว่าง 250-350 รอบต่อนาที เมื่อทำการวัดปริมาณออกซิเจนในน้ำรัศมีห่าง จากตัวกักน้ำ 5 เมตรพบว่าสามารถเพิ่มออกซิเจนในน้ำได้เฉลี่ยประมาณ 3.0 mg/L

**คำสำคัญ:** เครื่องเติมอากาศ เซลล์แสงอาทิตย์

#### Abstract

The research presents an aerator for water treatment by using a microcontroller to control a relay switch to operate the motor through an application to apply with aerator. The system of the machine consists of 2 plastic floats measuring 30x129x30 cm. The 350 watts DC motor was used to drive the aerator solar cell energy, it installed on turbine blade diameter 60 cm. This system will help treat water by adding oxygen to the water. From the test, it was found that this system, can be turned on – off the motor by remotely controlled via mobile phone. The experiment is operated in land of community

area of Bang Phli District, Samut Prakan Province. It found that, the turbine system can run 8 hours continuously, the rotation speed is between 250-350 rpm. Then measure the amount of oxygen in the water, 5 meters away from the aerator, found that the oxygen in the water can be increased on average about 3.0 mg/L.

**Keywords:** Aerator, Solar Cell Energy

## บทนำ

น้ำเป็นสิ่งที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกประเภทการดำรงชีวิตของมนุษย์ต่อการอุปโภคบริโภค โดยน้ำที่ถูกใช้แล้วจากชุมชนจะถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติทำให้มีลักษณะเป็นน้ำเสียซึ่งส่งผลทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติแม่น้ำลำคลองปรับสภาพไม่ทัน ปัญหาใหญ่ในเวลานี้ก็คือเกิดน้ำเสียมีมากมายจนทำให้สิ่งมีชีวิตหลายๆชนิดรวมถึงมนุษย์เองก็ไม่สามารถใช้น้ำได้จากแหล่งน้ำและเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคเชื้อแบคทีเรียที่เจือปนอยู่และสิ่งที่ทำให้น้ำคลองสกปรกสาเหตุมามากมายที่อยู่ในคลองโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยของเสียลงสู่น้ำและไม่มีเครื่องบำบัดน้ำเสียทำให้น้ำเน่าเสีย (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2563) โดยหลักการแล้วกักหน้ำทำงานโดยการหมุนปั่นเพื่อเติมอากาศให้น้ำเสียกลายเป็นน้ำดีสามารถประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียจากการอุปโภคของประชาชนน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งเพิ่มออกซิเจนให้กับบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทางการเกษตรตามทฤษฎีเครื่องกลเติมอากาศนับว่าการเติมอากาศหรือออกซิเจนเป็นหัวใจของระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะถ้ามีออกซิเจนอยู่มากจุลินทรีย์ก็สามารถบำบัดน้ำได้ดีและบำบัดน้ำเสียได้มากขึ้นแต่ที่ความดันบรรยากาศซึ่งเป็นความดันที่ค่อนข้างต่ำ สำหรับออกซิเจนในการละลายน้ำจึงต้องมีการเพิ่มพื้นที่สัมผัส ระหว่างอากาศกับน้ำให้ได้มากที่สุด (การบำบัดน้ำเสีย, 2565) กระบวนการเพิ่มออกซิเจนเพื่อเพิ่มคุณภาพน้ำมีหลากหลายวิธีแต่ที่นิยมนำมาใช้ในประเทศไทยจะทำการเพิ่มออกซิเจนในน้ำโดยการใช้กังหน้ำเติมอากาศและจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวหมุนใบพัดวิดน้ำในบ่อขึ้นมาให้เป็นละอองสัมผัสกับอากาศเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการกระจายตัวรับออกซิเจนในอากาศได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่จะมีปัญหาในพื้นที่ห่างไกลที่กระแสไฟฟ้ายังเข้าไม่ถึงและพื้นที่ไม่มีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงจึงมีความจำเป็นต้องใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานอื่น (ชัยยงค์ เสริมผล และคณะ, 2563)

ในศตวรรษที่ 21 มีการรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านสัญญาณอินเตอร์เน็ตที่มีการประยุกต์ใช้ในทุกภาคส่วนและมีเทคโนโลยีที่เรียกว่า IoT หรือ Internet of Things โดยมีการฝังตัวของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายสามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้อีกทั้งสามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและถูกควบคุมได้จากระยะไกล ผ่านโครงสร้างพื้นฐานการเชื่อมต่อเข้ากับสมาร์ตโฟนเพื่อความสะดวกสบายยิ่งขึ้นในอุตสาหกรรมและงานด้านอื่น ๆ เพื่อเข้าสู่ยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 และ Smart City นำมาปรับใช้ร่วมกับโครงสร้างพื้นฐานและระบบต่างๆ

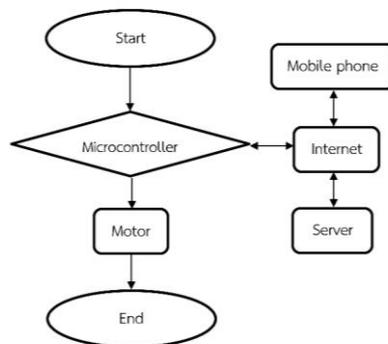
ของเมืองใน 4 ด้าน คือ ด้านการท่องเที่ยว ด้านความปลอดภัย ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านเศรษฐกิจ เพื่อใช้ตอบสนองและอำนวยความสะดวกในแต่ละด้านสิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี IoT รวมทั้งนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องอย่าง Blockchain, Big Data และระบบคมนาคมสื่อสารอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ IoT ในการผลิตสมาร์ทโฟนที่สามารถเชื่อมต่อกับบริการต่าง ๆ ได้อย่างครบวงจรไม่ว่าจะเป็น Cloud storage, Smart devices แม้การควบคุมการทำงานของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ (อาทิตย์ อรุณศิริกุล, 2564)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดเพื่อวัตถุประสงค์ประยุกต์ใช้กังหันมาบำบัดน้ำและนำเซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งพลังงานโดยควบคุมการทำงานของมอเตอร์กังหันใช้ระบบไร้สายในการควบคุมเพื่อความสะดวกในการควบคุมการเปิด-ปิด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและต้นทุนด้านพลังงานในการบำบัดน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนในบ่อกักและบ่อปลา ในเขตพื้นที่ชุมชนอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

### วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียโดยใช้วิธีเติมอากาศโดยอาศัยการออกแบบด้วยหลักพลศาสตร์เพื่อเลือกขนาดใบพัดที่เหมาะสมกับกำลังขับของมอเตอร์และพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (ภารดร ทองเสน และ ยอดชาย เตียเป็นัน, 2563) และใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์โดยการควบคุมเปิด-ปิดมอเตอร์ผ่านมือถือในการสั่งการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (เทพนิกร แก้วสุวรรณ และ วีระยุทธ สุดสมบูรณ์, 2558).

1. ศึกษาข้อมูลแล้วทำการออกแบบและสร้างกังหันบำบัดน้ำเสียโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
2. ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการทำงานของระบบ
3. ทดสอบระบบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข
4. เก็บผลและสรุปการทดลอง



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของระบบเครื่องเติมอากาศ

เริ่มต้นด้วยคำสั่งการทำงานผ่านมือถือและแอปพลิเคชันการทำงานจากนั้นเมื่อได้รับคำสั่งแล้ว รีเลย์จะทำการเปิดหรือปิด วงจรการทำงานโดยวงจรนั้นรับแหล่งจ่ายพลังงานมาจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงานหรือหยุดการทำงาน โดยระบบการสั่งทำงานจะสั่งผ่านแบบไร้สาย สามารถสั่งงานได้ทุกที่เมื่อมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยในการทดลองจะมีตัวแปรที่ได้ศึกษาเพื่อนำมาวิเคราะห์ คือ ค่าออกซิเจนในน้ำ ความเข้มแสงและกระแสของมอเตอร์

#### การออกแบบกังหัน

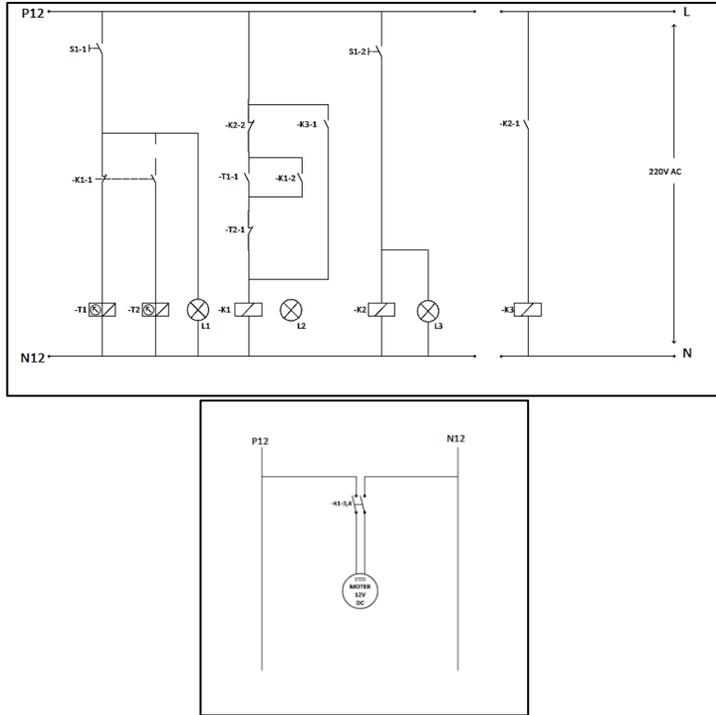
ชุดกังหันจะประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 750 วัตต์ โดยแยกอิสระ ทุ่นลอยน้ำขนาด 7 นิ้วจำนวน 2 ตัว ใบกังหันตีบกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 ซม. ข้างละ 1 ใบ เพลายาว 2 เมตร มอเตอร์ดีซีบีสเลส 350 วัตต์ และชุดควบคุมการเปิด-ปิด มอเตอร์โดยผ่านสมาร์ทโฟน (ทินกร มุสิกะ และคณะ, 2558)



ภาพที่ 2 กังหันน้ำเติมอากาศที่ได้ออกแบบสร้าง



ภาพที่ 3 การทดสอบการทำงานกังหันน้ำเติมอากาศ



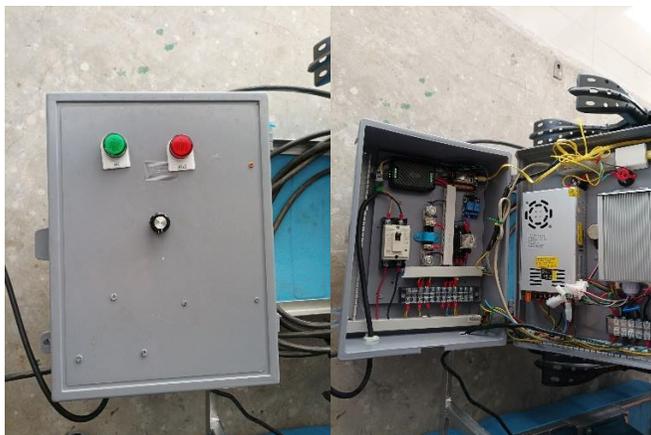
ภาพที่ 4 วงจรควบคุมการเปิด-ปิดมอเตอร์แบบ Manual

**ชุดวงจรควบคุมมอเตอร์**

หลักการการทำงานของวงจรมี 2 โหมดคือ โหมดที่ 1 สามารถเลือกให้มอเตอร์ทำงานและหยุดทำงานตามที่กำหนดอย่างต่อเนื่องและโหมดที่ 2 สามารถที่จะเลือกใช้โหมดให้ทำงานตามการเปิด-ปิดของคำสั่งรีเลย์ (Psptech, 2022) (Onsemi, 2022).

**ชุดควบคุมการมอเตอร์กัณฑ์ระยะไกล**

ชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้รีเลย์ทำงานเปิดหรือปิดตามคำสั่งผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk เพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ให้ทำงานตามที่กำหนด (ศิริวรรณ ทำนุ และคณะ, 2561)

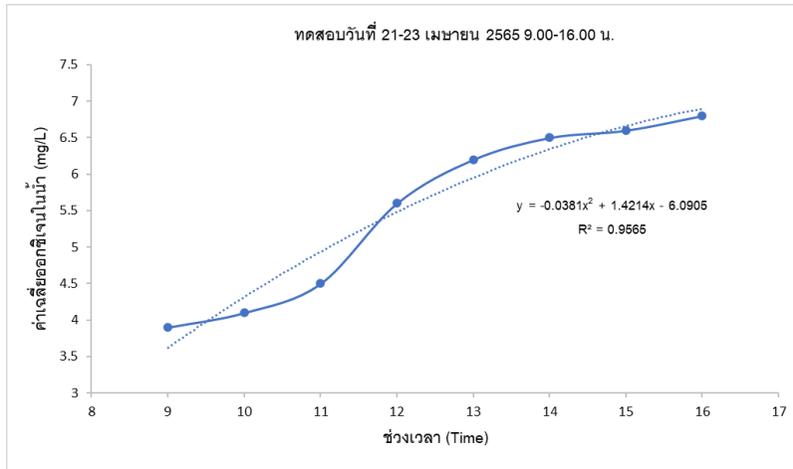


ภาพที่ 5 วงจรควบคุมการเปิด-ปิด มอเตอร์ (ESP 32, 2022) (ETTEAM, 2022)

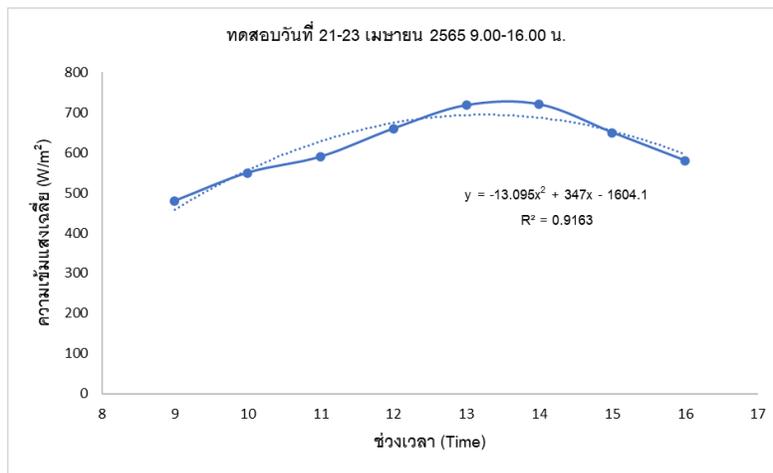
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากภาพที่ 6 การทดลองเป็นเวลา 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 21-23 เมษายน 2565 ช่วงเวลาเดียวกันพบว่าค่าเฉลี่ยออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่กักน้ำทำงานตั้งแต่ 9.00-16.00 น. โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 3.9-6.8 mg/L ตลอดเวลาที่ทำการทดสอบกักน้ำซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปตามสมการโพลีโนเมียล  $y = -0.0381x^2 + 1.4214x - 6.0905$  ค่าออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้นแปรผันตามระยะเวลาที่ทำการทดลองเนื่องจากเมื่อกักน้ำเป็นระยะเวลานานทำให้น้ำได้แลกเปลี่ยนออกซิเจนในอากาศได้มากขึ้นและในภาวะทั่วไป เมื่อน้ำไม่มีแสงอาทิตย์ส่องถึงออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าต่ำสุดและจะเพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางวันจนมีค่าสูงในช่วงตอนบ่ายผลเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชในน้ำมีมากขึ้น จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R-squared, R<sup>2</sup>) มีค่า 0.9565 นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยออกซิเจนในน้ำและช่วงเวลามีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมากและมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน

ผลการทดลองในภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบตั้งแต่ 9.00-16.00 น. ตั้งแต่วันที่ 21-23 เมษายน 2565 กับความเข้มแสงจะมีความสัมพันธ์กันโดยความเข้มแสงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 9.00-14.00 น. ซึ่งมีค่า 480-580 W/m<sup>2</sup> และจะมีค่าลดลงเหลือ 650-580 W/m<sup>2</sup> ที่เวลา 14.00-16.00 น. ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเป็นไปตามสมการโพลีโนเมียล  $y = -13.095x^2 + 347x - 1604.1$  ซึ่งขณะที่ทำการทดสอบนั้นความเร็วรอบของมอเตอร์จะอยู่ในช่วง 250-300 rpm



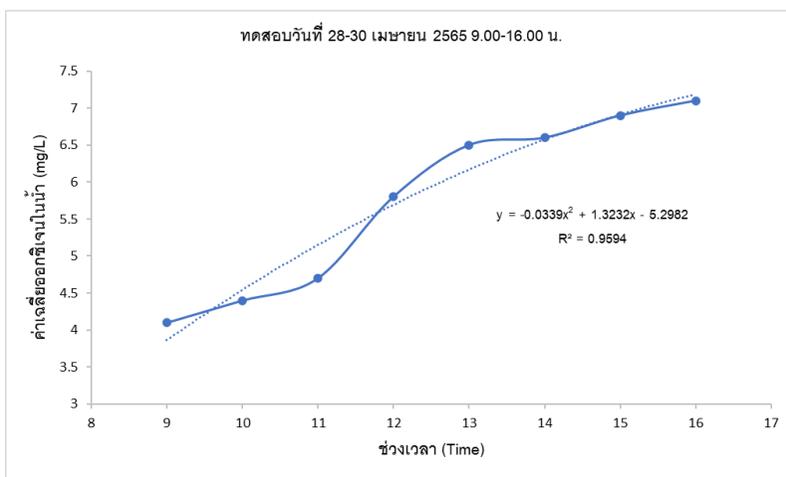
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกซิเจนในน้ำและช่วงเวลาในการทดสอบ



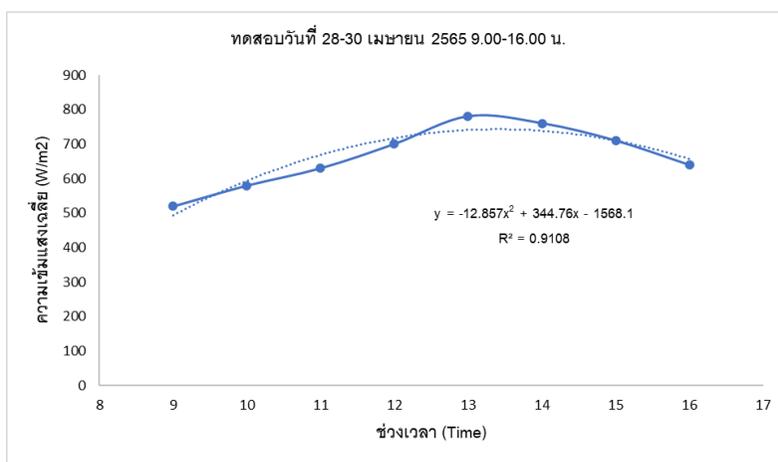
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและช่วงเวลาในการทดสอบ

จากภาพที่ 8 การทดลองเป็นเวลา 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 28-30 เมษายน 2565 ช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าค่าออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่กังหันน้ำทำงานตั้งแต่ 9.00-16.00 น. โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 4.1-7.1 mg/L ตลอดเวลาที่ทำการทดสอบกังหันน้ำซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปตามสมการโพลีโนเมียล  $y = -0.0339x^2 + 1.3232x - 5.2982$  ค่าออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้นแปรผันตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง เนื่องจากเมื่อกังหันปั่นน้ำเป็นระยะเวลานานทำให้น้ำได้แลกเปลี่ยนออกซิเจนในอากาศได้มากขึ้นและในภาวะทั่วไป เมื่อน้ำไม่มีแสงอาทิตย์ส่องถึงออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าต่ำสุดและจะเพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางวันจนมีค่าสูงในช่วงตอนบ่ายผลเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงในน้ำมีมากขึ้น จากกราฟแสดงให้เห็น

เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R-squared,  $R^2$ ) มีค่า 0.9594 นั้นแสดงว่าออกซิเจนในน้ำและเวลามีความสัมพันธ์กันเชิงบวก



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออกซิเจนในน้ำและช่วงเวลาในการทดสอบ



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและช่วงเวลาในการทดสอบ

ผลการทดลองในภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบตั้งแต่ 9.00-16.00 น. ตั้งแต่ วันที่ 28-30 เมษายน 2565 กับความเข้มแสงจะมีความสัมพันธ์กันโดยความเข้มแสงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ เวลา 9.00-14.00 น. ซึ่งมีค่า 520-760  $W/m^2$  และจะมีค่าลดลงเหลือ 710-640  $W/m^2$  14.00-16.00 น. ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเป็นไปตามสมการโพลิโนเมียล  $y = -12.857x^2 + 344.76x - 1568.1$  ซึ่ง

ขณะที่ทำการทดสอบนั้นความเร็วรอบของมอเตอร์จะอยู่ในช่วง 335-350 RPM จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R-squared,  $R^2$ ) มีค่า 0.9108 นั้นแสดงให้เห็นว่าความเข้มแสงเฉลี่ยและช่วงเวลามีความสัมพันธ์กันและมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันตลอดเวลาที่ทดลองทั้ง 3 วัน

จากการทดลองทั้งสองวันจะเห็นได้ว่าวันที่ 21 เมษายน 2565 มีค่าออกซิเจนในน้ำเฉลี่ย 5.525 mg/L ซึ่งช่วงความเข้มแสงตลอดทั้งวันที่ทำการทดสอบจะมีค่าน้อยกว่าวันที่ 29 เมษายน 2565 ซึ่งมีค่าออกซิเจนในน้ำเฉลี่ย 5.762 mg/L จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มแสงนั้นแปรผันตรงกับค่าออกซิเจนในน้ำ และเมื่อความเข้มแสงตลอดทั้งวันที่มากกว่าจึงทำให้ช่วงความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ทำการปั่นน้ำขึ้นมา แลกเปลี่ยนออกซิเจนมีมากกว่า

#### ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการควบคุมการทำงานของกังหันน้ำ

ลักษณะการใช้งาน	กังหันน้ำทั่วไป	กังหันน้ำประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชัน
เปิด-ปิดระยะไกล	ได้	ได้
เปิด-ปิดระยะไกลโดยใช้สาย	ได้	ได้
เปิด-ปิดระยะไกลแบบไร้สาย	ไม่ได้	ได้
ตรวจสอบการทำงานระยะไกลได้	ไม่ได้	ได้

#### สรุปผลและเสนอแนะ

เครื่องกลเติมอากาศชนิดกังหันในน้ำนี้สามารถส่งงานระยะไกลและใช้งานได้จริงเมื่อทำการทดสอบเป็นเวลา 7 ชั่วโมง/วัน ทดลองทั้งหมด 3 วัน โดยสามารถเพิ่มออกซิเจนในน้ำได้เฉลี่ยประมาณ 3 mg/L ที่รัศมี 5 เมตรจากตัวเครื่อง งานวิจัยนี้ได้ใช้แหล่งจ่ายไฟจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 750 วัตต์โดยผ่านแบตเตอรี่ทำให้ประหยัดค่าไฟและระบบไม่ซับซ้อนมากในการควบคุมระบบการทดลองนั้นได้ประยุกต์นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมสวิทช์รีเลย์สั่งเปิด-ปิดมอเตอร์หมุนกังหันผ่านสมาร์ตโฟนควบคุมโดยแอปพลิเคชัน Blynk พบว่าสามารถใช้งานได้ดีทุกครั้งที่ทำการทดลองแต่มีการหน่วงของเวลาประมาณ 3-4 วินาทีในการส่งผ่านไวไฟ ซึ่งระบบนั้นยังสามารถนำไปต่อยอดใช้ในงานเกษตรด้านอื่น ๆ ได้ที่ต้องการเปิด-ปิดมอเตอร์ผ่านโทรศัพท์มือถือที่ซึ่งในสถานที่บางแห่งอาจไม่เอื้ออำนวยในการเดินเข้าไปสั่งงานมอเตอร์และสามารถนำไปพัฒนาระบบต่อให้มีประสิทธิภาพและการทำงานที่ครอบคลุมยิ่งขึ้น

#### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีที่ได้สนับสนุนแหล่งทุนและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

## เอกสารอ้างอิง

- การบำบัดน้ำเสีย. (2565). *กระบวนการบำบัดน้ำเสีย* [Online]. [https://il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3\\_water13.htm](https://il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water13.htm).
- ชัยยงค์ เสริมผล, จิระเดช สังคะโท, และ พลวัฒน์ ศรีโยหะ. (2563). การพัฒนากังหันน้ำเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมผ่านสัญญาณไร้สาย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย*, 14(2).
- ทินกร มุสิกะ, กิตติศักดิ์ ปลื้มอารมณ์, พีระพงศ์ โกศัยพัฒน์, ทินกร เขียววีร์, และ นภัทร วัจนเทพินทร์. (2558). *กังหันน้ำเติมอากาศแบบสามท่อนใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์*. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8.
- เทพนิกร แก้วสุวรรณ และ วีระยุทธ สุดสมบูรณ์. (2558). *การออกแบบและพัฒนากังหันเติมอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์*. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 5.
- ภาดร ทองเสน และ ยอดชาย เตียเป็น. (2563). เครื่องเติมอากาศใบพัดพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 3(1).
- ศิริวรรณ ทำนุ, ขวโรจน์ ใจสิน, ธงชัย มณีชูเกตุ, และ นรินทร์ ปิ่นแก้ว. (2561). *การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องเติมอากาศแบบอัตโนมัติในบ่อเลี้ยงปลานิล*. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19.
- สันทัต ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2563). น้ำเสียชุมชน. *วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง*, 4(1).
- อาทิตย์ อรุณศิวกุล. (2564). เครื่องบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยการเพิ่มอากาศแบบหัวพ่นควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก*, 1(1).
- ESP 32. (2022). *การประยุกต์ใช้ IoT สำหรับบุคคลทั่วไป*. [online]. [http://ias.it.msu.ac.th/course/1201376-Unix-Linux/2-2561/BasicBook\\_ESP32.pdf](http://ias.it.msu.ac.th/course/1201376-Unix-Linux/2-2561/BasicBook_ESP32.pdf)
- ETTEAM. (2022). *Blynk*. [https://www.etteam.com/productI2C\\_RS485/ET-ESP8266-RS485/docs/ET-Demo\\_IoT\\_Blynk.pdf](https://www.etteam.com/productI2C_RS485/ET-ESP8266-RS485/docs/ET-Demo_IoT_Blynk.pdf)
- Onsemi. (2022). *Semiconductor*. [online]. <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/tip140-d.pdf>.
- Psptech. (2022). *Transistor*. [online]. <http://www.psptech.co.th>.

# การพัฒนาตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังค์

## Development of Elderly Health Indicators using Fuzzy Logic Model

ณิฏฐา บรرتها<sup>1\*</sup>, อรนุช วงศ์วัฒนาเสถียร<sup>1</sup>, วงษ์ปัญญา นวนแก้ว<sup>1</sup>, นิวัตร สุวรรณะ<sup>1</sup>,  
มณฑิรา จันทวารีย์<sup>1</sup> และ รดา สมเชื่อน<sup>2</sup>

Nitaya Buntao<sup>1\*</sup>, Oranuch Wongwattanasathien<sup>1</sup>, Wongpanya Nuankaew<sup>1</sup>,  
Niwat Suwanna<sup>1</sup>, Montira Juntavaree<sup>1</sup> and Rada Somkhuean<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาสถิติศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

<sup>2</sup>กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

<sup>1</sup>Department of Applied Statistics, Rajabhat Maha Sarakham University, Thailand

<sup>2</sup>Department of Mathematics, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala  
University of Technology Lanna Chiang Mai, Thailand

\*Corresponding author. E-mail: nitaya.bu@rmu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังค์ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา มี 4 ตัวแปรหลัก ได้แก่ พฤติกรรมสุขภาพ (Healthy behavior) การเกิดโรค (Disease) คุณภาพสิ่งแวดล้อม (Environmental quality) ความสัมพันธ์กับครอบครัวและชุมชน (Relationship with family and community) โดยใช้หลักการแทนอักษรเพื่อแสดงระดับของตัวแปร แต่ละตัว โดยชุดเซตวิภังค์จะถูกแปลงค่าข้อมูลนำเข้าไปยังระดับการเป็นสมาชิกด้วยการกำหนด ฟังก์ชันสำหรับสมาชิกแต่ละตัวแปร พารามิเตอร์ทั้งหมดที่ใช้ในระบบ การตรวจสอบระดับสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้ตัวแบบที่สร้างขึ้นใช้ข้อมูลผู้สูงอายุ ต.แก่งเลิงจาน อ.เมือง จ.มหาสารคาม จำนวน 1505 คน เมื่อพิจารณาผู้สูงอายุจำแนกตามเพศ ผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยเป็นเพศหญิงร้อยละ 58.80 และเพศชาย ร้อยละ 41.20 ผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวสูงถึงร้อยละ 42.70 การวิเคราะห์ตัวแบบตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังค์พบว่าสรุปสุขภาพมวลรวมของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุคือประเด็นควรส่งเสริมให้ควมรู้ผู้สูงอายุในการดูแลสุขภาพให้เหมาะสมเพื่อให้สุขภาพมวลรวมดีขึ้น

**คำสำคัญ:** ผู้สูงอายุ, ตัวชี้วัดสุขภาพ, ตรรกศาสตร์วิภังค์, สุขภาพมวลรวม

## Abstract

The objectives of this research aim to develop of elderly health indicators using fuzzy logic model. There were 4 main variables used in the study: healthy behavior, disease, environmental quality, and relationship with family and community. The idea of method is using letters to represent the level of each variable. The implicit set is converted to the input value to the membership level by defining a member function for each variable. All parameters used in the system. Examining the elderly health level of the model created was using a sample elderly data in Kaeng Loengchan Subdistrict, Mueang District, Maha Sarakham Province, 1505 people. The results showed that most elderly were females than males, which 58.80% of elderly were female and 41.20% of elderly were male. Elderly people were underlying disease as high as 42.70%. The analysis of the fuzzy logic model revealed that the overall health outcomes of the elderly were at a moderate level. The health behavior of the elderly was an issue that should be promoted to educate the elderly on proper health care for better overall health.

**Keywords:** Elderly, Health indicator, Fuzzy logic, Overall health

## บทนำ

จากการปฏิรูประบบสุขภาพในประเทศไทย ซึ่งเริ่มต้นอย่างเป็นทางการเมื่อปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา รวมทั้งการจัดตั้งสำนักงานสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ในปีเดียวกัน ส่งผลให้มีความชัดเจนว่า ระบบสุขภาพของคนไทยในอนาคตจะเน้นที่การสร้างสุขภาพมากกว่าซ่อมสุขภาพ ซึ่งมีมิติของสุขภาพจะต้องเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่เน้นแต่การรักษาพยาบาล และการวัดผลความสำเร็จจากอัตราการตายและอัตราป่วยที่ลดลง โดยเป้าหมายของระบบสุขภาพหลังการปฏิรูปจะมุ่งให้ประชาชนชาวไทยมีสุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น มีอายุขัยเฉลี่ยสูงขึ้น ลดภาวะเจ็บป่วย พิกัด เสียชีวิตก่อนวัยอันควร และประการสำคัญ คือ คาดหวังว่าจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการรักษาพยาบาลของประชาชนที่เจ็บป่วยและเสียชีวิตได้สูงถึงปีละ 2 -2.5 แสนล้านบาท (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2550) โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายจากการเจ็บป่วยที่เกิดจากโรคเรื้อรัง เช่น ภาวะโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง เป็นต้น ส่วนมากการเจ็บป่วยมีสาเหตุจากการมีพฤติกรรมเสี่ยงจากการบริโภคอาหารไม่ถูกต้อง และขาดการออกกำลังกาย โดยทั่วไปทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสุขภาพมีหลายทฤษฎี เช่น ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ (Health Belief Model) (Strecher & Rosenstock, 1992)

ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ การรับรู้ต่อโอกาสเสี่ยงของการเกิดโรค การรับรู้ความรุนแรงของโรค การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับและอุปสรรค และปัจจัยร่วม การประยุกต์ใช้ทฤษฎีต้องคำนึงถึงความเชื่อที่นอกเหนือจากองค์ประกอบทั้ง 4 ด้วย ทฤษฎีการเสริมพลังอำนาจ (Empowerment) (Chandler, 1992) จากการศึกษาดัชนีสุขภาพที่สำคัญ เช่น อัตราทารกตาย (Infant Mortality Rate) อัตรามารดาตาย (Maternal Mortality Rate) อัตราตายตามสาเหตุที่สำคัญ และระยะเวลาที่มีชีวิตอยู่ (Life expectancy) ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก ในการวัดสถานะสุขภาพของประชาชนเป็นเวลานาน ต่อมาเมื่ออัตราตายเริ่มลดลงเนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจสังคมและเทคโนโลยีการป้องกันและรักษาโรค ทำให้ประชาชนมีชีวิตยืนยาวขึ้น รวมทั้งปัญหาสุขภาพก็เปลี่ยนแปลงไป จากโรคติดต่อมาเป็นโรคเรื้อรัง เรื้อรัง รวมทั้งอุบัติเหตุและความรุนแรงในสังคมต่างๆ ทำให้เริ่มสนใจในระยะเวลาที่มีชีวิตอยู่ที่เพิ่มขึ้นว่าควูปักกับการมีชีวิตอยู่อย่างมีคุณภาพชีวิตหรือสุขภาพดีมากขึ้นเพียงใด จึงต้องการดัชนีกลุ่มใหญ่ที่จะวัดสถานะนี้ให้ชัดเจนกว่าเดิม แนวคิดการวัดอายุคาดหวังทางสุขภาพ (Health Expectancy) ได้เริ่มต้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 โดย Sanders ในปี ค.ศ. 1964 และพัฒนาเป็นวิธีการวัดโดย Sullivan ในช่วงระหว่าง ค.ศ. 1970 (Mathers, 1994; Robine et al. 1999; Sullivan, 1971) และในปี ค.ศ. 1984 (Who, 1984) ได้มีการนำเสนอรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงทางสุขภาพ (Model of Health Transition) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนโดยเส้นโค้งความอยู่รอด ถึงการอยู่รอดในภาพรวม (Total survival) การอยู่รอดโดยปราศจากความบกพร่องทางสุขภาพหรือความพิการ (Disability-Free Survival) และการอยู่รอดโดยปราศจากโรคเรื้อรังที่ทำให้เกิดพิการ (Survival Without Disability, Chronic Disease) นำมาซึ่งการพัฒนาวิธีคำนวณความยืนยาวของอายุโดยปราศจากความพิการ หรือปราศจากโรคเรื้อรังต่าง ๆ ด้วย ตัวแบบนี้ทำให้สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของการตาย การเจ็บป่วย และสภาวะบกพร่องทางสุขภาพต่าง ๆ อันเนื่องมาจากการเจ็บป่วยได้อย่างชัดเจน นำไปสู่การศึกษาสภาวะของปัญหาสุขภาพ เช่น โรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ

การสร้างเครื่องชี้วัดเพื่อให้ทราบถึงลักษณะของ “ตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุ” จึงมีความจำเป็นที่จะนำไปสู่ยุทธศาสตร์ในการสร้างเสริมสุขภาพและนำมาซึ่งการปฏิรูประบบสุขภาพที่มีประสิทธิผลสมบูรณ์ โดยการที่จะให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพดีนั้น จำเป็นต้องทราบสถานะสุขภาพและพฤติกรรมเสี่ยงของผู้สูงอายุ โดยคำนึงถึงภาพรวมของทุกมิติของสุขภาพ ทั้งทางกาย จิตใจ สังคมและจิตวิญญาณ การกำหนดลักษณะการวัดดังกล่าวให้เป็นรูปธรรม คือการกำหนดเครื่องชี้วัด (Indicators) แต่เนื่องจากการประเมินระดับสถานะสุขภาพและพฤติกรรมเสี่ยงเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนเพราะข้อมูลมีลักษณะไม่แน่นอน ไม่มีเกณฑ์ชัดเจนตายตัวในการวัด วาระระดับใดคือระดับต่ำหรือระดับสูง คณะผู้วิจัยจึงได้นำหลักการตรรกศาสตร์วิถันย (Fuzzy Logic) ที่คิดค้นโดย Lotfi A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งถูกพัฒนาจากเซตวิถันย (Fuzzy Set) ที่เป็นเซตที่มีขอบเขตไม่ชัดเจนหรือคลุมเครือ โดยหลักตรรกศาสตร์วิถันยเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลอย่างมีหลักเกณฑ์และ

เชื่อถือได้ มีงานวิจัยหลายงานที่ได้นำหลักตรรกศาสตร์วิภังค์มาใช้ในงานด้านการแพทย์และสุขภาพ ได้แก่ งานวิจัยของ Pytel และคณะ (2016) ได้พัฒนาเครือข่ายประสาทเทียมเพื่อประเมินความเสี่ยงของความดันโลหิตสูง ซึ่งพบว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความดันโลหิตสูงในหลอดเลือด และในปี ค.ศ. 2018 Pancardo และคณะ ได้นำเสนอวิธีการประเมินผลความหนักในการออกกำลังกาย หรือ Rating of Perceived Exertion (RPE) ในการทำงาน โดยใช้ อัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยหลักตรรกศาสตร์วิภังค์ และได้ผลลัพธ์มีความสำคัญเพื่อช่วยควบคุมตัวเองไม่ให้ทำงานหนักเกินกว่าที่ร่างกายจะรับได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความจำเป็นในการพัฒนาตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุในส่วนของพฤติกรรมสุขภาพ การเกิดโรค คุณภาพสิ่งแวดล้อมและความสัมพันธ์กับครอบครัวและชุมชน โดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังค์ เนื่องจากระบบประเมินสถานะสุขภาพผู้สูงอายุสามารถนำไปใช้จริงในทุก ๆ พื้นที่ เพื่อให้ทราบระดับสถานะสุขภาพและระดับพฤติกรรมเสี่ยงของผู้สูงอายุ และเป็นแนวทางในการดูแลสุขภาพอย่างเหมาะสม เพื่อการส่งเสริมสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุต่อไป

### วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในโครงการวิจัยนี้ ใช้ทฤษฎีตรรกศาสตร์วิภังค์ (Fuzzy Logic) เพื่อสร้างตัวชี้วัดสุขภาพ (Health Indicators) สำหรับผู้สูงอายุ โดยมีหลักในการวิจัย ดังนี้

#### 1. การวิเคราะห์ที่ใช้หลักตรรกศาสตร์วิภังค์ (Fuzzy Analysis: FA)

ตรรกศาสตร์วิภังค์ (Fuzzy logic) ได้พัฒนามาจากเซตวิภังค์ (Fuzzy set) ที่คิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก โดยตรรกศาสตร์วิภังค์เป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (Fuzzy) ไม่ใช่ชัดเจน (Exact) ยกตัวอย่างเช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าวัยทารกกับวัยเด็กแยกจากกันแน่ชัดช่วงใด วัยทารกอาจถูกตีความว่าเป็นอายุระหว่าง 0 ถึง 1 ปี บางคนอาจตีความว่าวัยทารกอยู่ในช่วงอายุ 0 ถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกัน วัยเด็กและวัยรุ่น ก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าช่วงต่อของอายุควรจะอยู่ในช่วงใด อาจตีความว่าวัยเด็กมีอายุอยู่ในช่วง 1 ถึง 12 ปี หรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นตัวอย่งของความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วไป เซตของเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนเช่นนี้เรียกว่าเซตวิภังค์ (Fuzzy set) ซึ่งเป็นเซตที่มีขอบเขตไม่เด่นชัดหรือคลุมเครือ เป็นการใช้เหตุผลแบบประมาณการ คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำตรรกศาสตร์วิภังค์ไปประยุกต์ใช้งานมากมายหลายสาขา โดยเฉพาะในสาขาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ออกแบบและสั่งการให้

เครื่องจักรทำงานเลียนแบบความสามารถของมนุษย์ก่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์มากมาย เช่น ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องซักผ้า ระบบควบคุมการทำงานของกล้องถ่ายรูป ระบบควบคุมการทำงานของหม้อหุงข้าว ระบบควบคุมการจ่ายไฟให้กับตู้เย็น ตรรกศาสตร์วิภังค์มีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกบูลีน (Boolean logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely true) กับเท็จ (Completely false) หรือเป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์  $[0, 1]$  ส่วนตรรกแบบจริงแท้จะเป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์  $\{0, 1\}$  เท่านั้น จากแนวความคิดของ L. A. Zadeh เกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ มากมาย (Buntao, (2011); Buntao & Kreinovich, (2011a, 2011b, 2011c); Ngamsantivong & Buntao, (2013); Feng & Nguyen, (2004); Feng & Fenf, (2004); Chen & Wu, (2003); Chen & Chen, (2011)) ได้มีนักวิจัยคิดค้นทฤษฎีเสริมกับแนวคิดเดิมจนทำให้เซตวิภังค์โดดเด่นในวงการคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าเซตวิภังค์จะนำเสนอจากคนอเมริกันแต่ประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ได้นำไปประยุกต์ใช้อย่างจริงจังในช่วงต้น ๆ แต่ประเทศญี่ปุ่นเล็งเห็นคุณค่าของศาสตร์ด้านนี้ได้เป็นผู้บุกเบิกเซตวิภังค์ทางการค้า โดยได้นำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และอื่น ๆ อีกมากมาย ในยุคปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้ความสำคัญกับศาสตร์นี้มากขึ้น โดยได้มีการทุ่มงบประมาณให้การวิจัยมากขึ้น และตรรกศาสตร์วิภังค์ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น ในโครงการอวกาศ NASA และโครงการด้านการทหาร ผู้วิจัยสนใจนำตรรกศาสตร์วิภังค์มาใช้สร้างตัวชี้วัดสุขภาพ (Health Indicators) สำหรับผู้สูงอายุโดยศึกษาและใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังค์สำหรับพัฒนาตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุ

## 2. การพัฒนาตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังค์

การสร้างตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังค์สำหรับพัฒนาตัวชี้วัดสุขภาพผู้สูงอายุ มีหลักการ โดยการกำหนดให้  $U = \{a, b, c, d, e\}$  เมื่อ  $a, b, c, d$  และ  $e$  เป็นสัญลักษณ์แทนความหมายระดับต่ำมาก ระดับต่ำ ระดับปานกลาง ระดับสูง และระดับสูงมาก ตามลำดับ โดย  $n$  แทนคะแนนทำการศึกษาทั้งหมด จะได้ว่า  $n_{ia}, n_{ib}, n_{ic}, n_{id}$  และ  $n_{ie}$  เป็นคะแนนของตัวอย่างที่อยู่ในระดับต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก ของด้าน  $A_i$  ซึ่ง  $A_i$  เป็นเซตวิภังค์ของ  $U$  จึงสามารถนิยามฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ( $\mu_{A_i}$ ) สำหรับ  $z$  ทุกๆ ตัว ใน  $U$  โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

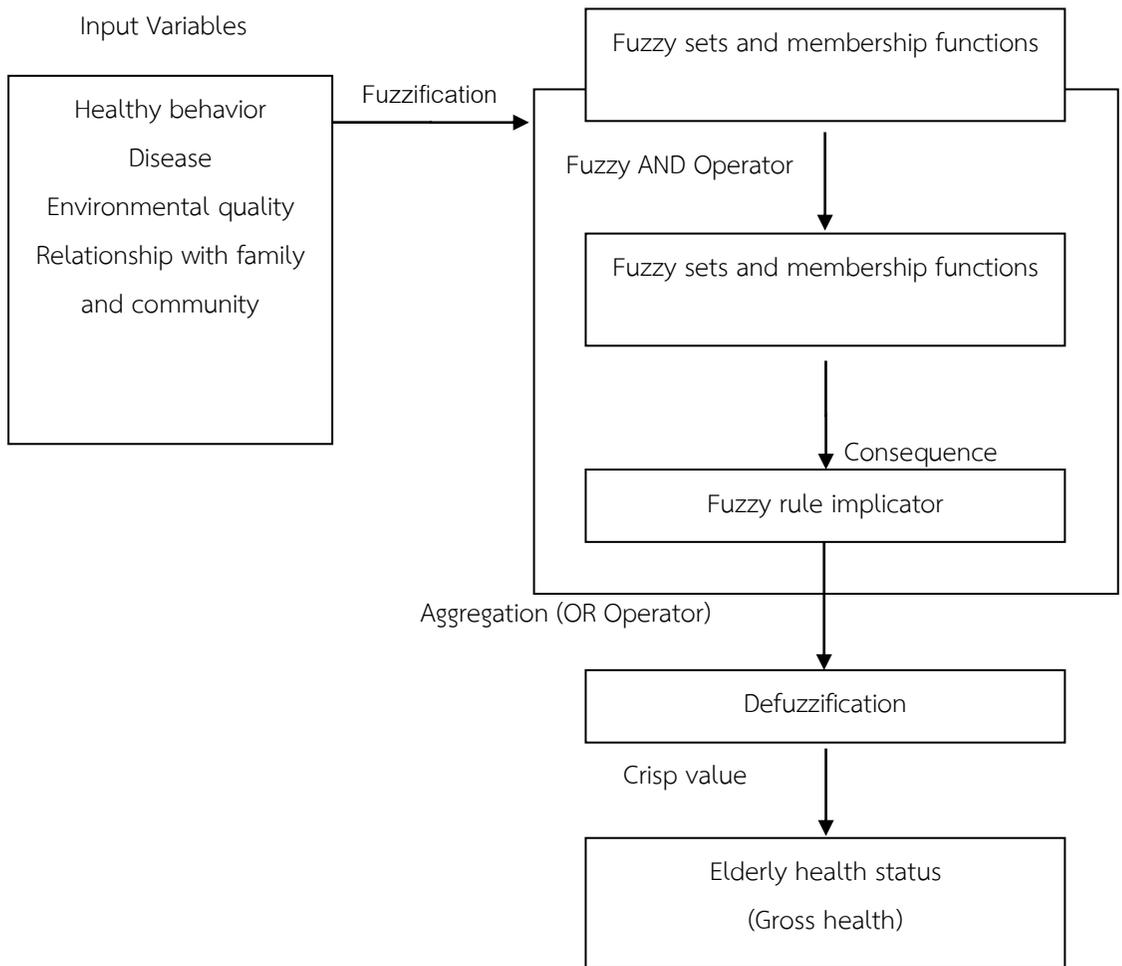
$$\mu_{A_i}(z) = \begin{cases} 0, & \text{if } 0 < n_{ia} \leq \frac{n}{5} \\ 0.25, & \text{if } \frac{n}{5} < n_{ib} \leq \frac{2n}{5} \\ 0.50, & \text{if } \frac{2n}{5} < n_{ic} \leq \frac{3n}{5} \\ 0.75, & \text{if } \frac{3n}{5} < n_{id} \leq \frac{4n}{5} \\ 1, & \text{if } \frac{4n}{5} < n_{ie} \leq n \end{cases}$$

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา มี 4 ตัวแปรหลัก ได้แก่ พฤติกรรมสุขภาพ (Healthy behavior) การเกิดโรค (Disease) คุณภาพสิ่งแวดล้อม (Environmental quality) ความสัมพันธ์กับครอบครัวและชุมชน (Relationship with family and community) กระบวนการพัฒนารูปแบบ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนแรก** คือการแปลง crisp inputs ลงในตัวแปร fuzzy ผ่านฟังก์ชันสมาชิกที่เรียกว่า กระบวนการ fuzzification จำนวนและชนิดของฟังก์ชันสมาชิกถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานของข้อมูลทางสถิติ เมื่อพิจารณาปัญหาการศึกษาครั้งนี้ใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (triangular membership function) สำหรับการอธิบายตัวแปร input และ output

**ขั้นตอนที่สอง** คือ ฐานกฎฟัซซี่ที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ผ่านมาของทุกพารามิเตอร์และตัวดำเนินการวิภันัย (fuzzy operator) ข้อมูลที่ผ่านมาที่ถูกเก็บรวบรวมจากแต่ละสถานีอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Departmen) ตัวดำเนินการวิภันัย AND และ OR ถูกนำมาใช้ในการรวมตัวแปร การป้อนข้อมูล

**ขั้นตอนที่สาม** คือการใช้ฟังก์ชันการป้อนข้อมูลสมาชิกและฐานกฎที่จะได้รับการส่งออก ฟังก์ชันสมาชิก ขั้นตอนนี้จะกระทำโดยวิธีการรับชุด fuzzy set ของการส่งออกเมื่อได้รับข้อมูลแต่ละตัว แล้วฟังก์ชันการส่งออกของสมาชิกแต่ละกฎจะร่วมกันเพื่อส่งออกหนึ่งชุด fuzzy set เรียกว่า กระบวนการรวม



ภาพที่ 1 แผนภาพขั้นตอนตรรกศาสตร์วิภันัยของระดับสถานะสุขภาพผู้สูงอายุ

**ขั้นตอนที่สี่** เป็นกระบวนการ defuzzification ว่า fuzzy set ของการส่งออกจะถูกแปลงเป็นค่ารอบเดียว วิธี defuzzification ที่พบมากที่สุดคือวิธีประเมิน “centroid” ซึ่งจะส่งกลับพื้นที่ใต้เส้นโค้ง รูปต่อไปนี้จะแสดงขั้นตอนตรรกศาสตร์วิภันัยของการทำงาน

ในงานวิจัยนี้ จะแทนอักษรเพื่อแสดงระดับของตัวแปรแต่ละตัว โดยชุด fuzzy sets ทั้งหมดจะครอบคลุมช่วงของการเปลี่ยนแปลงที่จำเป็นสำหรับตัวแปรที่สนใจ การศึกษาระดับการเป็นสมาชิก (0-1) ของการป้อนข้อมูลค่าที่แท้จริง (เช่น คุณภาพสิ่งแวดล้อม) ไปโดยเฉพาะอย่างยิ่ง fuzzy sets (เช่น สูง) จะได้รับจากการทำงานของสมาชิก การแปลงค่าข้อมูลนำเข้าไปยังระดับการเป็นสมาชิกของ fuzzy sets เรียกว่า fuzzification ของตัวแปรภาษาที่เป็นการจัดหมวดหมู่ของพารามิเตอร์ลงในแต่ละระดับ

การกำหนดฟังก์ชันสำหรับสมาชิกแต่ละตัวแปร พารามิเตอร์ทั้งหมดที่ใช้ในระบบนี้แต่ละพารามิเตอร์เหล่านี้แบ่งออกเป็นระดับดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	พารามิเตอร์	อักษรเพื่อแสดงระดับของตัวแปร
1	Healthy behavior	Very high R, High R, Medium R, Low R, Very low R
2	Disease	Very high E, High E, Medium E, Low E, Very low E
3	Environmental quality	Very high C, High C, Medium C, Low C, Very low C
4	Relationship with family and community	Very high S, High S, Medium S, Low S, Very low S

ตารางที่ 2 ช่วงของความเป็นสมาชิกในแต่ละระดับ

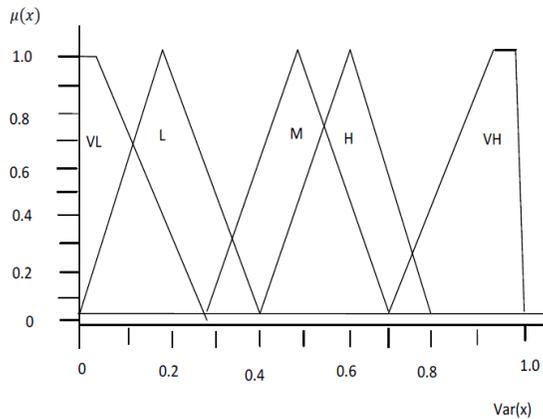
ระดับของตัวแปร	สัญลักษณ์	ช่วง
Very Low	VL	[0, 0.3]
Low	L	[0, 0.4]
Medium	M	[0.3, 0.7]
High	H	[0.4, 0.8]
Very High	VH	[0.7, 1.0]

$$Var(x) = \text{var}(x) = \begin{cases} \text{"VL"} & \text{if } 0.0 \leq \text{var}(x) < 0.3 \\ \text{"L"} & \text{if } 0.0 \leq \text{var}(x) < 0.4 \\ \text{"M"} & \text{if } 0.3 \leq \text{var}(x) < 0.7 \\ \text{"H"} & \text{if } 0.4 \leq \text{var}(x) < 0.8 \\ \text{"VH"} & \text{if } 0.7 \leq \text{var}(x) < 1.0 \end{cases} \quad (1)$$

การแสดงผลออกทางภาษาสำหรับตัวแปรและฟังก์ชันสมาชิกของพวกเขาได้รับการประเมินจากฟังก์ชันสมาชิกสามเหลี่ยมดังสมการที่ (1) และมันจะถูกกำหนดโดย ขอบล่าง ขอบบน และ ค่า m เมื่อ  $a < m < b$  ดังสมการที่ (2)

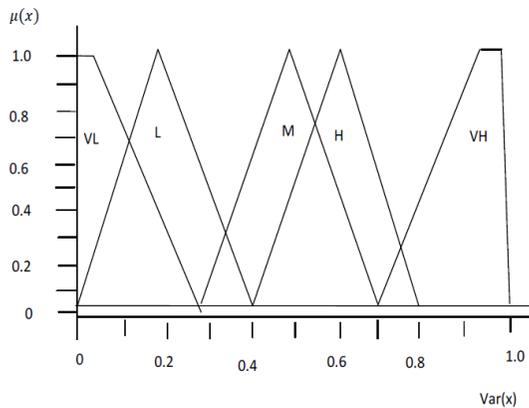
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & a < x \leq m \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

กราฟการเป็นสมาชิก (membership function) แสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 2 กราฟการเป็นสมาชิก (membership function)

สำหรับขั้นตอน fuzzification ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งฟังก์ชันสมาชิกภาพและระดับความคลุมเครือของตัวแปรคลุมเครือถูกแสดงไว้ใน ตัวอย่างเช่น ค่าของ x ของตัวแปรวิภันซ์ให้ฟังก์ชันสมาชิกสองฟังก์ชัน ( $\mu_1$ ) 0.3 และ ( $\mu_2$ ) 0.7 และระดับคลุมเครือ L และ M (จุดตัดกัน) ตามลำดับ การสร้างกฎการผลิตที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วยส่วนก่อนหน้าและส่วนที่เป็นผลสืบเนื่องของคำสั่ง IF จากนั้นอัลกอริธึมที่มีตรรกะตามประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้มีอำนาจตัดสินใจ IF (TP ต่ำ) และ (HU สูง) และ (DP สูงมาก) และ (WS สูง) และ (PR ต่ำมาก) จากนั้น (RF คือ High)



ภาพที่ 3 กราฟของฟังก์ชันสมาชิก

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ระดับสุขภาพผู้สูงอายุและฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

พารามิเตอร์	เซตวิภังค์	ค่า $y$	ค่าเฉลี่ย $\mu(y)$
Healthy behavior	Low	0.3	0.36
Disease	High	0.7	0.78
Environmental quality	High	0.8	0.87
Relationship with family and community	Very low	0.1	0.14

ขั้นตอนการทำ Min-Max Composition จากค่าจำกัดความของกฎมีการใช้ตัวดำเนินการ AND ในการประเมินก่อนหน้านั้น ฟังก์ชัน Mamdani min จะถูกนำไปใช้เพื่อกำหนดระดับการยิง ( $\alpha$ ) ของกฎดังต่อไปนี้

$$\mu_{A \cap B(y)} = \text{Min}[\mu_{A(y)}, \mu_{B(y)}] | y \in Y$$

$$\alpha = \text{Min}[\mu(TP = 0.3), \mu(HU = 0.7), \mu(WS = 0.8), \mu(SR = 0.1)] = \text{Min}[0.36, 0.78, 0.87, 0.14] = 0.14$$

ค่าก่อนหน้านั้นคูณด้วยตัวประกอบน้ำหนักเพื่อให้เป็นค่าที่แสดงถึงระดับการสนับสนุน สำหรับกฎ  $FV_i = \alpha_i w_i$  เมื่อ  $w_i = 1$  โดย  $FV_i = \alpha_i$  ในขั้นตอนการรวม เอาต์พุตชุดคลุมเครือของกฎแต่ละข้อ (สร้างโดยวิธีการแสดงนัย) จะถูกรวมเข้าด้วยกันเพื่อสร้างชุดคลุมเครือชุดเดียว ฟังก์ชันฟัชชีแม็กซ์ (ตัวดำเนินการ OR) ที่แสดงในสมการใช้สำหรับการรวมตัว

$$\mu_{A \cup B(y)} = \text{Max}[\mu_{A(y)}, \mu_{B(y)}] | y \in Y$$

สมมติว่ามีกฎ  $N$  สำหรับพารามิเตอร์สุขภาพผู้สูงอายุและความหมายคลุมเครือของแต่ละกฎจะแสดงเป็น  $FV$  จากนั้นเป็นความหมายคลุมเครือของกฎ  $i$ th โดยที่  $i = 1, 2, \dots, N$  ดังนั้นค่าฟัชชีสุดท้ายคือผลลัพธ์ของตัวดำเนินการการรวม

$$FV = \text{Max}[FV_1, FV_2, \dots, FV_N]$$

ขั้นตอนการ Defuzzification เกี่ยวข้องกับการแปลงตัวแปรทางภาษาเป็นค่าตัวเลขหรือค่าที่คมชัด งานนี้ใช้วิธีการกระจายเสียงแบบเซนทรอยด์ ให้ไว้ดังนี้

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$$

โดยที่  $z$  คือค่าที่คมชัดและสามารถใช้ในการตัดสินใจได้คือความหมายคลุมเครือ (ความแรงในการยิง) ของกฎลำดับที่  $i$ th โดย  $\mu(\alpha)$  คือระดับความเป็นสมาชิกของค่าเส้นทางที่  $i$ th และ  $y_i$  เป็นผลมาจากกฎแต่ละข้อ

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การตรวจสอบระดับสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้ตัวแบบที่สร้างขึ้นโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิภังช นัยสถานะสุขภาพผู้สูงอายุ ใช้ข้อมูลผู้สูงอายุ ต.แก่งเลิงจาน อ.เมือง จ.มหาสารคาม ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

### 1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานผู้สูงอายุ

โดยข้อมูลพื้นฐานผู้สูงอายุ ต.แก่งเลิงจาน อ.เมือง จ.มหาสารคาม จำนวน 1505 คน สามารถสรุปรายละเอียดข้อมูลทั่วไปดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตาม เพศ และการมีโรคประจำตัว

	รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	620	41.20
	หญิง	885	58.80
รวม		1505	100.00
มีโรคประจำตัว	มี	642	42.70
	ไม่มี	325	57.30
รวม		1505	100.00

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของผู้สูงอายุ จำแนกตามช่วงอายุ

ช่วงอายุ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
60-64	501	33.30
65-69	469	31.20
70-74	262	17.40
75-79	162	10.80
80-84	71	4.70
85-89	27	1.80
90-94	9	0.60
95-99	4	0.30
รวม	1505	100.00

จากตารางที่ 4-5 เมื่อพิจารณาจำแนกตามเพศ พบว่าผู้สูงอายุส่วนมากเป็นเพศหญิงคิดเป็น ร้อยละ 58.80 และรองลงมาเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 41.20 ผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวสูงถึงร้อยละ 42.70 เมื่อจำแนกตามช่วงอายุพบว่าส่วนมากอยู่ที่ช่วงอายุ 60-64 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.30 รองลงมา

คือช่วงอายุ 65-69 ปี ร้อยละ 31.20 และช่วงอายุ 70-74 ปี คิดเป็นร้อยละ 17.40 ตามลำดับ และจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออายุมากขึ้น อัตราการคงเหลือของผู้ที่ยังมีชีวิตอยู่จะลดลงเรื่อย ๆ และยิ่งขึ้นกับการมีสุขภาพดีและการไม่มีโรคประจำตัว

## 2. ผลการวิเคราะห์ตัวแบบตรรกศาสตร์วิถันัยระดับสุขภาพผู้สูงอายุ

จากการศึกษาสถานะสุขภาพผู้สูงอายุโดยใช้ตัวแบบตรรกศาสตร์วิถันัย ตัวแปรนำเข้าที่ใช้ในการศึกษา มี 4 ตัวแปรหลัก ได้แก่ พฤติกรรมสุขภาพ (Healthy behavior) การเกิดโรค (Disease) คุณภาพสิ่งแวดล้อม (Environmental quality) ความสัมพันธ์กับครอบครัวและชุมชน (Relationship with family and community) ผลการวิเคราะห์ระดับคุณภาพผู้สูงอายุในแต่ละด้านได้ผลดังตารางที่ 6

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาระดับสถานะสุขภาพผู้สูงอายุของตัวแปรนำเข้าและระดับสุขภาพมวลรวม การพิจารณาตัวแปรนำเข้าต้องแยกพิจารณาตัวแปรออกเป็นสองส่วนได้แก่ตัวแปรด้านบวกซึ่งประกอบด้วย พฤติกรรมสุขภาพ คุณภาพสิ่งแวดล้อม และความสัมพันธ์กับครอบครัวและชุมชน และตัวแปรด้านลบคือการเกิดโรค เมื่อนำมาวิเคราะห์ระดับสถานะสุขภาพผู้สูงอายุมวลรวมได้นำมาปรับให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ตัวแปรนำเข้าแต่ละตัว พบว่า พฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 38.41 การเกิดโรคของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 37.34 คุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ผู้สูงอายุอยู่อาศัยส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 31.10 และความสัมพันธ์กับครอบครัวและชุมชนของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 29.77 เมื่อสรุปสุขภาพมวลรวมของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 30.73

ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละของระดับสถานะสุขภาพผู้สูงอายุของตัวแปรนำเข้าและระดับสุขภาพมวลรวม

ตัวแปรนำเข้า	สูงมาก	สูง	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก
พฤติกรรมสุขภาพ (Healthy behavior)	3.79	5.05	29.57	38.41	23.19
การเกิดโรค (Disease)	15.35	37.34	32.49	12.16	2.66
คุณภาพสิ่งแวดล้อม (Environmental quality)	6.51	23.99	31.10	20.73	17.67
ความสัมพันธ์กับครอบครัวและชุมชน (Relationship with family and community)	9.04	14.02	29.77	23.72	23.46
สุขภาพมวลรวม (Gross health)	8.67	20.10	30.73	23.76	16.75

### สรุปผลและเสนอแนะ

การสร้างเครื่องชี้วัดสุขภาพเพื่อให้ทราบสถานะสุขภาพผู้สูงอายุ สามารถนำไปสู่ยุทธศาสตร์ในการสร้างเสริมสุขภาพและนำมาซึ่งการปฏิรูประบบสุขภาพที่มีประสิทธิภาพสมบูรณ์ โดยการที่จะทำให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพดีนั้น ช่วยในการดูแลสุขภาพอย่างเหมาะสม เพื่อการสร้างเสริมสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุ ในการวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแบบในการวัดสถานะสุขภาพผู้สูงอายุใช้ทฤษฎีตรรกศาสตร์วิภันัย โดยมีการดำเนินการในตัวแบบ 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การดำเนินการ fuzzification และ defuzzification จากผลการวิเคราะห์พบว่าสรุปสุขภาพมวลรวมของผู้สูงอายุส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 30.73 และประเด็นสุขภาพที่ควรให้การใส่ใจและส่งเสริมที่สุดคือพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุ ดังนั้นควรส่งเสริมให้ความรู้ผู้สูงอายุในการดูแลสุขภาพให้เหมาะสมเพื่อให้สุขภาพมวลรวมดีขึ้น เนื่องมาจากสมรรถภาพของร่างกายการเสื่อมไปตามอายุที่เพิ่มขึ้นของผู้สูงอายุ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อให้มีสุขภาพดี ไม่ว่าจะทางกายและทางใจทำให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น ทั้งนี้บุคคลในครอบครัวมีบทบาทสำคัญมากในการดูแลผู้สูงอายุ ต้องเข้าใจปัญหา เพื่อจะได้ดูแลสุขภาพและสภาพแวดล้อมของผู้สูงอายุอย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2550). *คู่มือหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2550*. กรุงเทพฯ: สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ
- Abraham, A., Philip N. & Joseph B. (2001). *Soft Computing Models for Long Term Rainfall Forecasting*. In: *15th European Simulation Multi conference (ESM, August/September 2001)*. Modeling and Simulation 2000, Kerckhoffs, E.J.H. and M. Snorek (Eds.). Czech Republic, Prague. 1044-1048.
- Buntao, N. & Kreinovich, V. (2011a). Uniqueness of Reconstruction for Yager's t-Norm Combination of Probabilistic and Possibilistic Knowledge. *International Journal on Intelligent Systems*, 27(1), 16-22.
- Buntao, N. & Kreinovich, V. (2011b). How to Combine Probabilistic and Possibilistic (Expert) Knowledge: Uniqueness of Reconstruction in Yager's (Product) Approach. *International Journal of Innovation Management, Information and Production*, 2(1), 1-9.
- Cramer, H. (1946). *Mathematical Methods of Statistics*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Cox, F. R., & Lewis, P.A. W. (1966). *The Statistical Analysis of Series of Events*. London: Springer Netherlands.
- Johnstone, J.N. (1981). *Indicators of Education Systems*. London: UNESCO.
- Ngamsantivong, T. & Buntao, N. (2013). Yager's Combination of Probabilistic and Possibilistic Knowledge: Beyond t-Norms. *Journal of Uncertain System*, 7(3), 186-189.
- Roche, C. (1999). *Impact Assessment for Development Agencies: Learning to Value Change*. UK: An Oxfam Publication.
- UNESCO. (1985). *Population: Quality of Life Themes*. Bangkok: Unesco Regional Office for Education in Asia.
- World Health Organization (1984). *The uses of epidemiology in the study of the elderly: Report of a WHO Scientific Group on the Epidemiology of Aging*. Geneva: WHO (Technical Report Series 706).

## ยกระดับผลผลิตปาล์มน้ำมันโดยการจัดการสวนที่เหมาะสมระดับชุมชนตาม ศักยภาพพื้นที่จังหวัดนครพนม

### Increasing Yield of Oil Palm with Appropriate Management According to Area in Community in Nakhon Phanom

นิยม ไช้มุขข์, ปัญจพล สิริสุวรรณมา และมะนิต สารุณา  
Niyom Khaimuk., Puchapon Sirisuwanma. and Manit Saruna

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม กรมวิชาการเกษตร

Nakhon Phanom Agricultural Research and Development Center, Department of Agriculture.

\* Corresponding author. E-mail: nkpn.1@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่จังหวัดนครพนมเพื่อยกระดับผลผลิตให้สูงขึ้น โดยนำเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันของกรมวิชาการเกษตรมาทดสอบและปรับใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ ดำเนินการในแปลงปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกร อ.ท่าอุเทน และ อ.โพนสวรรค์ จำนวน 28 แปลง ในปี 2562-2564 การวิเคราะห์ดินและใบเทียบกับเกณฑ์เหมาะสม พบว่าอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับเหมาะสมต่ำ ธาตุอาหารในใบต่ำกว่าค่าเหมาะสมระดับปานกลาง ปริมาณน้ำฝนมีความเหมาะสม แต่การกระจายตัวของฝนและช่วงเวลาการขาดน้ำต่ำกว่าเกณฑ์เหมาะสม จึงทำการทดสอบใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ ให้น้ำในช่วงแล้งตามศักยภาพพื้นที่เปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกร พบว่า ปีที่ 1 2 และ 3 แปลงที่ให้น้ำวิธีทดสอบให้ผลผลิตเฉลี่ย 2.13 2.73 และ 3.12 ตันต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 14.5 12.8 และ 9.51 ตามลำดับ ส่วนแปลงที่ไม่ให้น้ำให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.62 2.30 และ 2.32 ตันต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 13.1 22.7 และ 18.8 ตามลำดับ ในปีที่ 3 ของการวิจัย พบว่า วิธีทดสอบมีจำนวนแปลงที่มีผลผลิตระดับสูงและปานกลางเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 71.4 และ 21.4 จากเดิมร้อยละ 17.9 และ 14.3 และจำนวนแปลงที่มีผลผลิตต่ำลดลงเหลือร้อยละ 7.14 จากเดิมร้อยละ 64.3 แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบร่วมกับให้น้ำในช่วงแล้งสามารถยกระดับผลผลิตได้มากที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบแต่ไม่ให้น้ำก็สามารถยกระดับผลผลิตปาล์มน้ำมันให้สูงขึ้นได้เมื่อเทียบกับวิธีเดิมของเกษตรกร

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน ยกระดับผลผลิต จังหวัดนครพนม ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบ

## Abstract

This research aim to develop oil palm production of farmers in Nakhon Phanom for increasing yield. The trial of oil palm technological production conducted in oil palm orchard of farmers at the age 6-9 years in Tha-U-Then and Phonsawan District from 2019 - 2021. The results of soil and leaf analysis showed the pH were in the range of moderate to highly appropriate level, organic matter was in the range of low to highly appropriate level. The nutrient, phosphorus, potassium and magnesium were lower than appropriate level both in soil and leaves. The DOA method, fertilizer application based on nutrient analysis of oil palm leaf and watering in dry season were demonstrated to compare with farmers' practice. We found that in the 1<sup>st</sup> 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> year of the research oil palm of DOA method, both fertilizer and water application gave the yield average at 2.13 2.73 and 3.12 ton/rai, respectively, more than the yield of farmers' practice at 14.5 12.8 and 9.51%. The DOA method, which only fertilizer application showed the yield average at 1.62 2.30 and 2.32 ton/rai, respectively, more than the yield of farmers' practice at 13.1 22.7 and 18.8%, respectively. The result showed the fertilizer application and both of water and fertilizer application were used to increase oil palm productivity in Nakhon Phanom Plantation.

**Keywords:** oil palm, increasing yield, Nakhon Panom Province, fertilization based on leaf analysis

## บทนำ

จังหวัดนครพนม อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เป็นเขตที่ฝนชุก โดยปี 2557-2560 มีจำนวนวันฝนตก 130 – 143 วันต่อปี ปริมาณน้ำฝน อยู่ระหว่าง 2,107 - 2,410 มิลลิเมตรต่อปี (สำนักงานจังหวัดนครพนม, 2464) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมันคือมากกว่า 1,800 มิลลิเมตรต่อปี เกษตรกรเริ่มปลูกปาล์มน้ำมันตั้งแต่ปี 2550 โดยประมาณ จนมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในปี 2562 มีผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน จำนวน 1,052 ครัวเรือน พื้นที่ 6,855 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 1.09 ตันต่อไร่ โดยช่วงอายุ 3-6 ปี 7-15 ปี มีผลผลิตเฉลี่ย 0.74 และ 1.71 ตันต่อไร่ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเมื่อเทียบกับผลผลิตเฉลี่ยของทั้งประเทศที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2.90 ตันต่อไร่ และที่ช่วงอายุ 3-6 ปี 7-15 ปี มีผลผลิตเฉลี่ย 2.01 และ 3.63 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ส่วนหนึ่งเนื่องจาก

เกษตรกรขาดความรู้ในการดูแลรักษาปาล์มน้ำมัน ซึ่งมีสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศแตกต่างจากเขตภาคใต้ที่เป็นเขตเหมาะสม และพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจัดอยู่ในระดับความเหมาะสมต่ำสำหรับปาล์มน้ำมัน แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถให้ผลผลิตสูงได้ หากมีการดูแลรักษาที่เหมาะสมโดยให้ปุ๋ยหรือให้น้ำเสริมในช่วงฤดูแล้งอย่างเพียงพอ จึงทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางการเพิ่มผลผลิตหรือยกระดับผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกรในพื้นที่ให้สูงขึ้นตามศักยภาพพื้นที่ โดยดำเนินการในระดับชุมชน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างผู้ปลูกปาล์มในชุมชน

## วิธีดำเนินการวิจัย

### อุปกรณ์

1. ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 0-3-0 0-0-60 15-15-15 46-0-0 กลีเซอรีนโรต โบเรท และปุ๋ย

### อินทรีย์

2. วัสดุและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ จอบ เสียม ถัง และถุงพลาสติก
3. วัสดุและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน ได้แก่ กรรไกรตัดกิ่ง ตูบ และถุงเก็บ

### ตัวอย่าง

4. อุปกรณ์เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ตลับเมตร เวอร์เนีย
5. อุปกรณ์เก็บผลผลิต ได้แก่ เคียวตัดปาล์ม เสียมแทงปาล์ม ตาชั่ง สีน้ำมัน

### วิธีการ

1. วิเคราะห์พื้นที่และการผลิตของเกษตรกร โดยคัดเลือกพื้นที่แบบเฉพาะเจาะจง เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากของจังหวัดนครพนม วิเคราะห์คุณสมบัติและธาตุอาหารในดินและในใบปาล์มน้ำมัน
2. ทดสอบเทคโนโลยี เป็นการทดสอบในแปลงปาล์มน้ำมันของเกษตรกรจังหวัดนครพนม จำนวน 28 ราย ๆ ละ 5 ไร่ เปรียบเทียบระหว่าง วิธีทดสอบ (DOA method) คือ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบ หรือให้น้ำเสริมในช่วงฤดูแล้งตามศักยภาพของแปลง ให้น้ำอย่างน้อย 200-300 ลิตรต่อต้นต่อสัปดาห์ ดูแลรักษาตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร กับวิธีเกษตรกร (Farmers' practice) การใส่ปุ๋ย และ/หรือให้น้ำตามวิธีของเกษตรกร วิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตปาล์มน้ำมันด้วยวิธี Yield Gap Analysis เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ผลแบบ Paired sample t-test และวิเคราะห์สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (Benefit Cost Ratio, BCR)

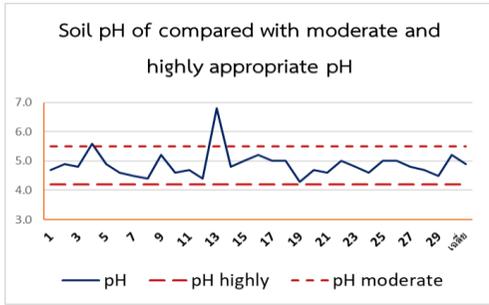
## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. การวิเคราะห์พื้นที่และการผลิต

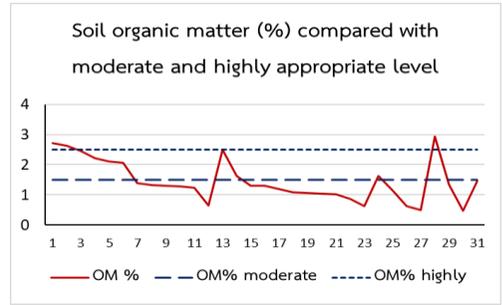
แต่การกระจายตัวของฝน 7 เดือน ต่ำกว่าเกณฑ์เหมาะสม (ไม่น้อยกว่า 8 เดือน) การขาดน้ำ 5 เดือน ต่ำกว่าเกณฑ์เหมาะสม (ไม่เกิน 3 เดือน) อำเภอท่าอุเทน อำเภอโพนสวรรค์ จังหวัดนครพนม มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุดในจังหวัด สภาพพื้นที่ปลูกเป็นที่ลุ่มต่ำ เดิมเคยปลูกข้าวแต่มักได้รับความเสียหายจากน้ำท่วม เกษตรกรจึงเลือกปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ดังกล่าว เนื่องจากเป็นพืชยืนต้นมีความเสี่ยงต่ำจากภาวะน้ำท่วม ลักษณะดินปลูกเป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียว มีความเหมาะสมปานกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อยู่ระหว่าง 4.3 – 6.8 อยู่ในระดับเหมาะสมปานกลางจนถึงระดับสูง อินทรีย์วัตถุในดินพบตั้งแต่ต่ำมากจนถึงสูงมาก อยู่ระหว่าง 0.47 – 2.94 เปอร์เซ็นต์ แต่ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเหมาะสม (2.0 เปอร์เซ็นต์) ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) อยู่ระหว่าง 2 – 18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K) อยู่ระหว่าง 33 – 302 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ และแมกนีเซียม (Mg) อยู่ระหว่าง 6 - 348 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง (ภาพที่ 1)

ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) อยู่ระหว่าง 1.44 – 2.57 เปอร์เซ็นต์ ทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเหมาะสม (ค่าวิกฤติ) ฟอสฟอรัส (P) อยู่ระหว่าง 0.09 – 0.13 เปอร์เซ็นต์ ทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเหมาะสม โพแทสเซียม (K) พบอยู่ระหว่าง 0.52 – 1.35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่าเหมาะสม ในขณะที่แมกนีเซียม (Mg) อยู่ระหว่าง 0.19 – 0.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากกว่าค่าเหมาะสม (ค่าเหมาะสมของ N P K และ Mg เท่ากับ 2.51 0.161 1.00 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับปาล์มน้ำมันอายุ 6 ปี) (ภาพที่ 2)

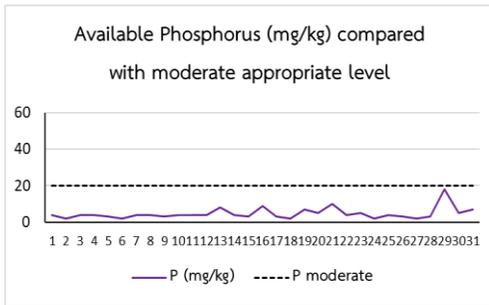
การดูแลรักษาปาล์มน้ำมันของเกษตรกร พบว่า มีการใส่ปุ๋ยเคมี โดยส่วนใหญ่ใส่ 2 ครั้งต่อปี ในช่วงฤดูฝนคือเดือน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม รองลงมาใส่ 1 3 และ 4 ครั้งต่อปี อัตรา 1-3 กิโลกรัมต่อต้น ส่วนใหญ่ไม่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง มีเพียงส่วนน้อยที่มีการให้น้ำเสริมช่วงแล้ง วิธีการให้น้ำคือมินิสปริงเกอร์ และให้ตามผิวดินคือปล่อยไหลบ่าในร่อง



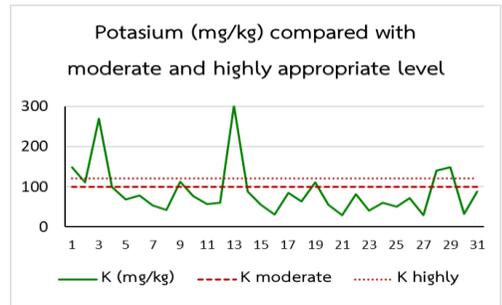
A



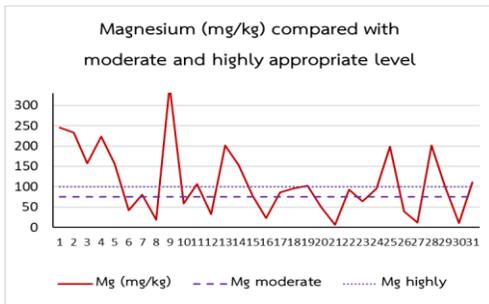
B



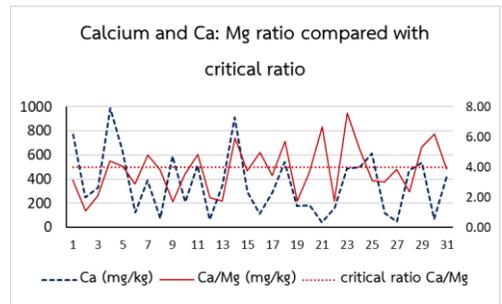
C



D

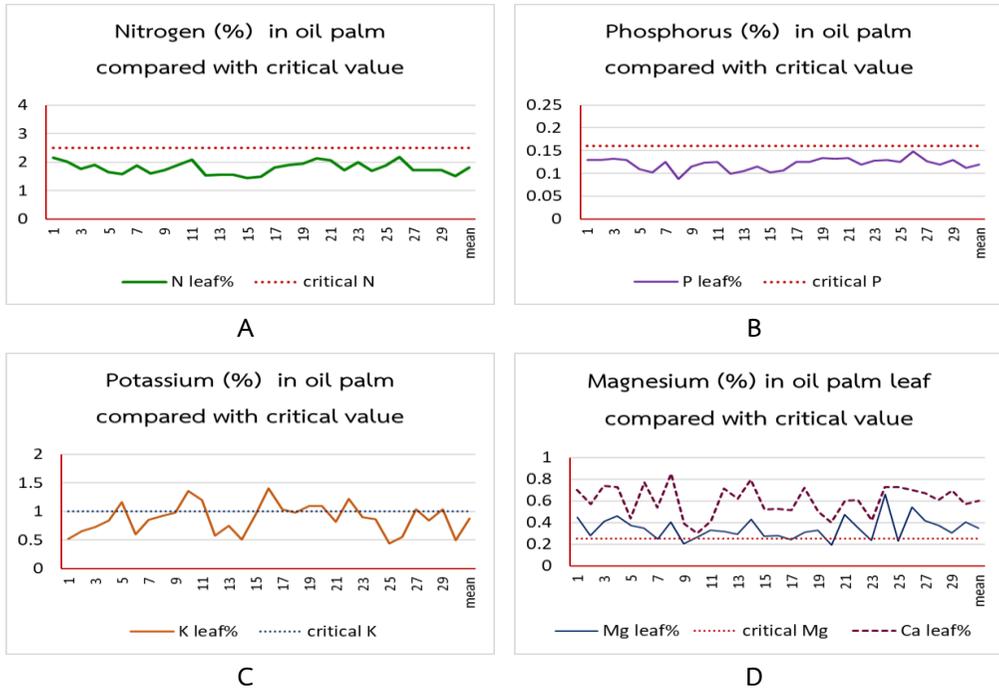


E



F

ภาพที่ 1 Soil biochemical and the nutrient in oil palm orchards of trial plot, A: soil pH, B: organic matter C: available phosphorus D: potassium E: magnesium (Mg) (mg/kg), F: calcium 2019 – 2021



ภาพที่ 2 Nutrient in oil palm leaf of trial plot compared with critical value, A: Nitrogen (%), B: Phosphorus (%), C: Potassium (K) (%) and D: Magnesium (%) in 2019 – 2021

## 2. การทดสอบเทคโนโลยี

### 2.1 การเจริญเติบโต

ด้านจำนวนทางใบทั้งหมด พบว่า ในปีที่ 3 ของการทดสอบ วิธีทดสอบและวิธีเกษตรกรแปลง ให้น้ำมีจำนวนทางใบทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากันคือ 36.0 ทางใบ แต่แปลงไม่ให้น้ำวิธีทดสอบให้จำนวนใบทางใบทั้งหมดเฉลี่ย 38.3 มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 2.68 ส่วนในปีที่ 1 และ 2 วิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกรมีจำนวนทางใบทั้งหมดไม่แตกต่างกันในทางสถิติทั้งแปลงให้น้ำและไม่ให้น้ำ แปลงให้น้ำและไม่ให้น้ำมีจำนวนทางใบทั้งหมดเฉลี่ย 42.0 และ 37.8 ทางใบ ส่วนวิธีเกษตรกร เฉลี่ยเท่ากับ 41.0 และ 38.2 ทางใบ ปีที่ 2 วิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกรมีจำนวนทางใบทั้งหมดไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งแปลงให้น้ำและไม่ให้น้ำ โดยมีจำนวนทางใบทั้งหมดอยู่ระหว่าง 31.2-41.0 ทางใบ (ตารางที่ 1)

**ความยาวทางใบ** ในปีที่ 1 2 และ 3 ของการทดสอบ แปลงให้น้ำและไม่ให้น้ำ วิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกรให้ความยาวทางใบไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยแปลงให้น้ำวิธีทดสอบมีความยาวทางใบเฉลี่ย 4.47 4.63 และ 4.74 เมตร ส่วนวิธีเกษตรกร เฉลี่ยเท่ากับ 4.50 4.70 และ 4.78 เมตร

ตามลำดับ สำหรับแปลงไม่ให้น้ำ วิธีทดสอบมีความยาวทางใบเฉลี่ย 4.74 4.65 และ 4.97 เมตร ส่วนวิธีเกษตรกรรมเฉลี่ย 4.58 4.39 และ 4.83 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

**จำนวนใบย่อย** ในปีที่ 1 2 และปีที่ 3 แปลงให้น้ำและไม่ให้น้ำ วิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกรรมมีจำนวนใบย่อยไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยแปลงให้น้ำวิธีทดสอบมีจำนวนใบย่อยเฉลี่ย 293 303 และ 303 ใบ ส่วนวิธีเกษตรกรรม เฉลี่ยเท่ากับ 289 302 และ 302 ใบ ตามลำดับ สำหรับแปลงไม่ให้น้ำ วิธีทดสอบมีจำนวนใบย่อยเฉลี่ย 299 295 และ 312 ใบ ส่วนวิธีเกษตรกรรม เฉลี่ยเท่ากับ 300 290 และ 310 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

**พื้นที่ใบ** ในปีที่ 1 และ 2 แปลงให้น้ำและไม่ให้น้ำ วิธีทดสอบกับวิธีเกษตรกรรมมีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยแปลงให้น้ำวิธีทดสอบมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 6.51 และ 8.70 ตารางเมตร ส่วนวิธีเกษตรกรรม เฉลี่ยเท่ากับ 6.09 และ 8.62 ตารางเมตร สำหรับแปลงไม่ให้น้ำ มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยแปลงให้น้ำวิธีทดสอบมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 6.61 และ 7.90 ตารางเมตร ส่วนวิธีเกษตรกรรม เฉลี่ยเท่ากับ 5.95 และ 8.34 ตารางเมตร แต่ปีที่ 3 แปลงให้น้ำมีพื้นที่ใบมากกว่าวิธีเกษตรกรรมอย่างมีนัยสำคัญ มีพื้นที่ใบเฉลี่ย 6.84 ตารางเมตร มากกว่าวิธีเกษตรกรรมคิดเป็นร้อยละ 6.05 แต่แปลงไม่ให้น้ำ มีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยวิธีทดสอบและวิธีเกษตรกรรมมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 6.96 และ 6.52 ตารางเมตร (ตารางที่ 1)

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตด้านจำนวนทางใบเพิ่ม จำนวนใบย่อย และพื้นที่ใบของวิธีทดสอบมีค่ามากกว่าวิธีเกษตรกรรมแตกต่างกันในทางสถิติ เป็นสิ่งบ่งชี้ว่าปาล์มน้ำมันวิธีทดสอบที่ได้รับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบรวมกับการจัดการน้ำตามศักยภาพพื้นที่ และการตัดแต่งทางใบอย่างถูกต้องมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าวิธีเกษตรกรรมซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของกาญจนา และคณะ (2559) ที่ทดสอบเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมันระยะให้ผลผลิตตามศักยภาพพื้นที่จังหวัดบึงกาฬ เลย นครพนม กาฬสินธุ์ สกลนคร และอุดรธานี พบว่า วิธีแนะนำของกรมวิชาการเกษตรที่ให้น้ำในช่วงแล้งร่วมกับกับการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบและดิน ทำให้การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันในปีที่ 3 มากกว่าวิธีเกษตรกรรมที่ปฏิบัติอยู่

## 2.2 การออกดอก

**จำนวนช่อดอกตัวเมีย** ในปีที่ 2 และปีที่ 3 ของการทดสอบพบว่าวิธีทดสอบให้จำนวนช่อดอกตัวเมีย และสัดส่วนเพศดอกมากกว่าวิธีเกษตรกรรมอย่างมีนัยสำคัญ โดยจำนวนช่อดอกตัวเมียของแปลงให้น้ำวิธีทดสอบ ในปีที่ 1 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย 8.26 8.46 และ 10.9 ช่อต่อต้นต่อปี ส่วนวิธีเกษตรกรรมมีค่าเฉลี่ย 5.63 6.79 และ 9.44 ช่อต่อต้นต่อปี ตามลำดับ แปลงไม่ให้น้ำวิธีทดสอบให้จำนวนช่อดอกตัวเมียน้อยกว่าแปลงให้น้ำ โดยมีจำนวนช่อดอกตัวเมียเฉลี่ย 7.50 7.89 และ 11.1 ช่อต่อต้นต่อปี ส่วนวิธีเกษตรกรรมมีค่าเฉลี่ย 6.63 6.43 และ 9.93 ช่อต่อต้นต่อปี ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

**อัตราส่วนเพศดอก (Sex ratio (%))** ในปี ที่ 1 2 และปีที่ 3 ของการทดสอบพบว่าแปลงให้น้ำวิธีทดสอบให้สัดส่วนช่อดอกตัวเมียต่อช่อดอกทั้งหมด เฉลี่ย 52.6 54.9 และ 56.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีเกษตรกรเฉลี่ย 43.6 51.3 และ 48.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปีที่ 3 มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 15.3 แปลงไม่ให้น้ำวิธีทดสอบให้สัดส่วนช่อดอกตัวเมียต่อช่อดอกทั้งหมด เฉลี่ย 53.2 53.7 และ 55.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีเกษตรกรเฉลี่ย 49.2 48.1 และ 49.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในปีที่ 2 และ 3 มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 11.6 และ 10.1 (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 1** The growth characteristics of oil palm of DOA method and Farmers' practice in trial plot in Nakhon Phanom province in 2019 to 2021

Growth management	Year 2019			Year 2020			Year 2021			
	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	
Total of fronds fronds	water	42.0	41.0	2.44	38.	36.	5.5	36.	36.	0.0
	t-Test	ns			ns			ns		
	no water	37.8	38.2	-	33.	31.	6.4	38.	37.	2.6
	t-Test	ns			ns			*		
Fronde length (m.)	water	4.47	4.50	-	4.6	4.7	-	4.7	4.7	-
	t-Test	ns			ns			ns		
	no water	4.74	4.58	3.38	4.6	4.3	5.9	4.9	4.8	2.9
	t-Test	ns			ns			ns		
Number of leaflets per frond	water	293.	289.	1.43	30	30	0.3	30	30	0.3
	t-Test	ns			ns			ns		
	no water	299	300	-	29	29	1.5	31	31	0.6
	t-Test	ns			ns			30 30 0.3		
Leaf area (m. <sup>2</sup> )	water	6.51	6.09	6.86	8.7	8.6	0.9	6.8	6.4	6.0
	t-Test	ns			ns			*		
	no water	6.61	5.95	11.1	7.9	8.3	-	6.9	6.5	6.7
	t-Test	ns			ns			ns		

**Note ;** number of watering plot in 2019 = 5, 2020 n = 7 and 2021 n = 17 and no watering plot in 2019 = 23, 2020 n = 9 and 2021 n = 11  
ns is not statistically significant, \*statistically significant (p<0.05)

### 2.3 ผลผลิต

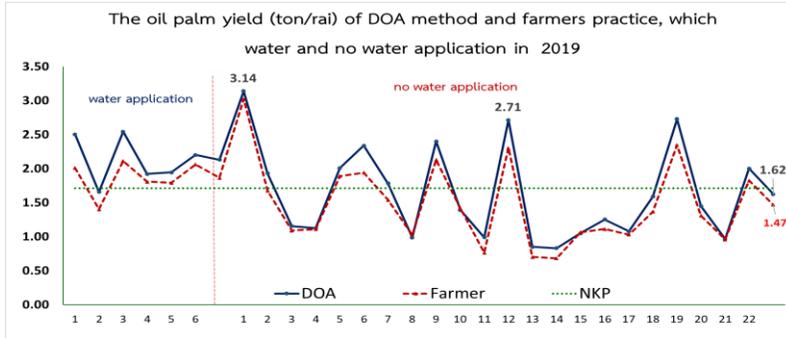
**ผลผลิตรวม** พบว่า ปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ในปีที่ 1 2 และ 3 ของการทดสอบ ให้ผลผลิตต่อปีเฉลี่ย 2.13 2.73 และ 3.12 ตันต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 14.5 12.8 และ 9.51 ซึ่งวิธีเกษตรกรให้ผลผลิตเฉลี่ย 1.86 และ 2.42 และ 2.85 ตันต่อไร่ ตามลำดับ โดยแปลงที่สามารถให้น้ำเสริมในช่วงแล้งได้อย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตสูง โดยให้ผลผลิตอยู่ระหว่างระหว่าง 3.02 - 4.32 ตัน/ไร่ สำหรับแปลงที่ให้น้ำได้ แต่ให้น้ำไม่เพียงพอและไม่สม่ำเสมอ ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตค่อนข้างสูง คืออยู่ระหว่าง 2.69 – 2.99 ตัน/ไร่ ส่วนพื้นที่ที่ไม่สามารถให้น้ำเสริมในช่วงแล้งได้ ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตระดับปานกลาง คืออยู่ระหว่าง 2.07 – 2.68 ตัน/ไร่

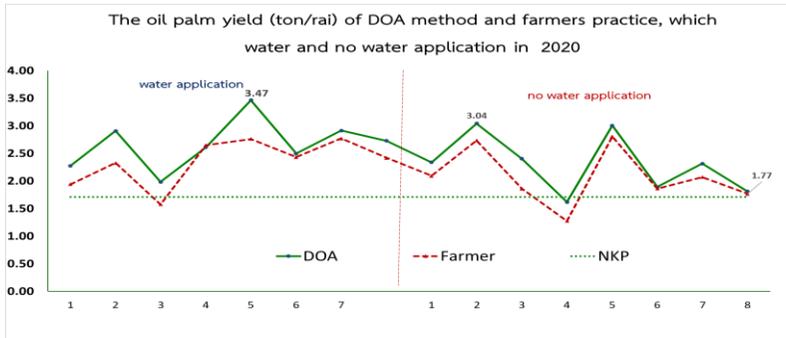
สำหรับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ทั้ง 3 ปี ให้ผลผลิตน้อยกว่ากลุ่มที่ให้น้ำเสริมอย่างเห็นได้ชัด โดยให้ผลผลิตต่อปีเฉลี่ย 1.62 2.30 และ 2.32 ตันต่อไร่ ซึ่งก็มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 13.1 22.7 และ 18.8 (วิธีเกษตรกรให้ผลผลิตเฉลี่ยเฉลี่ย 1.47 2.06 และ 1.95 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) (ภาพที่ 3 - 5, ตารางที่ 2)

**น้ำหนักทะลาย** ปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ในปีที่ 1 2 และ 3 วิธีทดสอบให้น้ำหนักทะลายเฉลี่ย 12.0 10.9 และ 10.5 กิโลกรัมต่อทะลาย มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ และอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในปีที่ 2 และ ปีที่ 3 โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 6.15 และ 8.85 ส่วนปีที่ 1 วิธีทดสอบมากกว่าแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยวิธีเกษตรกรให้น้ำหนักทะลายเฉลี่ย 11.5 10.3 และ 9.61 กิโลกรัมต่อทะลาย ตามลำดับ สำหรับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ในปีที่ 1 2 และ 3 ของการทดสอบ วิธีทดสอบให้น้ำหนักทะลายเฉลี่ย 7.78 9.84 และ 10.2 กิโลกรัมต่อทะลาย ในปีที่ 1 และ ปีที่ 2 มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญและอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 8.08 และ 7.00 ส่วนปีที่ 3 วิธีทดสอบมากกว่าแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยวิธีเกษตรกรให้น้ำหนักทะลายเฉลี่ย 8.13 9.19 และ 9.89 กิโลกรัมต่อทะลาย ตามลำดับ ตามลำดับ (ภาพที่ 3 - 5, ตารางที่ 2)

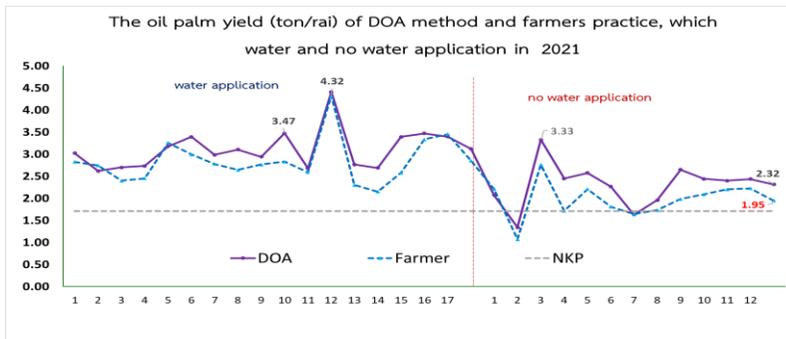
**จำนวนทะลาย** ปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ในปีที่ 1 2 และ 3 วิธีทดสอบให้น้ำหนักทะลายต่อตันต่อปีเฉลี่ย 13.4 9.28 และ 11.8 ทะลายต่อตัน มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 14.7 8.26 และ 12.3 ตามลำดับ สำหรับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ในปีที่ 1 2 และ 3 ของการทดสอบ วิธีทดสอบให้น้ำหนักทะลายต่อตันต่อปีเฉลี่ย 10.7.50 และ 8.45 ทะลายต่อตัน โดยมากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 11.2 18.5 และ 25.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 3 Yield of oil palm of DOA method and Farmers' practice of trial plot which water and no water application in Nakhon Phanom province in 2019



ภาพที่ 4 Yield of oil palm of DOA method and Farmers' practice of trial plot which water and no water application in Nakhon Phanom province in 2020



ภาพที่ 5 Yield of oil palm of DOA method and Farmers' practice of trial plot which water and no water application in Nakhon Phanom province in 2021.

## 2.4 การยกระดับผลผลิต

การยกระดับผลผลิตพบว่า ในปีที่ 3 เปรียบเทียบกับปีที่ 1 ผลผลิตระดับสูง (ผลผลิตมากกว่า 2.5 ต้นต่อไร่) วิธีทดสอบมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 71.4 จากร้อยละ 17.9 ผลผลิตระดับปานกลาง (ผลผลิตเฉลี่ย 2.00-2.50 ต้นต่อไร่) วิธีทดสอบมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 21.4 จาก 14.3 ส่วนผลผลิตระดับต่ำ (ผลผลิตเฉลี่ยน้อยกว่า 2.00 ต้นต่อไร่) วิธีทดสอบมีจำนวนลดลงเป็นร้อยละ 7.14 จากร้อยละ 63.3 โดยระดับสูง ปานกลาง และ ต่ำ ผลผลิตวิธีทดสอบเฉลี่ย 3.08 2.34 และ 1.80 ต้นต่อไร่ (ตารางที่ 4) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของจังหวัดนครพนม (เฉลี่ย 1.71 ต้นต่อไร่, ปาล์มน้ำมันอายุ 7 – 15 ปี) คิดเป็นร้อยละ 80.1 36.8 และ 5.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

สำหรับการยกระดับผลผลิตของวิธีเกษตรกร พบว่า มีจำนวนแปลงที่ให้ผลผลิตระดับสูง และระดับกลางเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50.0 และ 32.1 จากร้อยละ 3.57 และ 17.9 และจำนวนแปลงที่ให้ผลผลิตระดับต่ำลดลงเป็นร้อยละ 17.9 จากร้อยละ 85.7 โดยผลผลิตระดับสูง ปานกลาง และ ต่ำ วิธีเกษตรกรมีค่าเฉลี่ย 3.02 2.25 และ 1.78 ต้นต่อไร่ (ตารางที่ 4) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของจังหวัดนครพนม คิดเป็นร้อยละ 76.6 31.6 และ 4.09 ตามลำดับ

ในภาพรวมวิธีทดสอบและวิธีเกษตรกรมีจำนวนแปลงที่ผลผลิตเหนือกว่าค่าเฉลี่ยจังหวัดคิดเป็นร้อยละ 92.8 และ 89.3

## 2.5 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

รายได้ ปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง วิธีทดสอบมีรายได้ต่อปีในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 8,938 11,461 และ 13,109 บาทต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 14.2 12.8 และ 9.51 ตามลำดับ ปาล์มน้ำมันที่ไม่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ทั้งสองวิธีให้รายได้น้อยกว่าปาล์มน้ำมันที่ให้น้ำเสริม โดยวิธีทดสอบมีรายได้ต่อปีในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 7,504 9,669 และ 9,726 บาทต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 9.44 11.8 และ 18.8 ตามลำดับ ในขณะที่วิธีเกษตรกรมีรายได้เฉลี่ย 5,039 7,336 และ 10,440 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ผลตอบแทนหลังหักต้นทุน พบว่า ปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง วิธีทดสอบให้ผลตอบแทนต่อปีในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 4,216 6,003 และ 7,164 บาทต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 23.8 23.6 และ 10.9 ในขณะที่วิธีเกษตรกรมีผลตอบแทนเฉลี่ย 3,151 5,945 และ 10,046 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ผลตอบแทนของปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ทั้งสองวิธีให้ผลตอบแทนน้อยกว่าปาล์มน้ำมันที่ให้น้ำวิธีทดสอบให้ผลตอบแทนต่อปีในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 4,172 5,350 และ 5,543 บาทต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 15.4 16.5 และ 24.2 ซึ่งวิธีเกษตรกรมีผลตอบแทนเฉลี่ย 3,615 4,593 และ 4,462 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

**ต้นทุนการผลิต** ปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง วิธีทดสอบมีต้นทุนการผลิตต่อไร่ในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 4,407 5,458 และ 5,945 บาทต่อไร่ มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 2.55 2.92 และ -8.02 ตามลำดับ ในขณะที่วิธีเกษตรกรมีต้นทุนเฉลี่ย 4,297 5,303 และ 5,513 บาทต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ทั้งสองวิธีมีต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่น้อยกว่าปาล์มน้ำมันที่ให้น้ำวิธีทดสอบมีต้นทุนต่อพื้นที่ในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 3,332 4,319 และ 4,183 บาทต่อไร่ ตามลำดับ มากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 2.78 6.60 และ 12.2 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

**ต้นทุนต่อหน่วยผลผลิต** ปาล์มน้ำมันที่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง วิธีทดสอบมีต้นทุนในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 2.16 2.03 และ 1.93 บาทต่อกิโลกรัม ปีที่ 1 วิธีเกษตรกรมากกว่าวิธีทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปีที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างในทางสถิติกับวิธีเกษตรกรที่มีต้นทุนต่อหน่วยผลผลิตเฉลี่ย 2.24 และ 1.96 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับปาล์มน้ำมันที่ไม่มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้งมีต้นทุนที่สูงกว่า โดยวิธีทดสอบมีต้นทุนในปีที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 2.22 1.89 และ 1.84 บาทต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับวิธีเกษตรกรที่มีต้นทุนต่อหน่วยผลผลิตเฉลี่ย 2.39 1.98 และ 1.95 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

**อัตราส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)** พบว่า ปาล์มน้ำมันที่ให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ในปีที่ 1 2 และ 3 วิธีทดสอบมีค่า BCR เฉลี่ย 1.95 2.09 และ 2.20 ตามลำดับ โดยในปีที่ 1 และ 2 วิธีทดสอบมากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 9.10 และ 9.57 ปีที่ 3 วิธีทดสอบสอบมากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 16.8 (ตารางที่ 3)

สำหรับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง ในปีที่ 1 2 และ 3 วิธีทดสอบมีค่า BCR เฉลี่ย 2.22 2.24 และ 2.33 ตามลำดับ โดยในปีที่ 1 และ 2 วิธีทดสอบมากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 6.62 และ 4.47 ปีที่ 3 วิธีทดสอบสอบมากกว่าวิธีเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมากกว่าคิดเป็นร้อยละ 21.5 (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 2** The inflorescences, Sex ratio and yield of oil palm of DOA method and Farmers' practice in trial plot in Nakhon Phanom province in 2019 to 2021

year	management	female inflorescences			male inflorescences			Sex ratio (%)			Yield (ton/rai)			weight of bunch (kg)			number of bunch per tree		
		per tree			per tree														
		DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-
2019	water	8.26	5.63	46.8	7.19	7.18	0.05	52.6	43.65	20.5	2.13	1.86	46.8	6.93	6.96	-0.50	13.4	11.7	14.7
	t-Test	ns			ns			ns			**			ns			**		
	no water	7.50	6.63	13.1	6.07	6.34	-4.33	53.21	49.16	8.24	1.62	1.47	13.1	6.58	6.64	-0.87	10.5	9.42	11.2
2020	water	8.46	6.79	24.5	6.92	6.50	6.41	54.9	51.3	7.10	2.73	2.42	12.79	14.4	13.9	4.18	9.28	8.20	13.2
	t-Test	*			ns			ns			ns								
	no water	7.89	6.43	22.7	6.82	6.91	-1.21	53.7	48.1	11.6	2.30	2.06	22.7	13.4	14.2	-5.6	7.85	6.13	28.1
2021	water	11.0	10.1	8.91	9.10	9.74	-6.57	52.8	52.4	0.81	3.12	2.85	9.51	14.6	15.1	-3.23	9.28	8.20	13.2
	t-Test	ns			ns			ns			**								
	no water	12.3	8.70	41.4	7.47	11.2	-33.3	59.1	46.5	27.1	2.32	1.95	18.8	13.2	14.8	-10.9	7.85	6.13	28.1
2021	water	11.0	10.1	8.91	9.10	9.74	-6.57	52.8	52.4	0.81	3.12	2.85	9.51	14.6	15.1	-3.23	9.28	8.20	13.2
	t-Test	ns			ns			ns			**								
	no water	12.3	8.70	41.4	7.47	11.2	-33.3	59.1	46.5	27.1	2.32	1.95	18.8	13.2	14.8	-10.9	7.85	6.13	28.1
2021	water	11.0	10.1	8.91	9.10	9.74	-6.57	52.8	52.4	0.81	3.12	2.85	9.51	14.6	15.1	-3.23	9.28	8.20	13.2
	t-Test	ns			ns			ns			**								
	no water	12.3	8.70	41.4	7.47	11.2	-33.3	59.1	46.5	27.1	2.32	1.95	18.8	13.2	14.8	-10.9	7.85	6.13	28.1
2021	water	11.0	10.1	8.91	9.10	9.74	-6.57	52.8	52.4	0.81	3.12	2.85	9.51	14.6	15.1	-3.23	9.28	8.20	13.2
	t-Test	ns			ns			ns			**								
	no water	12.3	8.70	41.4	7.47	11.2	-33.3	59.1	46.5	27.1	2.32	1.95	18.8	13.2	14.8	-10.9	7.85	6.13	28.1
2021	water	11.0	10.1	8.91	9.10	9.74	-6.57	52.8	52.4	0.81	3.12	2.85	9.51	14.6	15.1	-3.23	9.28	8.20	13.2
	t-Test	ns			ns			ns			**								
	no water	12.3	8.70	41.4	7.47	11.2	-33.3	59.1	46.5	27.1	2.32	1.95	18.8	13.2	14.8	-10.9	7.85	6.13	28.1

**Note ;** number of watering plot in 2019 = 5, 2020 n = 7 and 2021 n = 17 and no watering plot in 2019 = 23, 2020 n = 9 and 2021 n = 11  
 ns is not statistically significant, \*statistically significant (p<0.05)

**ตารางที่ 3** Income, profit, cost and BCR of DOA method and Farmers' practice of trial plot in Nakhon Phanom province in 2019 to 2021

year	management	income (bath/rai)			Net profit (bath/rai)			cost (bath/rai)			unit cost by product (bath/kg)			BCR		
		DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-	DOA	Farmer	%+/-
2019	water	8,938	7,826	14.2	4,216	3,407	23.76	4,407	4,297	2.55	2.16	2.35	-8.42	1.95	1.79	9.10
	t-Test	**			*			*			*			*		
	no water	7,504	6,857	9.44	4,172	3,615	15.4	3,332	3,242	2.78	2.22	2.39	-7.39	2.22	2.08	6.62
2020	water	11,461	10,162	12.8	6,003	4,858	23.6	5,458	5,303	2.92	2.03	2.24	-9.43	2.09	1.90	9.57
	t-Test	ns			ns			ns			ns			*		
	no water	9,669	8,645	11.8	5,350	4,593	16.5	4,319	4,052	6.60	1.89	1.98	-4.86	2.24	2.13	4.74
2021	water	13,109	11,971	9.51	7,164	6,458	10.9	5,945	5,513	7.83	1.93	1.96	-1.27	2.20	1.88	16.82
	t-Test	**			**			**			ns			**		
	no water	9,726	8,189	18.8	5,543	4,462	24.2	4,183	3,727	12.2	1.84	1.95	-5.93	2.33	1.92	21.5
2021	water	13,109	11,971	9.51	7,164	6,458	10.9	5,945	5,513	7.83	1.93	1.96	-1.27	2.20	1.88	16.82
	t-Test	**			**			**			ns			**		
	no water	9,726	8,189	18.8	5,543	4,462	24.2	4,183	3,727	12.2	1.84	1.95	-5.93	2.33	1.92	21.5
2021	water	13,109	11,971	9.51	7,164	6,458	10.9	5,945	5,513	7.83	1.93	1.96	-1.27	2.20	1.88	16.82
	t-Test	**			**			**			ns			**		
	no water	9,726	8,189	18.8	5,543	4,462	24.2	4,183	3,727	12.2	1.84	1.95	-5.93	2.33	1.92	21.5

**Note ;** number of watering plot in 2019 = 5, 2020 n = 7 and 2021 n = 17 number of no-watering in 2019 = 23, 2020 n = 9 and 2021 n = 11  
 ns is not statistically significant, \*statistically significant (p<0.05)

**ตารางที่ 4** Oil palm yield of oil palm of DOA method and Farmers' practice of trial plot in the range of level, high, moderate and low, Nakhon Phanom province in 2019 to 2021

Level of yield	2019				2020				2021			
	number of orchard (%)		yield (ton/rai)		number of orchard (%)		yield (ton/rai)		number of orchard (%)		yield (ton/rai)	
	DOA	Farmer	DOA	Farmer	DOA	Farmer	DOA	Farmer	DOA	Farmer	DOA	Farmer
high	17.9	3.57	2.72	3.02	43.8	43.8	3.02	2.68	71.4	50.0	3.08	3.02
moderate	14.3	17.9	2.19	2.18	31.3	18.8	2.37	2.20	21.4	32.1	2.34	2.25
low	64.3	85.7	1.33	1.31	25.0	37.5	1.83	1.71	7.14	17.9	1.80	1.78

**Note ;** number of orchard in the year 2019, 2020 and 2021 were 28, 16 and 28 orchard, respectively.

The range of level, high: >2.50 ton/rai, moderate: 2.00-2.50 ton/rai and low: <2.00 ton/rai.

### สรุปผลและเสนอแนะ

การปลูกปาล์มน้ำมันในเขตจังหวัดนครพนม ซึ่งเป็นเขตฝนมากคือปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,800 มิลลิเมตรต่อปี แต่การกระจายตัวของฝนในรอบปีน้อยกว่า 8 เดือน คือ 7 เดือน หรือมีสภาพแล้งนานเกิน 3 เดือน คือประมาณนาน 5 เดือน สามารถเพิ่มผลผลิตได้ตามศักยภาพพื้นที่ โดยดินระบายน้ำดี เนื้อดินเหมาะสมปานกลาง อินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารในดินอยู่ในระดับต่ำปานกลางและสูง ธาตุอาหารไนโตรเจนต่ำกว่าค่าวิกฤติ การให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ โดยธาตุไนโตรเจน ใช้ปุ๋ยสูตร 21-0-0 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น ธาตุฟอสฟอรัสใช้ปุ๋ยสูตร 0-3-0 อัตรา 1.8 กิโลกรัมต่อต้น ธาตุโพแทสเซียมใช้ปุ๋ยสูตร 0-0-60 อัตรา 3.7 กิโลกรัมต่อต้น ธาตุแมกนีเซียมใช้ปุ๋ยกลีเซอโรไรท์ อัตรา 800 กรัมต่อต้น โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งต่อปี เมื่อดินมีความชื้นและน้ำไม่ท่วมขัง โดยให้ทางดินหรือตามซอกใบในฤดูฝน สำหรับพื้นที่ที่สามารถให้น้ำเสริมในช่วงแล้งได้อย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ ปาล์มน้ำมันสามารถให้ผลผลิตในระดับสูงได้ระหว่าง 3.02 - 4.41 ตัน/ไร่ สำหรับพื้นที่ที่ไม่สามารถให้น้ำได้แต่ปริมาณไม่เพียงพอและไม่สม่ำเสมอ ปาล์มน้ำมันสามารถให้ผลผลิตในระดับค่อนข้างสูง คืออยู่ระหว่าง 2.69 - 2.99 ตัน/ไร่ ส่วนพื้นที่ที่ไม่สามารถให้น้ำเสริมในช่วงแล้งได้ ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตระดับปานกลาง คืออยู่ระหว่าง 2.07 - 2.68 ตัน/ไร่

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ เกษตรกรผู้ร่วมโครงการ ผู้บริหารและบุคลากรของศูนย์วิจัยและ  
พัฒนาการเกษตรนครพนม ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่  
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ที่ปรึกษาโครงการ อดีตท่านผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่  
เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ที่ให้คำแนะนำและเป็นวิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านปุ๋ย  
ขอขอบคุณ กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตรที่จัดสรรงบประมาณตลอดระยะเวลาดำเนิน  
โครงการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- นฤทัย วรสถิตย์, อุดม คำชา, กาญจนา ทองนะ, นิยม ไช้มุขข์, บุญเชิด วิมลสุจริต, สิทธิพงษ์ ศรีสว่าง  
วงศ์, โสภิตา สมคิด และรัตนติยา พวงแก้ว. 2558. การพัฒนาเทคโนโลยีการให้น้ำและการ  
จัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมันในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออำเภอ  
เอกสารผลงานวิจัยภายใต้งานวิจัยมุ่งเป้าตอบสนองความต้องการพัฒนาประเทศโดยเร่งด่วน  
กลุ่มเรื่อง ปาล์มน้ำมัน ปีงบประมาณ 2556. น. 22-23.
- นิมิตร วงศ์สุวรรณ, สุพัตรา ขาวกวงจักร์ และ วสันต์ วรรณจักร์. 2561. รายงานผลการทดลองสิ้นสุดปี  
2561 : การศึกษาศักยภาพและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันระดับชุมชนตามภูมิ  
นิเวศน์จังหวัด กาฬสินธุ์. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการ  
เกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการ เกษตร. 21 น.
- พสุ สุกุลอารีวัฒนา, กาญจนา ทองนะ, ศิริลักษณ์ สมนึก, ปรีชา แสงโสภา, นิยม ไช้มุขข์, สุธินันท์  
ประสาธน์สุวรรณ, นิมิตร วงศ์สุวรรณ และวีระวัฒน์ คู่ป้อง. 2559. รายงานโครงการวิจัย ทดสอบ  
เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมันระยะให้ผลผลิตตามศักยภาพพื้นที่ในภาค  
ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. น. 60-89.
- วสันต์ วรรณจักร์. 2557. รายงานผลงานวิจัยโครงการการเปรียบเทียบพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์  
ธานี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จ.กาฬสินธุ์). ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ กรม  
วิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 8 หน้า.
- วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน, สุจิตรา พรหมเชื้อ และเพ็ญศิริ จำรัสฉาย. 2554. การจัดการน้ำและสรีรวิทยา  
ปาล์มน้ำมัน ใน การจัดการสวนปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันปาล์ม. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรม  
วิชาการเกษตร. น. 105-169.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2554. การจัดการสวนปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันปาล์ม. กรมวิชาการเกษตร:  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 32-59.

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3. 2557. คำแนะนำการจัดการสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่ใหม่. กรมวิชาการเกษตร. น. 16

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ปาล์มน้ำมัน : เนื้อที่ยืนต้นเนื้อที่ให้ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ปี 2562 เข้าถึงได้จาก:

<https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/oilpalm%2562.pdf>.

[เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2562]

Fairhurst, T., W. Griffiths.,C. Donough., C. Witt., D. McLaughlin and K. Griier. 2010.

Proceedings of Agro 2010 the Xlth ESA Congress, Montpellier, France, September 29 to September 03, 2010. - Montpellier, France : ESA, 2010 - ISBN 9782909613017 - p. 343 - 344.

## ข้อแนะนำการส่งบทความเพื่อตีพิมพ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ ส่งเสริมความร่วมมือ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านวิชาการ และการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยรับบทความวิจัยจากผู้นิพนธ์ทุกหน่วยงานทั้งภายในและภายนอก มหาวิทยาลัย

### หลักเกณฑ์การตีพิมพ์

1. วารสาร วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม รับตีพิมพ์บทความทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารอื่นมาก่อน และไม่ส่งตีพิมพ์ซ้ำซ้อนในวารสารหลายฉบับในช่วงเวลาเดียวกัน
2. บทความที่ส่งเพื่อตีพิมพ์ต้องผ่านเกณฑ์การพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) จำนวน 2 ท่าน/บทความ จากจำนวนผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินบทความทั้งหมด 3 ท่าน ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิจะไม่สามารถทราบข้อมูลของผู้ส่งบทความ ผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-blind peer review)
3. กองบรรณาธิการ ขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาและตีพิมพ์บทความทุกเรื่อง รวมทั้งการแก้ไขตัวอักษรและคำสะกดต่างๆ ตามที่เห็นสมควร ในกรณีจำเป็นจะส่งต้นฉบับเดิมหรือแก้ไขแล้วกลับคืนให้ผู้เขียนเพื่อขอความเห็นชอบอีกครั้ง
4. กองบรรณาธิการ ขอสงวนสิทธิ์ในการปฏิเสธการลงตีพิมพ์ หากผู้เขียนไม่ดำเนินการแก้ไขบทความตามข้อเสนอแนะของผู้ประเมินคุณภาพบทความ

### การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับตามรูปแบบการเตรียมบทความที่วารสารกำหนด ด้วยไฟล์ Microsoft Word มายังกองบรรณาธิการ

### ความรับผิดชอบ

ข้อความและบทความในวารสารเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา แต่อย่างไร

### ข้อแนะนำการเตรียมต้นฉบับ

#### การเตรียมต้นฉบับ

ขนาดกระดาษ B5 ระยะห่างจากขอบซ้ายและขวา ขอบบนและล่าง 2.54 เซนติเมตร การจัดคอลัมน์ ให้จัดเป็น 1 คอลัมน์ และต้องพิมพ์โดยไม่เว้นบรรทัด เว้นแต่เมื่อจะขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้นบรรทัด 1 บรรทัด และต้องพิมพ์ให้เต็มคอลัมน์ก่อนที่จะขึ้นคอลัมน์ใหม่หรือหน้าใหม่ ตัวอักษรแบบ TH SarabunPSK ความยาวบทความจำนวนหน้าไม่เกิน 15 หน้า

1. **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การพิมพ์ชื่อเรื่องให้วางตำแหน่งกลางกระดาษแบบคอลัมน์เดียวเริ่มจากชื่อเรื่องภาษาไทย ขึ้นบรรทัดใหม่เป็นชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 18 point พิมพ์ตัวหนา จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

2. **ชื่อผู้เขียนบทความและคณะ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ต้องใส่คำนำหน้า ตำแหน่งทางวิชาการของผู้เขียน ใช้หมายเลขแบบตัวยกกำกับชื่อหน่วยงานสังกัด ขนาดตัวอักษร 14 point ขนาด 14 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

3. **สังกัดของผู้เขียน** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมระบุอีเมล Corresponding Author ขนาดตัวอักษร 12 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

4. **บทคัดย่อ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ คำว่า “บทคัดย่อ” และ “Abstract” พิมพ์ตัวหนา ขนาดตัวอักษร 16 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ ส่วนเนื้อหาบทคัดย่อ ขนาดตัวอักษร 14 point ความยาวไม่เกิน 300 คำ และคำสำคัญไม่เกิน 5 คำ

5. **เนื้อหา** ประกอบด้วยหัวข้อหลักดังนี้ บทนำ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัยและอภิปรายผล สรุปผลและเสนอแนะ กิตติกรรมประกาศ(ถ้ามี) เอกสารอ้างอิง หัวข้อพิมพ์ตัวหนา ขนาดตัวอักษร 16 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ ส่วนเนื้อหาข้อความแต่ละย่อหน้า กำหนดขนาดตัวอักษร 14 point ข้อความแต่ละย่อหน้าให้กระจายแบบไทย บรรทัดแรกแต่ละย่อหน้าให้เยื้องมาทางขวา 1.27 เซนติเมตร

**5.1 บทนำ** กล่าวถึงความสำคัญของปัญหาที่ศึกษา วัตถุประสงค์ และรวมถึงการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

**5.2 วิธีดำเนินการวิจัย** อธิบายวิธีการวิจัย เครื่องมือ ประชากร กลุ่มตัวอย่าง วิธีเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ควรเสนอรูปแบบและแสดงขั้นตอนอย่างกระชับและชัดเจน อาจใช้แผนภาพ หรือแผนผังเพื่อแสดงขั้นตอนการวิจัยได้ โดยรายละเอียดของภาพจะต้องสามารถมองเห็นได้ชัดเจน

**5.3 ผลการวิจัยและอภิปรายผล** ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์ข้อมูลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย โดยนำเสนอเป็นลำดับสอดคล้องกับที่อธิบายไว้ในส่วนวิธีดำเนินการวิจัย ควรมีการแปลและอภิปรายผลอย่างมีหลักการ นำเสนอผลการวิจัยโดยการอ้างอิงทฤษฎีหรือสอดคล้องกับผลวิจัยอื่น เพื่อนำมาสนับสนุนหรือเห็นแย้งที่สมเหตุผล อาจมีการเปรียบเทียบผลกับงานวิจัยในทำนองเดียวกันที่เผยแพร่มาก่อน

**5.4 สรุปผลและเสนอแนะ** สรุปประเด็นหลักของผลวิจัย ชี้ให้เห็นว่าประเด็นปัญหาสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการที่ได้ศึกษามาด้วยวิธีหรือกรอบแนวความคิดที่นำเสนอ ให้ข้อเสนอแนะที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์และให้แนวทางสำหรับการศึกษาวิจัยต่อไป

**5.5 กิตติกรรมประกาศ** อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นข้อความแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือให้ งานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

6. การอ้างอิงเอกสาร ผู้ส่งบทความจะต้องเขียนอ้างอิงเอกสารที่มาของข้อมูล โดยใช้ระบบนาม-ปี (Name-Year System) ตามแบบ APA 7<sup>th</sup> edition และการอ้างอิงในบทความทุกรายการจะต้องระบุในเอกสารอ้างอิงท้ายบทความด้วย

### 6.1 การเขียนอ้างอิงภายในเนื้อหา

#### ผู้แต่ง 1 คน

ภาษาไทย ชื่อ/สกุล/(ปี) หรือ (ชื่อ/สกุล,ปี)

ภาษาอังกฤษ สกุล/(ปี) หรือ (สกุล,ปี)

#### ผู้แต่ง 2 คน

ภาษาไทย ชื่อ/สกุลและ/ชื่อ/สกุล/(ปี) หรือ (ชื่อ/สกุลและ/ชื่อ/สกุล,ปี)

ภาษาอังกฤษ สกุล/and/สกุล/(ปี) หรือ (สกุล/&/สกุล,ปี)

#### ผู้แต่ง 3 คน ขึ้นไป

ภาษาไทย ชื่อ/สกุลและคณะ/(ปี) หรือ (ชื่อ/สกุลและคณะ,ปี)

ภาษาอังกฤษ สกุล/et al./(ปี) หรือ (สกุล/et al.,ปี)

### 6.2 การอ้างอิงท้ายบทความ

#### 1) หนังสือ

##### ผู้แต่ง 1 คน

ภาษาไทย ชื่อ/สกุล./(ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

ภาษาอังกฤษ สกุล,/อักษรย่อชื่อ./(ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

##### ผู้แต่ง 2 คน

ภาษาไทย ชื่อ/สกุลและชื่อ/สกุล./(ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่)./สำนักพิมพ์.

ภาษาอังกฤษ สกุล,/อักษรย่อชื่อ./&/สกุล,/อักษรย่อชื่อ./(ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/(พิมพ์ครั้งที่).  
สำนักพิมพ์.

##### ผู้แต่ง 3-20 คน ให้ใส่ชื่อทุกคน

#### 2) บทความในวารสารแบบรูปเล่ม/อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีเลข DOI

ภาษาไทย ชื่อ/สกุล./(ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)./เลขหน้า.

ภาษาอังกฤษ สกุล,/อักษรย่อชื่อ./(ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)./  
เลขหน้า.

#### 3) บทความในวารสารแบบรูปเล่ม/อิเล็กทรอนิกส์ที่มีเลข DOI

ภาษาไทย ชื่อ/สกุล./(ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)./  
เลขหน้า./https://doi.org/เลขdoi

ภาษาอังกฤษ สกฤ./อักษรย่อชื่อ./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความ./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)./  
เลขหน้า./https://doi.org/เลขdoi

#### 4) วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรีและวิทยานิพนธ์ปริญญาโท

##### วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรีและวิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับที่มิได้ตีพิมพ์

ภาษาไทย ชื่อ/สกฤ./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[ระดับวิทยานิพนธ์]./ชื่อมหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ สกฤ./อักษรย่อชื่อ./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[Unpublished doctoral dissertation or Unpublished master's thesis]./ชื่อมหาวิทยาลัย

#### 5) วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปริญญาตรีและวิทยานิพนธ์ปริญญาโทฉบับที่ดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ (ไม่อยู่ในฐานข้อมูลเชิงพาณิชย์)

ภาษาไทย ชื่อ/สกฤ./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[ระดับวิทยานิพนธ์]./ชื่อเว็บไซต์./URL

ภาษาอังกฤษ สกฤ./อักษรย่อชื่อ./ (ปีที่เผยแพร่)./ชื่อวิทยานิพนธ์/[Doctoral dissertation or Master's thesis]./ชื่อเว็บไซต์./URL

#### 6) รายงานการประชุมเชิงวิชาการ (Proceeding)

##### ในรูปแบบรูปเล่มหนังสือ

ภาษาไทย ชื่อ/สกฤ./ (ปี)./ชื่อบทความ./ใน/ชื่อบรรณาธิการ/(บ.ก.)./ชื่อหัวข้องานประชุม./ชื่อการประชุม/(น./เลขหน้า)./ฐานข้อมูล.

ภาษาอังกฤษ สกฤ./อักษรย่อชื่อ./ (ปี)./ชื่อเรื่อง./In/ชื่อบรรณาธิการ/(Ed. หรือ Eds.)./ชื่อหัวข้องานประชุม./ชื่อการประชุม/(pp./เลขหน้า)./ฐานข้อมูล

กรณีมีเลข DOI หรือ URL ให้เติมต่อท้ายจากฐานข้อมูล

##### ในรูปแบบวารสาร

ภาษาไทย ชื่อ/สกฤ./ (ปี)./ชื่อเรื่อง./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)./เลขหน้า.

ภาษาอังกฤษ สกฤ./อักษรย่อชื่อ./ (ปี)./ชื่อเรื่อง./ชื่อวารสาร./เลขของปีที่(เลขของฉบับที่)./เลขหน้า.

#### 7) เว็บไซต์

ภาษาไทย ชื่อ/สกฤ./ผู้เขียน./ (ปี./วัน/เดือนที่เผยแพร่)./ชื่อบทความ./ชื่อเว็บไซต์./URL

ภาษาอังกฤษ สกฤ./อักษรย่อชื่อผู้เขียน./ (ปี, เดือน/วันที่เผยแพร่)./ชื่อบทความ./ชื่อเว็บไซต์./URL

### 6.3 การจัดเรียงรายการอ้างอิง

#### 1) การเรียงตามลำดับตัวอักษร

ภาษาไทย ใช้หลักการเดียวกับการเรียงคำในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน โดยเรียงตามรูปพยัญชนะ ก-ฮ ส่วนคำที่ขึ้นต้นด้วยพยัญชนะเดียวกันให้เรียงตามรูปสระ

ภาษาอังกฤษ ใช้หลักการเกี่ยวกับการเรียงคำใน Dictionary โดยเรียง A-Z

2) การเรียงลำดับงานหลายงานที่มีชื่อผู้แต่งคนแรกเป็นชื่อคนเดียวกัน

(1) ถ้าชื่อผู้แต่งทุกคนเหมือนกัน ให้จัดเรียงตามปีที่พิมพ์

(2) ถ้าชื่อผู้แต่งที่แตกต่างกัน ให้จัดเรียงตามงานที่มีชื่อผู้แต่งคนเดียวมาก่อน งานที่มีชื่อผู้แต่งอื่นร่วม

(3) ถ้าชื่อผู้แต่งคนแรกเป็นคนเดียวกันและชื่อผู้แต่งคนที่สอง หรือคนที่สามต่างกัน ให้จัดเรียง

ตามลำดับอักษรตัวแรกของชื่อสกุลของผู้แต่งคนที่สอง และคนที่สามตามลำดับ

(4) ถ้าชื่อผู้แต่ง คนแรกมีชื่อ สกุล เหมือนกัน ให้จัดเรียงตามลำดับอักษรย่อชื่อต้นและชื่อกลางของชื่อผู้แต่งคนแรก

ชื่อเรื่องภาษาไทย (TH sarabunPSK ขนาด 18 ตัวหนา)  
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ (TH sarabunPSK ขนาด 18 ตัวหนา)

ชื่อผู้แต่ง<sup>1\*</sup> ชื่อผู้แต่ง<sup>2</sup> ชื่อผู้แต่ง<sup>2</sup> และ ชื่อผู้แต่ง<sup>3</sup> (TH sarabunPSK ขนาด 14)  
Author<sup>1</sup>, Author<sup>2</sup>, Author<sup>2</sup> and Author<sup>3\*</sup> (TH sarabunPSK ขนาด 14)

<sup>1</sup> สถาบัน<sup>1</sup> (TH sarabunPSK ขนาด 12 ตัวเอียง)

<sup>2</sup> สถาบัน<sup>2</sup> (TH sarabunPSK ขนาด 12 ตัวเอียง)

<sup>3</sup> สถาบัน<sup>3</sup> (TH sarabunPSK ขนาด 12 ตัวเอียง)

<sup>1</sup>Affiliation1 (TH sarabunPSK ขนาด 12 ตัวเอียง)

<sup>2</sup>Affiliation2 (TH sarabunPSK ขนาด 12 ตัวเอียง)

<sup>3</sup>Affiliation3 (TH sarabunPSK ขนาด 12 ตัวเอียง)

\*Corresponding author. E-mail: ..... (TH sarabunPSK ขนาด 12)

**\*\*หมายเหตุ ใช้หมายเลขแบบยกเพื่อกำกับลำดับหน่วยงานที่สังกัด\*\***

**บทคัดย่อ** (TH sarabunPSK ตัวหนา ขนาด 16)

ผู้เขียนจัดทำบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษอย่างละไม่เกิน 150-300 คำ โดยใช้ตัวอักษรแบบ TH sarabunPSK ขนาด 14 ในบทคัดย่อควรกล่าวถึงวัตถุประสงค์รวมถึงสรุปผลที่ได้จากงานวิจัยนั้น ๆ

**คำสำคัญ:** คำสำคัญไม่เกิน 5 คำ แต่คำค้นด้วยเครื่องหมาย ,

**Abstract** (TH sarabunPSK ตัวหนา ขนาด 16)

TH sarabunPSK ขนาด 14 .....

.....

.....

**Keywords:** .....

**บทนำ** (TH sarabunPSK ตัวหนา ขนาด 16)

TH sarabunPSK ขนาด 14 .....

.....  
.....

**วิธีดำเนินการวิจัย** (TH sarabunPSK ขนาด 16)

TH sarabunPSK ขนาด 14 .....

.....  
.....

**ตารางที่ 1** ตัวอย่างการเขียนตาราง

หัวข้อ 1	หัวข้อ 2
1	aaa
2	bbb

การเขียนสมการ ทุกสมการจะต้องมีลำดับหมายเลขกำกับโดยเขียนอยู่ในวงเล็บวงไว้ชิดขอบ  
ขวา และควรจะเว้น 1 บรรทัดก่อนและหลังสมการ

$$y = mx + c \tag{1}$$

**ผลการวิจัยและอภิปรายผล** (TH sarabunPSK ตัวหนา ขนาด 16)

TH sarabunPSK ขนาด 14 .....

.....  
.....

**สรุปผลและเสนอแนะ** (TH sarabunPSK ตัวหนา ขนาด 16)

TH sarabunPSK ขนาด 14 .....

.....  
.....

**กิตติกรรมประกาศ** (ถ้ามี) (TH sarabunPSK ตัวหนา ขนาด 16)

TH sarabunPSK ขนาด 14 .....

.....  
.....

## เอกสารอ้างอิง (TH sarabunPSK ตัวหนา ขนาด 16)

ผู้ส่งบทความจะต้องเขียนอ้างอิงเอกสารที่มาของข้อมูล โดยใช้ระบบนาม-ปี (Name-Year System ) ตามแบบ APA 7<sup>th</sup> edition และการอ้างอิงในบทความทุกรายการจะต้องระบุในเอกสารอ้างอิงท้ายบทความด้วย



# JSET-RMU

Journal of Science Engineering and Technology

<https://jset.rmu.ac.th>