



# วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม 2566) | Vol.11 Issue.2 (May – August 2023)

ISSN 2287 – 0083

## บทความวิจัย

- ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ ในการป้องกันโรคเบาหวาน  
ของกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน 1  
อังศุมารินทร์ ปากวิเศษ และ สมศักดิ์ อินทมาต
- ผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าและข้าวโพดหวาน 19  
ปฐมรัตน์ หัตถกรรม, เยาวพล ชุมพล, อรรถศาสตร์ วิเชียรศาสตร์ และ วิบูล เป็นสุข
- ระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้ 33  
พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร
- แผ่นฉนวนความร้อนจากแกลบและซีลี้อยู่โดยใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน 51  
สิงหนเดช แดงจวง, เซาวฤทธิ วันเสาร์, นพดล บุญยรัตพันธุ์, วิศิษฐ์ มหานิล  
และ กนกวรรณ มาร์กษ์
- Γ-AG-กรุปพอยด์วัลเจอร์-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก 69  
ธนวัต แสนยากุล และ ไพโรจน์ เขียวระยอง
- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกกาแฟเฮอรัฟันธุ์ราบิก้า 83  
พัทธนันท์ นาดพิณิจ, อัจฉรา ไชยองค์การ และ สิรินทิพย์ ยะกับ
- การพัฒนากระบวนการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี 101  
พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม
- การออกแบบและสร้างระบบไฮโดรโปนิคส์สำหรับแตงโมที่สังเคราะห์แสงเทียม 121  
นิติพงษ์ สมไชยวงศ์, ธนวรรณ วงศ์ขัติย์ และ วัชรภาพ ยศมาน



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี  
ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (2566)

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY  
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
Vol.1 Issue.2 (2023)

ISSN 2287-0083

# วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

## ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (2566)

### วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY; ISSN 2287-0083) ชื่อย่อภาษาอังกฤษ “UDRU Sci. & Tech. J.” มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวารสารรับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความ ในกลุ่มวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มเกษตรศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ เศรษฐศาสตร์เกษตร ประมง และสัตวศาสตร์ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล, พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ โดยมีกำหนดเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน) ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม) และฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม) ของทุกปี

### เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

### ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิตรา ธีรสุนทรสกุล	อธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระยุทธ์ เฟื่องชัย	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี บุญมี	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล สิงห์คำ	รองอธิการบดี
ดร.วิบูล เป็นสุข	รองอธิการบดี
ดร.เอกราช ดีนาง	รองอธิการบดี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาท	คณบดีคณะเทคโนโลยี
ดร.อภิรักษ์ ลอยแก้ว	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี  
ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (2566)

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยาบุษดี

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.นิรวรรณ กุณัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ยศวริศ เสมามิ่ง

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปิ่นลออ

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร

รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา มีสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์

รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต กฤตาคม

รองศาสตราจารย์ ดร.โฆษิต ศรีภูธร

รองศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ฤทธิชัย พิลาไชย

รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ เหมวงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงภู อดุตรา

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลินทร์ พ่อคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชภักย์ จิตต์อารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติต คำหล้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทีบุญมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา วงษ์สวัสดิ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี  
ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (2566)

---

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review)

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาท	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วิจิตพันธ์ุ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์	มหาวิทยาลัยนครพนม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเมษฐ์ จันทร์เพ็ง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณภา สิ้นศิริ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกรด พิมพิศาล	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกยูร ดวงอุปมา	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ชัย บุญโญปกรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุธาสินี คุปตะบุตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวรัชัญญ์ บุตรสาร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะพงษ์ ชุมศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ทุมม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูเดช ศรีสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณภา ภาจำปา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ อนันตกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิ์ชัย หันประทับ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยสุดา ตันเลิศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวริศ เสมามิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูเบศร์ พิพิธหิรัญการ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี บุญมี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิไลพร กุลตั้งวัฒนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.เบญจธรรม สุขณีนวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.อาทิตย์ ใจช่วง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี  
ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (2566)

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยาบุษดี	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ภัฏฐนันท์ สุวรรณวงศ์	รองประธานกรรมการ
นายกวีพงษ์ หงส์ทอง	กรรมการ
ดร.เบญจธรรม สุขณีนันท์	กรรมการ
นางสาวศิวพร ภูกองทอง	กรรมการ
นายธราดล ปราบภัย	กรรมการ
นางพิมพ์พรพรรณ ศรีภูธร	กรรมการ
นายอภิเดช อภิพัฒน์ภาคกุล	กรรมการ
นางสาวนัชชา คำบุญมา	กรรมการ
นายธนวิษณุ ปัจจามาตย์	กรรมการ
นางสาววณัฐพร แพงขวา	กรรมการ
นายรุ่งโรจน์ มีแก้ว	กรรมการและเลขานุการ
นางสาวศศิดา พงศาวิลี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการตรวจสอบภาษาต่างประเทศ

รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพรพิทย์ เลิศปรีดากร

พิธีจูนอักษร

นางสาวศิวพร ภูกองทอง

ออกแบบปก

นายสุริยา ชัยดำรงณ์

นางสาวศศิดา พงศาวิลี



“ข้อความที่ปรากฏในบทความแต่ละเรื่องในวารสารวิชาการเล่มนี้  
ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ  
กองบรรณาธิการ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี  
ซึ่งความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและการตรวจร่างบทความ  
แต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน”



## บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เป็นวารสารที่ได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 4 พ.ศ. 2563-2567 ได้ประกาศให้วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ถูกจัดให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 2 ซึ่งฉบับนี้เป็นปีที่ 11 ฉบับที่ 2 ประจำปี พ.ศ. 2566 มีบทความวิจัยจำนวน 8 บทความ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เกษตรศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นเวทีทางวิชาการ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาและผู้อ่านทุกท่าน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ส่งบทความ และทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานของวารสาร

ปิยวดี ยาบุษดี

บรรณาธิการ

## สารบัญ

	หน้า
ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ ในการป้องกันโรคเบาหวานของกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน <i>อังศุมารินทร์ ปากวิเศษ และ สมศักดิ์ อินทมาต</i>	1
ผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหาวยกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของคะน้าและข้าวโพดหวาน <i>ปฐมรัตน์ หัตถกรรจ์, เยาวพล ชุมพล, อรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์ และ วิบูล เป็นสุข</i>	19
ระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้ <i>พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร</i>	33
แผ่นฉนวนความร้อนจากเกลบและซีเมนต์โดยใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน <i>สิงหนเดช แดงจวง, เขาวฤทธิ วันเสาร์, นพดล บุญยรัตพันธุ์, วิศิษฐ์ มหานิล และ กนกวรรณ มาร์ักษ์</i>	51
$\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก <i>ธนวัต แสนยากุล และ ไพโรจน์ เขียรระยง</i>	69
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด เปลือกกาแฟเชอร์รี่พันธุ์ราบีก้า <i>พิทชนันท์ นาถพิณีจ, อัจฉรา ไชยองค์การ และ สิรินทิพย์ ยะกับ</i>	83
การพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี <i>พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม</i>	101
การออกแบบและสร้างระบบไฮโดรโปนิคส์สำหรับแตงโมที่สังเคราะห์แสงเทียม <i>นิติพงษ์ สมไชยวงศ์, ธนวรรณ วงศ์ขัติย์ และ วัชรภาพร ยศมาน</i>	121

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ  
ในการป้องกันโรคเบาหวานของกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน  
THE RELATIONSHIPS BETWEEN HEALTH LITERACY AND HEALTH CARE  
BEHAVIORS IN THE DIABETES MELLITUS RISK GROUP

อังศุมารินทร์ ปากวิเศษ<sup>1</sup> และ สมศักดิ์ อินทมาต<sup>\*,2</sup>  
Angsumarin Pakwiset<sup>1</sup> and Somsak Intamat<sup>\*,2</sup>

<sup>1</sup>โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอุ่มหม้อ, <sup>2</sup>โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชธาตุพนม

<sup>1</sup>Um-moa Subdistrict Health Promotion Hospital, <sup>2</sup>Thatphanom Crown Prince Hospital

Received: 23 February 2023

Revised: 19 May 2023

Accepted: 5 July 2023

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยภาคตัดขวาง เพื่อศึกษาความรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) ของกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. ของกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวานที่อาศัยอยู่ในตำบลอุ่มหม้อ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม จำนวน 224 ราย โดยใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ ไคสแควร์และสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ด้านสุขภาพโดยรวมอยู่ในระดับไม่ดี ร้อยละ 100 ส่วนคะแนนรวมพฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมที่ไม่ดีร้อยละ 89.29 เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. พบว่า สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และอาชีพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และความรู้ด้านสุขภาพ

\* Corresponding author: สมศักดิ์ อินทมาต

E-mail: suwanwisit@yahoo.com

โดยรวมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ ดังนี้ เจ้าหน้าที่ควรสร้างเสริมความรู้ด้านสุขภาพให้กลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวานโดยการนำโปรแกรมสุขภาพที่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อสามารถนำมาใช้ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของตนเองให้ถูกต้องและเหมาะสมได้

**คำสำคัญ:** ความรอบรู้ด้านสุขภาพ, พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ, โรคเบาหวาน

### Abstract

This cross-sectional study aimed to study health literacy (exercise, food consumption), health behavior (exercise, food consumption), the association between personal factors, health literacy, and health behavior (exercise, food consumption) among the diabetes mellitus risk group. The sample was 224 of the diabetes mellitus risk group who live in Um-mao sub-District, Thatphanom district, Nakhonphanom Province selected by random sampling. Data was collected by the questionnaire and analyzed by using descriptive statistics and inferential statistics, Chi-square test, and Pearson product-moment correlation coefficient. The study result showed that all participants had a poor level of health literacy at 100% and a poor level of health behavior at 89.29%. The personal factors included marriage status, education, and occupational-related health behavior (exercise, food consumption) with statistical significance at  $p$ -value  $< 0.05$ . Moreover, the level of health literacy related to health behavior (exercise, food consumption) with statistical significance at  $p$ -value  $< 0.05$ . From this study, there are some suggestions that the health care workers should promote health literacy in the diabetes mellitus risk group with the suitable health education program that the participants can change health care behaviors.

**Keywords:** health literacy, health behavior, diabetes mellitus

## บทนำ

โรคไม่ติดต่อยังคงเป็นปัญหาสุขภาพอันดับหนึ่งของประชาชนไทยทั้งในแง่ภาระโรคและอัตราการเสียชีวิต อัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (30-69 ปี) จากโรคไม่ติดต่อที่สำคัญประกอบด้วย โรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจขาดเลือด โรคเบาหวาน ภาวะความดันโลหิตสูง และโรคทางเดินหายใจอุดกั้นเรื้อรัง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2559 หลังจากนั้นแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและคงที่ในปี พ.ศ. 2561 โดยโรคหลอดเลือดสมองมีอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรสูงที่สุดเท่ากับ 44.3 รายต่อประชากรแสนคน และอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรด้วยโรคหลอดเลือดสมองในผู้ชายสูงกว่าเพศหญิง โรคเบาหวานซึ่งอยู่ในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ถือเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญของคนไทย (สำนักโรคไม่ติดต่อ, 2558) และสาเหตุการตายด้วยโรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ความชุกของโรค เบาหวานในประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7 ในปี พ.ศ. 2554 เป็นร้อยละ 8.9 ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความชุกของผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคเบาหวานในประชากรอายุ 15-79 ปี ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547, 2548, 2550, 2553, 2558 ถึง พ.ศ. 2561 หากพิจารณาความชุกของโรคเบาหวาน ในประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป ตามกลุ่มอายุ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 และ 2557 พบความชุกต่ำสุดในกลุ่มอายุ 15-29 ปี จากนั้นเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มอายุ 60-69 ปี และเมื่ออายุ 70 ปีขึ้นไป ความชุกจะลดลง เมื่อพิจารณาเฉพาะผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยโรคเบาหวานรายใหม่ จากข้อมูลระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ (Health Data Center: HDC) กระทรวงสาธารณสุขพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยรายใหม่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในปี พ.ศ. 2558 ถึงปี พ.ศ.2561 ในอัตราเพิ่มขึ้นที่ลดลง ขณะที่ความครอบคลุมการคัดกรองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2561 มีความครอบคลุมการคัดกรองเท่ากับร้อยละ 86.32 นอกจากนี้ยังพบว่า มีผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับการตรวจระดับน้ำตาลในเลือด (HbA1c) 1 ครั้งต่อปีเพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 32.21 ในปี พ.ศ. 2558 เป็นร้อยละ 63.44 ในปี พ.ศ. 2561 โดยในกลุ่มนี้มีผู้ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ได้ดี (HbA1c<7%) มีแนวโน้มลดลงในช่วงปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2560 จากร้อยละ 57.15 เป็นร้อยละ 39.68 โดยหลังจากปี พ.ศ. 2560 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็นร้อยละ 42.37 ในปี พ.ศ. 2561 สำหรับรายงานผลการดำเนินงานการประเมินผลการดูแลผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคความดันโลหิตสูงของโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขและสถานพยาบาลในพื้นที่กรุงเทพมหานครจากเครือข่ายวิจัย

กลุ่มสถาบันแพทยศาสตร์แห่งประเทศไทย พบว่าความครอบคลุมการตรวจระดับน้ำตาลในเลือด (HbA1c) 1 ครั้งต่อปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2561 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในกลุ่มนี้มีผู้ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี (HbA1c<7%) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึงปี พ.ศ. 2561 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับผลการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย (NHES) ปี พ.ศ. 2557 ที่แสดงร้อยละของผู้ที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดจากการตรวจน้ำตาลในเลือดหลังจากอดอาหาร 8 ชั่วโมง (fasting blood sugar: FBS) เท่ากับร้อยละ 43.44 ในปี พ.ศ. 2557 (วิชัย เอกพลากร, 2557) ในปีงบประมาณ 2564 ประเทศไทยมีอัตราป่วยด้วยโรคเบาหวานรายใหม่ 486.24 ต่อแสนประชากร ส่วนเขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดนครพนม อำเภอนาหวาย และ รพ.สต. อุ่มเหมา มีอัตราป่วยด้วยโรคเบาหวานรายใหม่ 532.99, 476.65, 460.42 และ 462.96 ต่อแสนประชากร (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) ส่วนการคัดกรองประชากรอายุ 35 ปีขึ้นไปปี 2564 ของตำบลอุ่มเหมา พบว่ามีเป้าหมายทั้งหมด 1,910 ราย ได้รับการคัดกรอง 1,847 ราย คิดเป็นร้อยละ 96.70 ผลปกติ 1,252 ราย คิดเป็นร้อยละ 67.97 และเสี่ยงต่อการป่วยด้วยโรคเบาหวาน 509 ราย คิดเป็น 27.56 และป่วยด้วยโรค เบาหวาน 84 ราย คิดเป็นร้อยละ 4.55 ปัจจุบันคนไทย มีวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไป เช่น เลือกรับประทานอาหาร การทำงานที่เร่งรีบ ไม่มีเวลาพักผ่อน อย่างเพียงพอ ไม่ได้ออกกำลังกาย ทำให้เผชิญกับความเจ็บป่วยด้วยโรคต่าง ๆ มากมาย เบาหวานเป็นโรคหนึ่งที่มีแนวโน้มมากขึ้นทั้งในชุมชนเมืองและชนบท การปรับพฤติกรรม การรับประทานอาหารโดยการลดอาหารประเภทแป้งและน้ำตาล ลดอาหารที่มีไขมันมาก ควรรับประทานผักและผลไม้เพิ่มขึ้น หลีกเลี่ยงผลไม้ที่มีรสหวาน เช่น ทูเรียน ลำไย ละครุด การรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ การตรวจร่างกายเป็นประจำเป็นวิธีที่จะทำ ให้กลุ่มเสี่ยงต่อโรคเบาหวานประเมินพฤติกรรมสุขภาพและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค เบาหวานได้

ความรู้ด้านสุขภาพปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่จะนำไปสู่การปฏิบัติตัว ที่เหมาะสมส่งผลต่อพฤติกรรมดูแลตนเองของประชาชนทั่วไป ซึ่งความรู้ด้านสุขภาพ หมายถึงความสามารถและทักษะในการเข้าถึงข้อมูลความรู้ ความเข้าใจ เพื่อวิเคราะห์ ประเมินการปฏิบัติและจัดการตนเอง รวมทั้งสามารถชี้แนะเรื่องสุขภาพส่วนบุคคล ครอบครัว และชุมชน เพื่อสุขภาพที่ดี เช่นเดียวกับผู้ป่วยเบาหวานที่ต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่อง จากบุคลากรทางการแพทย์ร่วมกับทักษะในการดูแลตนเอง โดยองค์ประกอบของความรู้

ด้านสุขภาพประกอบด้วย การเข้าถึงข้อมูลสุขภาพและบริการสุขภาพ ความรู้ความเข้าใจ ทักษะการสื่อสาร ทักษะการตัดสินใจ การจัดการตนเองและการรู้เท่าทันสื่อ (กองสุขศึกษา, 2554) ความรอบรู้ด้านสุขภาพแบ่งออกเป็น 3 ระดับได้แก่ระดับพื้นฐาน เป็นทักษะด้านการ ฟัง พูด อ่าน และเขียนสิ่งที่จำเป็นต่อความเข้าใจและการปฏิบัติในชีวิตประจำวัน ระดับที่สอง ขึ้นการมีปฏิสัมพันธ์ เป็นทักษะการเรียนรู้ทางปัญญาและสังคมในการใช้ความรู้และการสื่อสาร เพื่อให้สามารถมีส่วนร่วมในการดูแลสุขภาพตนเองเพื่อนำมาสู่การเพิ่มพูนความสามารถทาง สุขภาพที่มากขึ้นและระดับที่สาม ขึ้นพิจารณาญาณ เป็นทักษะทางปัญญาและสังคมที่สูงขึ้น สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลข่าวสารในการวิเคราะห์ เปรียบเทียบควบคุมและจัดการกับ สถานการณ์ในการดำรงชีวิตประจำวันได้ บุคคลที่มีความรอบรู้ด้านสุขภาพ จะเป็นบุคคลที่มี ความสามารถและทักษะในการเข้าถึงข้อมูล มีความรู้ ความเข้าใจ เพื่อวิเคราะห์แปลความหมาย ประเมินข้อมูลข่าวสารและบริการทางสุขภาพที่ได้รับการถ่ายทอดและเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้เกิดการสนใจให้ตัดสินใจเลือกวิถีทางในการดูแลตนเอง มีการจัดการสุขภาพตนเอง และคงรักษาสุขภาพที่ดีของตนเองไว้เสมอ รวมทั้งชี้แนะให้กับบุคคลอื่น ครอบครัวและชุมชน ผลลัพธ์ทางสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการที่บุคคลมีความรอบรู้ด้านสุขภาพ จะมีประโยชน์ทั้งต่อ ตัวบุคคลเองและสังคม กล่าวคือ ประโยชน์ต่อตัวบุคคล ได้แก่ 1) พัฒนาความรู้ ป้องกัน ความเสี่ยง 2) มีมาตรฐานต่อการดูแลสุขภาพตนเอง 3) เพิ่มความสามารถในการปฏิบัติตน 4) สร้างแรงจูงใจให้เกิดความมั่นใจ 5) เพิ่มความทนทานต่อการเผชิญปัญหา และประโยชน์ ต่อสังคม ได้แก่ 1) เพิ่มการมีส่วนร่วมในการดูแลสุขภาพ 2) พัฒนาปัจจัยเพื่อปรับปรุง บรรทัดฐานทางสังคมและการสื่อสารทางสังคม 3) เข้าถึงปัจจัยทางสุขภาพที่นำไปสู่การ พัฒนาสังคม และ 4) เพิ่มขีดความสามารถของชุมชน จากการศึกษาพบว่าผู้ที่มีความรอบรู้ ด้านสุขภาพอยู่ในระดับสูงส่งผลต่อการใช้บริการสุขภาพและผลลัพธ์ทางสุขภาพที่อยู่ในระดับ สูงเช่นกัน (สมฤทัย เพชรประยูร และคณะ, 2557; แสงเดือน กิ่งแก้ว และ นุสรรา ประเสริฐศรี, 2559; อรุณี หล้าเขียว, 2558; อภิรดี การสมวรรณ, 2557) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาความ รอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) ของกลุ่มเสี่ยงต่อโรค เบาหวานและ ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรอบรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. ของผู้กลุ่มเสี่ยงต่อโรคเบาหวาน โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ 1.) เพื่อศึกษา ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. ของกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน

2.) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรอบรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรม การดูแลสุขภาพ 2 อ. ของกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. ในการป้องกันโรคเบาหวานของกลุ่มเสี่ยง ตำบลอุ่มเหมา อำเภอนาคูพนม จังหวัดนครพนม

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ความรอบรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. ในการป้องกันโรคเบาหวานของกลุ่มเสี่ยง ตำบลอุ่มเหมา อำเภอนาคูพนม จังหวัดนครพนม

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจภาคตัดขวาง (Cross-sectional study)

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ ประชาชนอายุตั้งแต่ 35 ปีขึ้นไป ได้รับการคัดกรองและเป็นกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวานที่อาศัยอยู่ในตำบลอุ่มเหมา อำเภอนาคูพนม จังหวัดนครพนม จำนวน 509 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยคำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ขนาดที่เพียงพอต่อการเป็นตัวแทนของประชากรที่จะศึกษาโดยใช้สูตรของ Yamane ดังนี้

$$n = N/1+Ne^2$$

แทนค่าในสูตร  $n = 509/1+509(0.05)^2 = 224$  คน

$n$  = จำนวนตัวอย่างที่ต้องการ

$N$  = จำนวนประชากร (509)

$e$  = ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า (0.05)

#### เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัยเข้าร่วมโครงการ (Inclusion criteria)

1) ประชากรที่มีอายุ 35 ปีขึ้นไป ได้รับการคัดกรองและเป็นกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวาน อานออก เขียนได้

2) มีการรับรู้สมบูรณ์ และสื่อสารภาษาไทยได้



ทำการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) แบบเป็นสัดส่วน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 9 กลุ่มตามสัดส่วนของในแต่ละหมู่บ้าน ทำการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) ประกอบด้วย การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster sampling) จำนวน 9 กลุ่ม ตามหมู่บ้าน และการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับสลาก (Simple sampling) ตามสัดส่วนที่สุ่มได้ซึ่งกำหนดขนาดตัวอย่างจนได้กลุ่มตัวอย่างครบตามต้องการ

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามของกองสุศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (2561) ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ

ส่วนที่ 2 ความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) แบ่งเป็นส่วนย่อยดังนี้

ส่วนที่ 2.1 การเข้าถึงข้อมูลสุขภาพและบริการสุขภาพตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) จำนวน 10 ข้อ การให้คะแนนเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด คะแนนเต็ม 50 คะแนน

ส่วนที่ 2.2 ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักปฏิบัติตนตาม 2อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) จำนวน 5 ข้อ การให้คะแนนเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด คะแนนเต็ม 25 คะแนน

ส่วนที่ 2.3 การสื่อสารเพื่อเพิ่มความเชี่ยวชาญทางสุขภาพตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) จำนวน 7 ข้อ การให้คะแนนเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด คะแนนเต็ม 35 คะแนน

ส่วนที่ 2.4 การตัดสินใจเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) จำนวน 4 ข้อ เลือกตอบได้ 1คำตอบ จาก 4 ตัวเลือก คะแนนเต็ม 4 คะแนน

ส่วนที่ 2.5 การจัดการตนเองตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) จำนวน 12 ข้อ การให้คะแนนเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด คะแนนเต็ม 60 คะแนน

ส่วนที่ 2.6 การบอกต่อเรื่องราวสุขภาพ 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) จำนวน 3 ข้อ การให้คะแนนเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด คะแนนเต็ม 15

คะแนนรายชื่อของความรอบรู้ด้านสุขภาพรวมกันแล้วคิดเป็นคะแนนเต็ม 5 คะแนน และแบ่งระดับออกเป็น 3 ระดับ (Best, 1981)

คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด/จำนวนขั้นที่ต้องการ =  $5-1/3 = 1.33$

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.00-2.33 หมายถึงความรอบรู้ด้านสุขภาพอยู่ในระดับไม่ดี

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 2.34-3.67 หมายถึงความรอบรู้ด้านสุขภาพสุขภาพอยู่ในระดับพอใช้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 3.68-5.00 หมายถึงความรอบรู้ด้านสุขภาพสุขภาพอยู่ในระดับดีมาก

ส่วนที่ 3 พฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย) จำนวน 10 ข้อ การให้คะแนนเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ 6-7 วัน/สัปดาห์ 4-5 วัน/สัปดาห์ 3 วัน/สัปดาห์ 1-2 วัน/สัปดาห์ ไม่ได้ปฏิบัติ คะแนนเต็ม 50 คะแนน คะแนนรายชื่อของความรอบรู้ด้านสุขภาพรวมกันแล้วคิดเป็นคะแนนเต็ม 5 คะแนน และแบ่งระดับออกเป็น 3 ระดับ (Best, 1981)

คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด/จำนวนขั้นที่ต้องการ =  $5-1/3 = 1.33$

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.00-2.33 หมายถึงระดับพฤติกรรมควรปรับปรุง

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 2.34-3.67 หมายถึงระดับพฤติกรรมพอใช้

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 3.68-5.00 หมายถึงระดับพฤติกรรมดี

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลจากสำนักงานสาธารณสุขอำเภอธาตุพนม
2. เมื่อได้รับหนังสืออนุญาตจากสำนักงานสาธารณสุขอำเภอธาตุพนม ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอู่หม่าเพื่อทำชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษารวมถึงชี้แจงแผนการเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง
3. ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมทั้งทำหนังสือเชิญกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์เข้าร่วมวิจัย วางแผนการลงเก็บข้อมูล
4. เริ่มเก็บข้อมูล ตามวันเวลาที่กำหนด ดังนี้

4.1 ทีมผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยสร้างสัมพันธภาพระหว่างทีมผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่าง พร้อมกับแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ในการวิจัยและขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ชี้แจงสิทธิประโยชน์ของกลุ่มตัวอย่างที่จะได้รับเมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้เอกสารแนะนำข้อมูล (Information Sheet) เปิดโอกาสให้ซักถาม และใช้เวลาในการตัดสินใจในการเข้าร่วมการวิจัยและขอความร่วมมือในการทำวิจัยและความสมัครใจกับกลุ่มตัวอย่าง

4.2 หลังจากกลุ่มตัวอย่างยินดีให้ความร่วมมือ และตอบรับในการเข้าร่วมการวิจัย ทีมผู้วิจัยดำเนินการให้กลุ่มตัวอย่างลงนามเข้าร่วมการวิจัยในหนังสือยินยอมด้วยความสมัครใจ

4.3 ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเก็บข้อมูลภาคสนามโดยทำการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ซึ่งหน้า (face to face Interview) ใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที โดยใช้การสัมภาษณ์ที่เป็นส่วนตัว ปราศจากการรบกวน เพื่อให้ตอบคำถามได้อย่างสะดวก ไม่รู้สึกอึดอัดหรือเกิดความลำบากใจในการตอบแบบสัมภาษณ์

5. หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลและเก็บข้อมูลเพิ่มกรณีที่ข้อมูลไม่ครบถ้วนและนำไปวิเคราะห์ทางสถิติตามขั้นตอนที่วางแผนไว้

#### 6. จัดทำเล่มวิจัยสมบูรณ์

##### **การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เป็นการวิเคราะห์ ปลายส่วนบุคคล ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพพฤติกรรมกรรมการดูแลสุขภาพ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) เป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส อาชีพ) กับพฤติกรรมกรรมการดูแลตัวเอง ด้วยสถิติ Chi square test และความสัมพันธ์ระหว่างความรอบรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมกรรมการดูแลตัวเองด้วยสถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient)

##### **การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง**

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครพนม เลขที่โครงการ REC 038/65

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไปพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.02 อายุส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระหว่าง อายุ 51-59 ปี ร้อยละ 59.82 สถานภาพสมรส ร้อยละ 80.80 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 51.34 ประกอบอาชีพเกษตรกรร้อยละ 75.89

### 2. ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมการบริโภคอาหารและการออกกำลังกาย

สรุปผลการประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ตัวแปรที่กลุ่มตัวอย่างมีความรอบรู้ดีมาก มากที่สุดได้แก่ ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ ร้อยละ 33.48 รองลงมาได้แก่ การสื่อสารสุขภาพ ร้อยละ 12.95 ส่วนตัวแปรที่กลุ่มตัวอย่างมีความรอบรู้ที่ไม่ดีได้แก่ การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ร้อยละ 85.71 รองลงมาได้แก่ การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องร้อยละ 82.59 เมื่อพิจารณาคะแนนรวมความรอบรู้ด้านสุขภาพพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรอบรู้ด้านสุขภาพไม่ดี ร้อยละ 100 ส่วนคะแนนรวมพฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมที่ไม่ดีร้อยละ 89.29 (ตารางที่ 1)

### 3. ความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล ความรอบรู้ด้านสุขภาพต่อพฤติกรรมดูแลสุขภาพ

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. พบว่า สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และอาชีพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2) และความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ 2 อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $r = .157, p = 0.019$ ) (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 1** สรุปคะแนนรวมแต่ละองค์ประกอบของความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มตัวอย่าง

องค์ประกอบการวัด	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวน	ร้อยละ
1. การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ	2.58±0.39		
ไม่ดี		192	85.71
พอใช้		32	14.29
2. ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ	3.05±0.45		
ไม่ดี		50	22.32
พอใช้		99	44.20
ดีมาก		75	33.48
3. การสื่อสารสุขภาพ	3.13±0.55		
ไม่ดี		87	38.84
พอใช้		108	48.21
ดีมาก		29	12.95
4. การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง	2.13±0.13		
ไม่ดี		185	82.59
พอใช้		33	14.73
ดีมาก		6	2.68
5. การจัดการตนเอง	2.49±0.59		
ไม่ดี		110	49.11
พอใช้		114	50.89
6. การบอกต่อเรื่องราวสุขภาพ	2.16±0.23		
ไม่ดี		159	70.98
พอใช้		63	28.13
ดีมาก		2	0.89
7. คะแนนรวมความรอบรู้ด้านสุขภาพ	94.75±6.72		
ไม่ดี		224	100.00
8. สรุปคะแนนรวมพฤติกรรมสุขภาพ			
ไม่ดี		200	89.29
พอใช้		24	10.71

**ตารางที่ 2** ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. ในการป้องกันโรคเบาหวาน ของกลุ่มเสี่ยง ตำบลอุ่มเหมา อำเภอนาคูพนม จังหวัดนครพนม

ลักษณะประชากร	ระดับพฤติกรรม			$\chi^2$	df	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)					
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี			
<b>เพศ</b>				1.095	2	.578
1. ชาย	22 (9.80)	78 (34.80)	3 (1.30)			
2. หญิง	26 (11.60)	88 (39.30)	7 (3.10)			
<b>อายุ</b>				9.795	4	.044
1. 35-40 ปี	0 (0.00)	3 (1.30)	0 (0.00)			
2. 41-50 ปี	13 (5.80)	73 (32.60)	1 (0.40)			
3. 51-59 ปี	35 (15.60)	90 (40.20)	9 (4.00)			
<b>สถานภาพสมรส</b>				2.895	4	.576
1. โสด	5 (2.20)	13 (5.80)	0 (0.00)			
2. สมรส/คู่	37 (16.50)	134 (59.80)	10 (4.50)			
3. หม้าย/หย่า/แยก	6 (2.70)	19 (8.50)	0 (0.00)			
<b>ระดับการศึกษา</b>				35.240	10	0.00
1. ไม่ได้เรียนหนังสือ	2 (0.90)	3 (1.30)	0 (0.00)			
2. ประถมศึกษา	37 (16.50)	77 (34.40)	4 (1.80)			
3. มัธยมศึกษาตอนต้น	7 (3.10)	38 (17.00)	5 (2.20)			
4. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	1 (0.40)	38 (17.00)	0 (0.00)			
5. อนุปริญญา/ปวส.	1 (0.40)	9 (4.00)	0 (0.00)			
6. ปริญญาตรีขึ้นไป	0 (0.00)	1 (0.40)	1 (0.40)			

**ตารางที่ 2** ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. ในการป้องกันโรคเบาหวาน ของกลุ่มเสี่ยง ตำบลอุ่มเมฆ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม (ต่อ)

ลักษณะประชากร	ระดับพฤติกรรม			$\chi^2$	df	p-value
	จำนวน (ร้อยละ)					
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี			
อาชีพ				70.541	8	.000
1. เกษตรกรรม	32 (14.30)	137 (0)	1 (0.40)			
2. ค้าขาย/ทำธุรกิจ	4 (1.80)	13 (5.80)	0 (0.00)			
3. รับราชการ/พนักงาน รัฐวิสาหกิจ	0 (0.00)	2 (0.90)	0 (0.00)			
4. พนักงานโรงงาน/บริษัท/ เอกชน	0 (0.00)	6 (2.70)	0 (0.00)			
5. ไม่มีอาชีพ/เป็นแม่บ้าน/ ทำงานบ้าน	12 (5.40)	8 (3.60)	9 (4.00)			

**ตารางที่ 3** ความสัมพันธ์ระหว่างความรอบรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมดูแลสุขภาพ

องค์ประกอบความรอบรู้ด้านสุขภาพ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	p-value
1. การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ	.130	.052
2. ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ	.079	.240
3. การสื่อสารสุขภาพ	.105	.116
4. การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง	.087	.192
5. การจัดการตนเอง	.229	.001 <sup>*</sup>
6. การบอกต่อเรื่องราวสุขภาพ	.020	.763
8. ความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวม	.157	.019 <sup>*</sup>

### อภิปรายผลการวิจัย

ความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมของกลุ่มอย่างพบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีคะแนนรวมความรอบรู้ด้านสุขภาพอยู่ในระดับไม่ดี เมื่อพิจารณารายด้านจะพบว่า ด้านการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ด้านการตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง การบอกต่อเรื่องราวสุขภาพ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนนอยู่ในระดับไม่ดี ส่วนด้านความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ ด้านการสื่อสารสุขภาพ และด้านการจัดการตนเอง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนน

อยู่ในระดับพอใช้ ระดับความรอบรู้ที่ไม่ดีจะส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างขาดความสามารถในการดูแลตนเองและส่งผลต่อสุขภาพในภาพรวม เสี่ยงต่อการป่วยด้วยโรคเบาหวานมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐสิทธิ์ สินโท และคณะ (2565) ศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จังหวัดมหาสารคาม กลุ่มตัวอย่างมีระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 59.80

ส่วนพฤติกรรมสุขภาพ 2 อ. พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมที่ไม่ดีร้อยละ 89.29 กล่าวคือ มีพฤติกรรมกรรมการปฏิบัติตนในการดูแลสุขภาพของตนเองตาม 3 อ. ได้ไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการมีพฤติกรรมสุขภาพที่ไม่ถูกต้องจะเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาสุขภาพ เพิ่มการเกิดโรคหรือการเจ็บป่วยโดยเฉพาะโรคเรื้อรังต่างๆ โดยเฉพาะโรคเบาหวาน เนื่องจากพฤติกรรมสุขภาพเป็นการปฏิบัติของบุคคลที่มีผลต่อสุขภาพ ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ที่บุคคลกระทำโดยมีเป้าหมายสำคัญในการยกระดับความเป็นอยู่ที่ดีและการบรรลุเป้าหมายในการมีสุขภาพที่ดีของบุคคล ในการควบคุมดูแลสุขภาพให้ได้ตามเป้าหมายและปฏิบัติกิจกรรมนั้นๆ จนเป็นแบบแผนการดำเนินชีวิต เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับพฤติกรรมดูแลสุขภาพ 2 อ. พบว่า สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และอาชีพมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมดูแลสุขภาพ 2 อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสคู่ สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา และประกอบอาชีพเกษตรกร ซึ่งปัจจัยทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กันส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมดูแลสุขภาพอยู่ในระดับไม่ดี โดยเฉพาะปัจจัยระดับการศึกษา การศึกษาเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำให้บุคคลมีความตระหนักเกี่ยวกับความสำคัญของสุขภาพ ตลอดจนแสวงหาหนทางเพื่อการสร้างเสริมสุขภาพ บุคคลที่มีระดับการศึกษาสูงจึงมีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ สกาวเนตร ไทรแจ่มจันทร์ และคณะ (2564) ศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของประชาชนในชุมชนบ้านเอื้ออาทรบางเขน (คลองถนน) พบว่า ระดับการศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และ เอกชัย รักสวย (2564) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรอบรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมดูแลสุขภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่าระดับการศึกษา และอาชีพ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมดูแลสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมดูแลสุขภาพ 2 อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมไม่ดี



พฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3 อ. ไม่ดีตามไปด้วย อธิบายได้ว่ากลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคั้งนี้ มีความฉลาดทางสุขภาพในระดับไม่ดีหรือไม่เพียงพอจะสามารถแสวงหาความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพได้ด้วยตนเองจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย มาสามารถประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้รับจากสื่อต่างๆ และไม่สามารถซักถามหรือร้องขอข้อมูลด้านสุขภาพเพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้กลุ่มเสี่ยงเบาหวานเหล่านี้มีโอกาสป่วยด้วยโรคเบาหวานเร็วขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางสุขภาพ และพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเรื้อรังหลายโรคพบว่าพฤติกรรมสุขภาพโดยรวมมีความสัมพันธ์กับความฉลาดทางสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (แสงเดือน กิ่งแก้ว และ นุสรรา ประเสริฐศรี, 2559) การจัดโปรแกรมสุขภาพที่เหมาะสมโดยเฉพาะในด้านที่กลุ่มตัวอย่างมีความรอบรู้ไม่ดี เป็นสิ่งที่เจ้าหน้าที่สาธารณสุขจะต้องเร่งรัดเพื่อให้กลุ่มเสี่ยงเบาหวานนี้มีความรอบรู้ที่เพียงพอต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อชะลอการป่วยด้วยโรคเบาหวานในอนาคต

### สรุปผลการวิจัย

ความรู้ด้านสุขภาพเป็นความรู้ ความเข้าใจ และทักษะทางสังคมที่กำหนดแรงจูงใจและความสามารถเฉพาะบุคคลในการเข้าถึง ทำความเข้าใจ และใช้ข้อมูลเพื่อให้เกิดสุขภาพที่ดี รวมทั้งการพัฒนาความรู้ และทำความเข้าใจในบริบทด้านสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงทัศนคติและแรงจูงใจเพื่อก่อให้เกิดพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมด้วยตนเอง การศึกษาคั้งนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมดูแลสุขภาพ 2 อ. อยู่ในระดับไม่ดี สถานภาพสมรส ระดับการศึกษาและอาชีพมีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมดูแลสุขภาพ และความรู้ด้านสุขภาพโดยรวมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมดูแลสุขภาพ 2 อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### ข้อเสนอแนะ

#### ระดับนโยบาย

สถานบริการสาธารณสุขควรกำหนดแผนพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพ 2 อ. ให้แก่กลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวานอย่างชัดเจน ต่อเนื่อง โดยเน้นการให้ความรู้ด้านการสื่อสารแลกเปลี่ยน

เพื่อเพิ่มความเชี่ยวชาญ การเข้าถึงสื่อข้อมูลสารสนเทศ เพื่อประกอบการตัดสินใจปฏิบัติตนให้ถูกต้องมากขึ้น

### ระดับปฏิบัติ

ควรมีแผนอบรมให้ความรู้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ส่งเสริมการจัดการปัจจัยเสี่ยง 2 อ. ในชุมชนโดยชุมชนจัดการตนเองอันจะนำไปสู่ชุมชน สังคมสุขภาพดีลดปัญหาโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

### เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2564). *อัตราการป่วยด้วยโรคเบาหวาน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 มกราคม 2566 จาก [https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report.php?source=formatted/ncd.php&cat\\_id=6a1fdf282fd28180eed7d1cfe0155e11&id=cefa42b9223ec4d1969c5ce18d762bdd](https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report.php?source=formatted/ncd.php&cat_id=6a1fdf282fd28180eed7d1cfe0155e11&id=cefa42b9223ec4d1969c5ce18d762bdd).

กองสุขภาพ. (2554). *การสร้างเสริมและประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ*. กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ, กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ: นิวธรรมดาการพิมพ์ (ประเทศไทย).

กองสุขภาพ. (2561). *โปรแกรมสุขภาพเพื่อการเสริมสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 2 อ. (อาหาร ออกกำลังกาย)*. ในการป้องกันโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงสำหรับวัยทำงาน. กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ, กระทรวงสาธารณสุข. ม.ป.ท.

ณัฐสิทธิ์ สีนโ, วิโรจน์ คำแก้ว, อสิรา จูมมาลี และ ธาธิณี ศรีศักดิ์นอก. (2565). ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง จังหวัดมหาสารคาม. *วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ*, 15(3), 99-113.

วิชัย เอกพลากร. (2557). *รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557*. นนทบุรี: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.

สกาวเนตร ไทรแจ่มจันทร์, วัลลภา อังคารา, อุษณีย์ บุญบรรจบ และ รุณานุช ถิ่นสอน. (2564). ความรอบรู้ด้านสุขภาพ และพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของประชาชนในชุมชนบ้านเอื้ออาทรบางเขน (คลองถนน). *วารสารพยาบาลทหารบก*, 22(3), 376-386.

- สมฤทัย เพชรประยูร, ดวงรัตน์ วัฒนกิจไกรเลิศ, คณิงนิง พงศ์ถาวรภมม และ ธวัชชัย พิรพัฒน์ดิษฐ์. (2557). อิทธิพลของการรับรู้ความรุนแรงของโรค ความแตกฉานด้านสุขภาพและการสนับสนุนจากครอบครัวต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองในผู้ป่วยเบาหวาน ชนิดที่ 2. *วารสารพยาบาลศาสตร์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย*, 26(1), 38-51.
- สำนักโรคไม่ติดต่อ. (2558). *แนวทางการตรวจคัดกรองและดูแลรักษาภาวะแทรกซ้อนที่เท้า ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน*. กรมควบคุมโรค, กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี: โรงพิมพ์ ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- แสงเดือน กิ่งแก้ว และ นุสรรา ประเสริฐศรี. (2559). ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุที่เป็นโรคเรื้อรังหลายโรค. *วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข*, 25(3), 43-54.
- อภิรดี การสมวรรณ์. (2557). *ความฉลาดทางสุขภาพและปัจจัยทำนายความร่วมมือในการรับประทานยาของผู้ป่วยนอกโรคความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลค่ายขุนเจืองธรรมิกราชจังหวัดพะเยา*. (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยพะเยา).
- อรุณี เขียวหล้า. (2558). *ความฉลาดทางด้านสุขภาพและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการรับประทานยาใน ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านเปียงหลวง จังหวัดเชียงใหม่*. (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยพะเยา).
- เอกชัย รักสวย. (2564). ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมดูแลสุขภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2. *วารสารการพัฒนาสุขภาพชุมชน มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 9(4), 345-359.
- Best, J. W. (1981). *Research in Education*. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey, Prentice- Hall Inc.



## ผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหวายกินหน่อต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้าและข้าวโพดหวาน

### EFFECTS OF COMPOST FROM RATTAN RESIDUES ON GROWTH AND YIELD OF CHINESE KALE AND SWEET CORN

ปฐมรัตน์ หัสकरण<sup>\*1</sup>, เยาวพล ชุมพล<sup>2</sup>, อรรถศาสตร์ วิเชียรศาสตร์<sup>3</sup> และ วิบูล เป็นสุข<sup>1</sup>  
Patommarat Hutsakan<sup>\*1</sup>, Yaovapol Chumpol<sup>2</sup>, Atthasat Wiseansat<sup>3</sup>  
and Viboon Pensuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

<sup>2</sup> สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

<sup>3</sup> สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

<sup>1</sup> Program in Agricultural Resource and Environmental Management, Faculty of Technology,  
Udonthani Rajabhat University

<sup>2</sup> Program in Agriculture, Faculty of Technology, Udonthani Rajabhat University

<sup>3</sup> Program in Agribusiness, Faculty of Technology, Udonthani Rajabhat University

---

Received: 4 April 2023

Revised: 10 May 2023

Accepted: 15 May 2023

---

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหวายกินหน่อและเพื่อศึกษาผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหวายกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าและข้าวโพดหวาน โดยทำการศึกษาผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหวายกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าและข้าวโพดหวาน ทำการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาท้องถิ่นบ้านตาด มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี แบ่งงานทดลองออกเป็น 2 งานทดลอง งานทดลองที่ 1 ใช้คะน้าเป็นพืชทดลอง งานทดลองที่ 2 ใช้ข้าวโพดหวานเป็นพืชทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 3 ตำรับการทดลอง คือ ตำรับการทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี ตำรับการทดลองที่ 2

---

\* Corresponding author: ปฐมรัตน์ หัสकरण

E-mail: patommarat@gmail.com

ใส่ปุ๋ยเคมีลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ ดำรับการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ และใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ทั้ง 2 งานทดลองทำ 4 ซ้ำ ปลุกในกระถางและปลูกอยู่ในโรงเรือนปลูกพืชแบบกางมุ้ง หลังจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหวายกินหน่อ คือมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.5 ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 5.56 เดซิซีเมนต่อเมตร มีอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 42 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน เท่ากับ 24.60 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ration) เท่ากับ 36.55 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 0.85 และ 1.86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหวายกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหวายกินหน่อร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ความสูงและผลผลิตของคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยเคมีลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ แล้วเติมปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วเติมปุ๋ยหมัก 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลไม่แตกต่างกัน สำหรับงานทดลองในข้าวโพด พบว่า ทุกดำรับการทดลองไม่ได้ทำให้ความสูงของข้าวโพดแตกต่างกันในช่วงแรก ๆ แต่เมื่อข้าวโพดอายุ 60 และ 75 วันหลังปลูก การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมัก 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดสูงที่สุด ในขณะที่ทุกดำรับการทดลองไม่มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนแถวต่อฝัก และความหวาน แต่ดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ และดำรับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักในอัตรา 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ดต่อฝักสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ดำรับที่ 2 และ 3 ให้ผลไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** ปุ๋ยหมัก, หวายกินหน่อ, คะน้า, ข้าวโพดหวาน

## Abstract

The study of effects of compost from rattan residues on growth and yield of Chinese kale and sweet corn was carried out at Bantad Research and Development Center, Udonthani Rajabhat University. The objectives of this

experimental were to compare effects of compost from rattan residues and chemical fertilizer on growth and yield of Chinese kale and sweet corn. Completely Randomized Design was used in this study. There were 3 treatments consisting of: Treatment 1, Chemical fertilizer, Treatment 2, Reduced 25 percentage of chemical fertilizer, adding 1,000 Kg/rai compost fertilizer and Treatment 3, Reduced 50 percentage of chemical fertilizer rate, adding 1,500 Kg/rai compost fertilizer. The plants were grown in plastic pots in a plastic greenhouse with 4 replications. The analysis of chemical properties of compost from rattan residual material were pH 7.5, electrical conductivity 5.56 dS/meter, organic matter 42 percent, organic carbon content 24.60 percent, carbon and nitrogen ratio (C/N ratio) 36.55, total nitrogen content 0.67 percent, total available phosphorus ( $P_2O_5$ ) 0.85 percent, and total available potassium ( $K_2O$ ) 1.86 percent. The results of this study showed that adding compost with chemical fertilizer promoted the height and yield of Chinese kale significantly. However, adding 1,000 or 1,500 kg/rai of compost with reduced 25 or 50 percent rate of chemical fertilizer gave the same result. For sweet corn, all treatments did not show significant differences for height in an early growth stage but at 60 and 75 DAP, adding 1,500 kg/rai with 50 percent reduced rate of chemical fertilizer gave the highest plant height. All 3 treatments did not show the difference of the ear length, the ear width, the ear weight, number of seeds row per ear and brix index. Additionally, adding 1,000 or 1,500 kg/rai of compost with reduced 25 or 50 percent rate of chemical fertilizer showed the highest number of seeds/ear and the highest weight of seeds/ear while these two treatments did not show the significant differences.

**Keywords:** compost, rattan, Chinese kale, sweet corn

## บทนำ

จังหวัดสกลนครมีเนื้อที่ทั้งสิ้น 6,003,603 ไร่ เนื้อที่ถือครองทางการเกษตร 2,902,151 ไร่ คิดเป็น 51.65 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งจังหวัด มีการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อยโรงงานและยางพารา (สำนักงานสถิติจังหวัดสกลนคร, 2561) นอกจากพืชเศรษฐกิจแล้วยังมีพืชท้องถิ่นที่มีศักยภาพในพื้นที่ โดยเฉพาะแถบเทือกเขาภูพาน ได้แก่ หวาย ซึ่งเป็นทั้งพืชอาหารและสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ โดยหน่อ ยอด และผลของหวายสามารถนำมาเป็นอาหาร การผลิตหวายเพื่อการค้าแหล่งใหญ่อยู่ที่จังหวัดสกลนคร โดยในปี พ.ศ. 2550/2551 มีพื้นที่ปลูก 4,406 ไร่ ผลผลิตรวม 5.1 ล้านหน่อ ผลผลิตเฉลี่ย 1,600 หน่อต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2558) อย่างไรก็ตาม หลังจากมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตของหวายกินหน่อก่อนนำไปบริโภค มีการตัดแต่งส่วนใบและกาบใบ ทำให้มีเศษวัสดุเหลือใช้จำนวนมาก โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะทิ้งไว้ในสวนไร่เนาให้แห้งและเผาทำลาย ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การนำทรัพยากรหรือวัสดุต่างๆ กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดหรือคุ้มค่าที่สุดหรือการลดปริมาณของเสียให้น้อยลงเท่ากับศูนย์ (Zero Waste) ตามแนวทางพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ BCG Economic Model ประกอบด้วย 1) เศรษฐกิจชีวภาพ 2) เศรษฐกิจหมุนเวียน 3) เศรษฐกิจสีเขียว ที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้ทรัพยากร การใช้ทรัพยากรหมุนเวียนและการลดการปลดปล่อยของเสียจากการใช้ชีวิต ในรูปแบบของปุ๋ยหมักเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มธาตุอาหารแก่พืช เป็นการลดขยะและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า สมถวิล รุ่งศิรินันท์พร (2545) มีการใช้ปุ๋ยหมักจากฟางข้าวชนิดต่างๆ ต่อผลผลิตผัก นอกจากนี้มีการใช้อินทรีย์วัตถุเหลือใช้จากกากตะกอนน้ำเสีย กากละหุ่ง ฮิวมัสและปุ๋ยฟางข้าว ใช้เป็นปุ๋ยในโตรเจนสำหรับปลูกข้าวในสภาพไร่ที่ทำการปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา และคณะ, 2531) และ อมลณัฐ ฉัตรตระกูล (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้จากกะขามและการผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเศษเหลือในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม สอดคล้องกับการศึกษาของ ธีระพงศ์ จันทนิยม และ อัจฉรา เพ็งหนู (2557) เรื่องผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากทะเลาเป่าปาล์มน้ำมันและปุ๋ยน้ำหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตพืช นอกจากนี้ ศิราณี วงศ์กระจ่าง (2558) ยังพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักสามารถช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและช่วยยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างในดินจากผลการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ปลูกพืช เพราะปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสามารถ



ดูดซับธาตุอาหารพืชและน้ำให้กับรากพืชได้อย่างเต็มที่ ส่งผลทำให้ลำต้นพืชมีความแข็งแรงเป็นอย่างดี

อย่างไรก็ดี การศึกษาเรื่องการใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากหว่ายกลับมาหมუნเวียนเพื่อลดของเหลือทิ้งทางการเกษตรในเชิงรูปแบบของปุ๋ยหมักยังมีจำนวนน้อย รวมทั้งผู้วิจัยได้สังเกตเห็นศักยภาพการใช้วัสดุเหลือใช้จากหว่ายมาทำเป็นปุ๋ยหมัก เพื่อหมუნเวียนกลับลงสู่ดิน รักษาทรัพยากรดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้จากหว่าย และนำมาใช้ทดสอบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าและข้าวโพดหวาน เพื่อเป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี รวมทั้งเพื่อลดต้นทุนของปัจจัยในการผลิตพืช และเป็นแนวทางให้เกษตรกรลดขยะ ลดการเผา มุ่งแก้ไขปัญหามลพิษโดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการเผา (PM2.5) เพื่อลดผลกระทบต่อโลกอย่างยั่งยืน

### วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้ 1) การเตรียมการผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหว่าย รวบรวมวัสดุเหลือใช้จากหว่ายกินหน่อจากแปลงเรียนรู้ของเกษตรกร (นายยุทธชัย หัตถกรรจ์) ตำบลวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร ได้แก่ ส่วนของใบและกาบใบที่เหลือใช้จากการตัดแต่งหว่าย นำมาเป็นวัตถุดิบในการศึกษาเพื่อผลิตปุ๋ยหมักที่ใช้ระยะเวลาในการหมักสั้น (30-45 วัน) โดยอาศัยจุลินทรีย์เร่งการหมัก ได้แก่ สารเร่งซูปเปอร์ พด.1 กรมพัฒนาที่ดิน

#### กรรมวิธีการผลิตปุ๋ยหมักด้วยสารเร่งซูปเปอร์พด.1 กรมพัฒนาที่ดิน

ส่วนผสมในการทำปุ๋ยหมัก 1 ตัน ประกอบด้วย

เศษวัสดุเหลือใช้จากหว่ายกินหน่อ	1,000	กิโลกรัม
มูลสัตว์	200	กิโลกรัม
ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0)	2	กิโลกรัม
สารเร่งซูปเปอร์ พด. 1	1	ซอง

นำเศษวัสดุเหลือใช้จากหว่ายกินหน่อโดยใช้เครื่องสับหญ้าอาหารสัตว์ ผสมกับมูลสัตว์ และปุ๋ยไนโตรเจน คลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากัน กองเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าไว้ในโรงเรือนหลบแดด หลบฝน ผสมสารเร่งซูปเปอร์ พด.1 ในน้ำ 20 ลิตร คนนาน 5-10 นาที เพื่อกระตุ้นให้จุลินทรีย์

ออกจากสภาพที่เป็นสปอร์และพร้อมที่จะเกิดกิจกรรมย่อยสลาย รวดสารละลายสารเร่งให้ทั่ว กองปุ๋ยหมัก รดน้ำรักษาความชื้นในกองปุ๋ย มีความชื้น 50-60% อยู่เสมอ กลับกองปุ๋ย 7-10 วันต่อครั้ง เพื่อระบายอากาศ เพิ่มออกซิเจน และช่วยให้วัสดุคลุกเคล้าเข้ากัน การพิจารณา ปุ๋ยหมักที่เสร็จสมบูรณ์ โดยพิจารณาจากสีของวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อให้มีสีน้ำตาลเข้ม จนถึงสีดำลักษณะอ่อนนุ่ม ยุ่ย ขาดจากกันได้ง่าย ไม่แข็งกระด้างเหมือนวัสดุเริ่มแรก ไม่มี กลิ่นเหม็น ไม่มีความร้อนในกองปุ๋ยหมัก มีพีชเจอร์นในกองปุ๋ยหมัก ทำการเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมัก จำนวน 1 กิโลกรัม เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักบางประการ โดยวิธี มาตรฐานทั่วไป ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) (1:10 H<sub>2</sub>O) การนำไฟฟ้า (EC) (dSm<sup>-1</sup>) (1:10 H<sub>2</sub>O) ปริมาณไนโตรเจน (N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ปริมาณโพแทสเซียม (K<sub>2</sub>O) แคลเซียม (%Ca) แมกนีเซียม (%Mg) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%OM) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%OC) และอัตราส่วนธาตุคาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจน (C/N ratio) 2 ) ศึกษาผลของปุ๋ยหมัก จากวัสดุเหลือใช้ของหอยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าและข้าวโพดหวาน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 3 ดำรับการทดลอง 4 ซ้ำ คือ ดำรับการทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ร่วมกับ 27-6-6 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้กับข้าวโพดหวาน และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้กับคะน้า ดำรับการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีลดร้อยละ 25 และใส่ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อ อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่และดำรับการ ทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีลดร้อยละ 50 และใส่ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อ อัตรา 1,500 กิโลกรัม/ไร่ การเตรียมดินปลูกคะน้า โดยใส่ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอย กินหน่อผสมกับดินตามแต่ละของดำรับการทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอ้างตาม วรณิศา ปัทมะภูษิต และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง (2557) แบ่งใส่ปุ๋ยจำนวน 3 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 + 27-6-6 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 + 27-6-6 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 + 27-6-6 ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อคะน้าอายุ 15, 30 และ 45 วันหลังปลูก ตามลำดับ สำหรับการเตรียม ดินปลูกข้าวโพดหวาน ใส่ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อผสมกับดินตามดำรับ การทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอ้างตามกรรมวิธีของ ฉลอง เกิดศรี และ ไพโรจน์ สุวรรณจินดา (2551) แบ่งใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อ 25 วันหลังปลูก ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่หลังปลูก 45 วันหลังปลูก

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ความสูงของต้นและน้ำหนักผลผลิต ส่วนเหนือดิน เมื่อค่น้ำมีอายุ 25, 35 และ 55 วันหลังปลูก และเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 55 วัน หลังปลูกบันทึกการเจริญเติบโตข้าวโพดหวาน โดยสุ่มวัดความสูงจากระดับผิวดินถึงปลายสุด ของใบ เมื่อข้าวโพดมีอายุ 15, 30, 45, 60 และ 75 วันหลังปลูก เมื่อข้าวโพดอายุ 75 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิต และบันทึกองค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่ ความยาว ความกว้างของฝัก น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก ปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนแถวต่อฝักและความหวานของข้าวโพด

### ผลการวิจัย

1. สมบัติบางประการของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหว่ายกินหน่อ จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของปุ๋ยหมัก พบว่า ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหว่ายกินหน่อ มีค่า pH อยู่ในระดับกลาง (7.5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงและมีค่า C/N ratio อยู่ในระดับที่เป็นประโยชน์ต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน (36.55) มีปริมาณธาตุอาหาร  $NP_2O_5$ ,  $K_2O$  เท่ากับ 0.67 0.85 และ 1.86% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหว่ายกินหน่อ

สมบัติบางประการ	ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหว่ายกินหน่อ
pH	7.5
EC (ds/m)	5.56
Moisture (%)	28.80
Organic matter (%)	42.42
Organic carbon (%)	24.60
C/N Ratio	36.55
Total N (%)	0.67
Total $P_2O_5$ (%)	0.85
Total $K_2O$ (%)	1.86

## 2. การศึกษาผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าและข้าวโพดหวาน

2.1 ผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า จากการศึกษาการเจริญเติบโตด้านความสูง พบว่าเมื่อคะน้าอายุ 25 วัน หลังปลูกความสูงของคะน้ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่อายุ 35 และ 55 วันหลังปลูก ซึ่งคะน้าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อ มีความสูงมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในขณะทางด้านผลผลิต พบว่า น้ำหนักผลผลิตต่อต้นของคะน้าก่อนตัดแต่ง และหลังตัดแต่งในแต่ละตำรับการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งคะน้าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อ มีน้ำหนักผลผลิตต่อต้น มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสูงและน้ำหนักผลผลิตต่อต้นของคะน้า

ตำรับ การทดลอง	ความสูงของคะน้า (เซนติเมตร)			น้ำหนักผลผลิตต่อต้น (กรัม)	
	25 วัน	35 วัน	55 วัน	ก่อนตัดแต่ง	หลังตัดแต่ง
1. ปุ๋ยเคมี	4.18b	4.70b	5.25b	3.85b	3.34b
2. ปุ๋ยเคมีลดลง 25% +ปุ๋ยหมัก 1,000 กก./ไร่	4.78a	6.75a	9.50a	38.32a	31.75a
3. ปุ๋ยเคมีลดลง 50% +ปุ๋ยหมัก 1,500 กก./ไร่	4.95a	7.70a	11.08a	46.47a	38.78a
C.V. (%)	7.07	12.35	12.95	24.81	24.38
F-test	*	**	**	**	**

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ที่ตามด้วยอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

\*\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

2.2 ผลของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน จากศึกษาการเจริญเติบโตด้านความสูง พบว่า ความสูงของข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออายุของข้าวโพดหวาน 60 วันหลังปลูก ซึ่งข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อ

มีความสูงมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวและความสูงของข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่ออายุของข้าวโพดหวาน 75 วันหลังปลูก (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหว่ายกินหน่อ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวโพดหวาน ซึ่งเป็นไปตามสมบัติของปุ๋ยหมัก คือ มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุครบตามที่พืชต้องการ แม้แต่ละธาตุจะมีปริมาณที่น้อยกว่าปุ๋ยเคมีและธาตุอาหารในปุ๋ยหมักส่วนมากจะปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ จึงมีการสูญเสียจากการชะล้างน้อยกว่าปุ๋ยเคมี (He et al., 2001) ซึ่งจะเห็นได้จากความสูงของข้าวโพดหวานที่เพิ่มขึ้นในช่วง 60 และ 75 วันหลังปลูกสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 3 ความสูงของต้นข้าวโพดหวาน

ตำรับการทดลอง	ความสูงของข้าวโพดหวาน (เซนติเมตร)				
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน
1. ปุ๋ยเคมี	53.83	71.68	93.43	109.10 <sup>1/b</sup>	130.03b
2. ปุ๋ยเคมีลดลง 25% +ปุ๋ยหมัก 1,000 กก./ไร่	55.90	72.05	95.38	113.48b	140.90ab
3. ปุ๋ยเคมีลดลง 50% +ปุ๋ยหมัก 1,500 กก./ไร่	64.65	87.28	118.25	140.73a	177.45a
C.V. (%)	13.78	15.36	14.75	12.17	11.39
F-test	ns	ns	ns	*	**

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ที่ตามด้วยอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ )

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ )

\*\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P<0.01$ )

ความยาว ความกว้าง และน้ำหนักฝักของข้าวโพดหวานไม่พอกเปลือกและพอกเปลือกในแต่ละตำรับการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4)

**ตารางที่ 4** ความยาว ความกว้างและน้ำหนักฝักของข้าวโพดหวานไม่ปกเปลือกและปกเปลือก

ตัวรับการทดลอง	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)		ความกว้างฝัก (เซนติเมตร)		น้ำหนักฝัก (กรัม)	
	ไม่ปกเปลือก	ปกเปลือก	ไม่ปกเปลือก	ปกเปลือก	ไม่ปกเปลือก	ปกเปลือก
	1. ปุยเคมี	21.85	15.10	5.09	4.40	223.50
2. ปุยเคมีลดลง 25% + ปุยหมัก 1,000 กก./ไร่	25.10	18.50	5.38	4.53	307.00	222.00
3. ปุยเคมีลดลง 50% + ปุยหมัก 1,500 กก./ไร่	25.30	18.50	5.75	4.85	324.50	251.00
C.V. (%)	10.96	11.89	8.27	6.80	25.07	21.12
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ )

คุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวาน พบว่า จำนวนเมล็ดต่อฝักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และน้ำหนักเมล็ดต่อฝักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยตัวรับการทดลองที่ 2 และ 3 ที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก มีจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อฝักมากกว่าตัวรับการทดลองที่ 1 ที่ได้รับปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ส่วนจำนวนแถวต่อฝักและความหวานพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** จำนวนแถว จำนวนเมล็ด น้ำหนักเมล็ดต่อฝักและความหวานของข้าวโพดหวาน

ตัวรับการทดลอง	จำนวนแถวต่อฝัก (แถว)	จำนวนเมล็ดต่อฝัก (เมล็ด)	น้ำหนักเมล็ดต่อฝัก (กรัม)	ความหวาน (บrix)
1. ปุยเคมี	12.10	353.75b	26.60b	17.05
2. ปุยเคมีลดลง 25% + ปุยหมัก 1,000 กก./ไร่	12.70	455.35a	43.60a	16.65
3. ปุยเคมีลดลง 50% + ปุยหมัก 1,500 กก./ไร่	13.20	500.10a	53.96a	17.35
C.V. (%)	5.09	13.13	16.41	5.23
F-test	ns	*	**	ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกัน ที่ตามด้วยอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ, \* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

\*\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P<0.01$ )

## สรุปและอภิปรายผล

จากสมบัติบางประการของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อ พบว่ามีสมบัติหลายประการที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมัก เช่น ค่าการนำไฟฟ้า ความชื้น P K และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุมีผลต่อการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน จากการศึกษาของ ชัยสิทธิ์ ทองจู (2538) เรื่องผลจากการใช้ปุ๋ยหมักช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน โดยปุ๋ยหมักที่ใส่ลงในดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้น อิวมีสในปุ๋ยหมักเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีประจุลบเป็นตัวช่วยดูดซับธาตุและมีผลให้อุณหภูมิของดินเกาะตัวกันและสารเมือกที่ปลดปล่อยจากแบคทีเรียจะส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน ปุ๋ยหมักสามารถปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้นและลดความหนาแน่นรวมดินลงการระบายอากาศของดินเพิ่มมากขึ้น ระบบรากของพืชสามารถแผ่กระจายในดินได้อย่างกว้างขวาง ทำให้ความสามารถในการดูดธาตุอาหารของรากเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนอัตราคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ก็ถือว่าเป็นตรรกะที่สำคัญสำหรับการทำปุ๋ยหมัก โดย C/N ratio ในการเริ่มต้นหมักทำปุ๋ยตามทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง 25-30 หรือในทางปฏิบัติอาจจะมีความได้ถึง 35-45 ซึ่งถ้าค่า C/N ratio สูงขึ้น ก็จะทำให้ระยะเวลาในการหมักนานขึ้นด้วย การที่ค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) สูง สามารถแก้ไขได้โดยการเติมปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มเติมในกระบวนการหมักหรือใช้วัสดุที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง เช่น น้ำหมักชีวภาพจากปลาเป็นวัสดุในการหมักร่วมด้วย จะมีผลต่อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรีย์สารจะใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานและใช้ในโตรเจน เพื่อสร้างโครงสร้างของเซลล์ในกระบวนการหมัก ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นสารสำคัญและเป็นสารที่มีผลต่อการจำกัดอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ (Richard, 1992)

การใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของหอยกินหน่อร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ความสูงและผลผลิตของคะน้าสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 25 แล้วเติมปุ๋ยหมัก 1,000 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 50 แล้วเติมปุ๋ยหมัก 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลไม่แตกต่างกัน สำหรับงานทดลองในข้าวโพด พบว่าทุกตำรับการทดลองไม่ได้ทำให้ความสูงของข้าวโพดแตกต่างกันในช่วงแรก ๆ แต่เมื่อข้าวโพดอายุ 60 และ 75 วันหลังปลูก การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราลดลงร้อยละ 50 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมัก 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดสูงที่สุด ในขณะที่ทุกตำรับการทดลองไม่มีผลต่อการแสดงออกของลักษณะ ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนแถวต่อฝัก

และความหวาน แต่ดำรับการใช้ปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 25 ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ และดำรับการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราลดลงร้อยละ 50 ร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักในอัตรา 1,500 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้จำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนักเมล็ดต่อฝัก สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ดำรับที่ 2 และ 3 ให้ผลไม่แตกต่างกัน

นอกจากการศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของคละน้ำและข้าวโพดหวานแล้วยังมีการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตพืชชนิดอื่น ได้แก่ การศึกษาของ วันยุภา บุตรวร และคณะ (2561) เรื่องผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตของหอมแบ่ง ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักเติมอากาศ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักสดต่อกอสูงสุด (18.60 กรัม) เกศศิริรินทร์ แสงมณี และคณะ (2562) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักจากกากตะกอนหม้อกรองร่วมกับมูลสุกรต่อผลผลิตของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-7-18 อัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองผสมมูลสุกร อัตรา 1,800 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้อ้อยมีจำนวนลำต่อไร่และผลผลิตรวมสูงสุดคือ 17,422.22 ลำต่อไร่และ 25.48 ตันต่อไร่, ตามลำดับ ในขณะที่อ้อยมีความหวานสูงสุดคือ 20%Brix เมื่อได้รับปุ๋ยหมักขี้หม้อกรองอ้อยร่วมกับมูลสุกร อัตรา 1,800 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้อ้อยมีจำนวนลำต่อไร่และผลผลิตรวมสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวและไม่ใส่ปุ๋ย เช่นเดียวกับกับงานวิจัยของ อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ (2556) พบว่าการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม คือ การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยให้เกิดประโยชน์สูงสุดในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแปลงเรียนรู้ของเกษตรกร (นายยุทธชัย หัศกรรงค์) ตำบลวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาท้องถิ่นบ้านตาด มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ต.บ้านตาด อ.เมือง จ.อุดรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2558). รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาการผลิตหวานในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2563, จาก <https://www.doa.go.th/>.



- เกศศิริรินทร์ แสงมณี, ธีระรัตน์ ชินแสน, นัยวัฒน์ เกิดมงคล และ สมประสงค์ จันทร์. (2562). ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักจากขี้กรองอ้อยร่วมกับมูลสุกรต่อผลผลิตของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3. *วารสารเกษตรนเรศวร*, 16(1), 9-14.
- ฉลอง เกิดศรี และ ไพโรจน์ สุวรรณจินดา. (2551). การปลูกข้าวโพดหวานในสวนยางพารา. *เกษตรชายแดนใต้ ฉบับชาวบ้าน*, 3(8), 11.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ. (2538). *การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับกวางตุ้ง และข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธีระพงศ์ จันทร์นิยม และ อัจฉรา เฟื่องหนู. (2557). การผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเศษเหลือในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. *เคหการเกษตร*, 38(11), 234-240.
- วรรณิศา ปัทมะภูษิต และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. (2557). ประสิทธิภาพปุ๋ยเคมีต่ออัตรา การเจริญเติบโตและผลผลิตคະນ້າ. *วารสารแก่นเกษตร*, 42(3), 941-946.
- วันยุภา บุตรวร, ณัฐรดา โสพิลา และ อังคณา เทียนกล้า. (2561). ผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหอมแบ่ง. *วารสารวิชาการสถาบัน การอาชีวศึกษาเกษตร*, 2(2), 40-46.
- ศิริาณี วงศ์กระจ่าง. (2558). ผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากทะเลลายเปลาป่าลัมน้ำมันและปุ๋ย น้ำหมักต่อการเจริญเติบโตพืช. *วารสารวิทยาลัยราชชนรินทร์*, 7(1), 146-152.
- ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, กุลวดี คันธวีวรรณ และ สุเทพ ทองแพ. (2531). *การใช้วัสดุเหลือใช้ บางชนิดเป็นปุ๋ยพืชไร่ในชุดดินกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร กรุงเทพฯ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2562, จาก [http://www.pikul.lib.ku.ac.th/cgi-bin/agre.exe?recid=005203&database=agre&search\\_type=link&table=mona&back\\_path=agremona&lang=thai&format\\_name=TFMON](http://www.pikul.lib.ku.ac.th/cgi-bin/agre.exe?recid=005203&database=agre&search_type=link&table=mona&back_path=agremona&lang=thai&format_name=TFMON).
- สมถวิล รุ่งศิรินันท์พร. (2545). *ผลของปุ๋ยหมักฟางข้าวชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อผลผลิตของผัก. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเลย จังหวัดเลย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2562, จาก [http://www.pikul.lib.ku.ac.th/cgi-bin/agre.exe?rec\\_id=004073&database=agre&search\\_type=link&table=mona&back\\_path=/agre/mona&lang=thai&format\\_name=TFMON](http://www.pikul.lib.ku.ac.th/cgi-bin/agre.exe?rec_id=004073&database=agre&search_type=link&table=mona&back_path=/agre/mona&lang=thai&format_name=TFMON).

- สำนักงานสถิติจังหวัดสกลนคร. (2561). *รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดสกลนคร*. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2563, จาก [http://www.osthailand.nic.go.th/masterplan\\_area/userfiles/file%20](http://www.osthailand.nic.go.th/masterplan_area/userfiles/file%20).
- อมลณัฐ ฉัตรตระกูล. (2554). *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของมะขาม*. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. (2556). ผลของการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าว. *วารสารวิชาการเกษตร*, 31(3), 270-281.
- He, Z., Yang, X., Kahn, B. A., Stoffella, P. J., & Calvert, D. V. (2001). Plant nutrition benefits of phosphorus, potassium, calcium, Magnesium, and micronutrients from compost utilization. In *Compost Utilization in Agricultural Cropping Systems*. New York: Lewis.
- Richard, T. L. (1992). Municipal solid waste composting. Physical and biological processing. *Biomass & Bioenergy*, 3(3-4), 195-211.

## ระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้ VERIFIABLE ACTIVITY PARTICIPATION CERTIFICATION SYSTEM

พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร\*

Pitchya Tangsombatvichit\*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Received: 18 April 2023

Revised: 26 May 2023

Accepted: 5 July 2023

### บทคัดย่อ

หนึ่งในเอกสารที่สำคัญของนักศึกษายุคปัจจุบันคือใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งอาจถูกใช้ในกิจกรรมที่หลากหลายรูปแบบ กิจกรรมที่นักศึกษานิยมใช้เป็นหลักฐานในการพิจารณาคุณสมบัติของนักศึกษาในการสมัครเข้าศึกษาต่อหรือเข้าทำงาน คือ ใบรับรองผลการร่วมกิจกรรมหรือผลการแข่งขันทางวิชาการ แต่หน่วยงานที่จัดกิจกรรมในปัจจุบันนิยมออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมในรูปแบบดิจิทัลซึ่งถูกปลอมแปลงได้ง่าย และตรวจสอบความเป็นต้นฉบับได้ยาก วิธีการที่นำมาใช้วิธีการส่งใบรับรองผ่านทางอีเมลซึ่งเป็นวิธีการที่ส่งมอบการตรวจสอบได้ยาก หรือใช้วิธีเก็บข้อมูลการตรวจสอบไว้ที่ระบบสารสนเทศของผู้จัดกิจกรรมซึ่งเป็นภาระของผู้จัดกิจกรรมที่ต้องออนไลน์ระบบไว้ตลอดเวลา ซึ่งไม่เหมาะสมกับใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่ไม่ทราบว่าคุณเข้าร่วมต้องการตรวจสอบเมื่อใด ดังนั้น งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยเสนอวิธีการสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่เชื่อถือได้โดยเก็บหลักฐานการตรวจสอบไว้ในแฟ้มข้อมูลเพื่อให้มีผลทางกฎหมาย และส่งให้นักศึกษาสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นหลักฐานได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับระบบของผู้จัดกิจกรรม ระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมจำนวน 2 กิจกรรมให้กับนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 จำนวน 1,151 คนจาก 8 โรงเรียน ระบบที่ผ่านการประเมินประสิทธิภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ

\* Corresponding author: พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร

Email: pitchya.t@rmutsb.ac.th

ได้ระดับ 4.75 คะแนนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม ผู้วิจัยทดสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยคำนวณค่าแอลฟาของครอนบาคได้ 0.73 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

**คำสำคัญ:** ใบรับรอง, กิจกรรมนักศึกษา, ความน่าเชื่อถือ

### Abstract

One of the students' most important documents is an activity participation certificate which may be used in a variety of activities. The most popular activities that students use as evidence for considering student qualifications in applying for further study or employment are certificates of participation in activities or academic competition results. However, the event organizer prefers to issue activity participation certificates in digital form, which can be easily forged and difficult to verify authenticity. The previous method used to send certificates via email, which was difficult to deliver for verification or by storing audit information in the event organizer's information system which is the event organizer's burden that must be online all the time and it is not suitable for using certificates of attendance where attendees do not know when they want to check. Therefore, this research examines the method of issuing certificates of participation in activities in accordance with the Electronic Transactions Act. The researcher proposed a method for generating trusted activity participation certificates. As a result, the students can use it as evidence without requiring the event organizer's system. The system generates 2 activity participation certificates for 1,151 Grade 10 – 12 students from 8 schools. The proposed system has been evaluated by experts at a level of 4.75, the score is excellent. The researcher tested the reliability of the questionnaire by calculating Cronbach's alpha value of 0.73, which was in a good range.

**Keywords:** certificate, activity participation, trust

## บทนำ

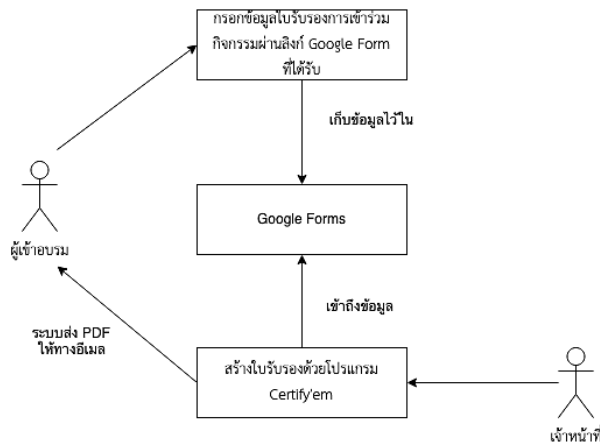
ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา เป็นเอกสารที่สำคัญฉบับหนึ่งสำหรับนักศึกษาในการใช้สมัครเรียนต่อหรือสมัครเข้าทำงานเมื่อสำเร็จการศึกษา ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่สามประการคือ 1) สถาบันการศึกษาหรือหน่วยงานที่จัดกิจกรรมเป็นผู้รับรองการจัดกิจกรรม 2) ชื่อและนามสกุลของนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม 3) ชื่อกิจกรรม สถานที่ วันและเวลาที่เข้าร่วมกิจกรรม ทั้งนี้ ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาอาจเป็นใบรับรองที่ระบุว่านักศึกษาได้เข้าร่วมกิจกรรม หรือเข้าร่วมแข่งขันและได้รับผลการแข่งขันในลำดับที่เท่าไรก็ได้ จากการศึกษาของอติมาตริ เพิ่มพูน และคณะ (2563) และภูมิภวิชญ์ ทิพย์ธีรเสวต (2565) พบว่า นักศึกษามีความสนใจและความคาดหวังสูงในการจัดกิจกรรมทางวิชาการ ดังนั้น ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมทางวิชาการของนักศึกษาจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการใช้เพื่อเป็นประวัติการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา

ในปัจจุบัน การจัดกิจกรรมอาจมีวิธีการบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมได้หลายวิธี เช่น การให้เจ้าหน้าที่เป็นผู้บันทึกข้อมูล หรือให้นักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมเป็นผู้กรอกข้อมูลเองผ่านแอปพลิเคชัน เช่น Google Form แอปพลิเคชันไลน์ (วุฒิพงษ์ ชินศรี และวิไลลักษณ์ ตรีพีช, 2564) และแอปพลิเคชัน Augmented Reality (บุษบา สังข์วรรณะ, 2563) เป็นต้น ในขั้นตอนสุดท้ายหน่วยงานที่จัดกิจกรรมในปัจจุบันนิยมออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาในรูปแบบแฟ้มข้อมูลดิจิทัลเนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวก ประหยัด และสามารถส่งมอบให้กับนักศึกษาได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว

การออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมดิจิทัลซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของรูปภาพหรือเอกสาร PDF ที่สามารถเปิดด้วยโปรแกรมอ่านแฟ้มข้อมูล PDF ทั่วไปอย่าง Adobe Acrobat Reader มีข้อดีเมื่อเทียบกับการออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมกระดาษ ตรงที่ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมกระดาษ ใช้ลักษณะพิเศษของน้ำหมึก กระดาษ หรือตราประทับในการพิสูจน์ความเป็นต้นฉบับ การออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมดิจิทัลมีกลไกทางอิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจสอบความเป็นต้นฉบับ ซึ่งมีลักษณะที่อ่านปลอมแปลงได้ง่ายหรือยากขึ้นอยู่กับวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์

วิธีการโดยทั่วไปสำหรับการออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมดิจิทัล คือ การที่เจ้าหน้าที่จัดทำรายชื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมผ่าน Google Sheet และใช้เครื่องมือสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม เช่น Certify'em (Gleeda Software LLC, 2022) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จาก

การใช้วิธีนี้คือผู้เข้าร่วมกิจกรรมทุกคนจะได้ใบเข้าร่วมกิจกรรมที่มีลักษณะเหมือนกันแต่ต่างกันเพียงแค่ชื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรม วิธีการนี้เป็นวิธีการที่สะดวก รวดเร็ว เหมาะสมสำหรับหน่วยงานที่จัดกิจกรรมโดยมีบุคลากรภายนอกหรือนักศึกษาจากสถาบันการศึกษาอื่นเข้าร่วมกิจกรรมหรือเป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นเฉพาะกิจ และไม่ได้มีงบประมาณในการออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมมากนัก ดังรูปที่ 1 เจ้าหน้าที่ส่งลิงก์ที่สร้างจาก Google Forms ให้ผู้เข้าอบรมกรอกข้อมูลที่เป็นสำเนาสำหรับการออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม เมื่อข้อมูลถูกบันทึกไว้ใน Google Forms แล้ว เจ้าหน้าที่สามารถใช้โปรแกรม Certify'em เพื่อสร้างใบรับรองและจัดส่งไปยังผู้เข้าอบรมอัตโนมัติ

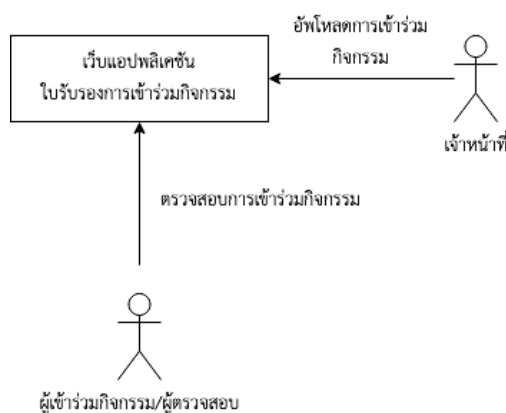


รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของ การใช้ Google Form ร่วมกับ Certify'em

อย่างไรก็ตาม ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่ออกโดยวิธีการนี้มีลักษณะที่สามารถปลอมแปลงได้ง่าย เช่น การใช้โปรแกรมตกแต่งเอกสารหรือรูปภาพเพื่อเปลี่ยนชื่อนามสกุลหรือเปลี่ยนผลการเข้าร่วมการแข่งขันสามารถทำได้ง่ายและมีต้นทุนที่ถูกเช่นกัน นอกจากนี้หากใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมไม่ถูกปลอมแปลง กระบวนการยืนยันความน่าเชื่อถืออาจทำได้ยาก ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมประเภทนี้ไม่มีกลไกการตรวจสอบความน่าเชื่อถือหรืออีกนัยหนึ่งคือ นักศึกษาไม่สามารถใช้ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม กล่าวอ้างผลการเข้าร่วมกิจกรรมหรือผลการแข่งขันได้ ซึ่งปัญหานี้ตกไปเป็นภาระอยู่กับสถานประกอบการหรือสถาบันการศึกษาที่รับพิจารณาใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมในการตรวจสอบความถูกต้องแท้จริงของเอกสารซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ทั้งคนและเวลา

วิธีการหนึ่งที่ใช้แก้ไขปัญหาคือ หน่วยงานต้นสังกัดใช้อีเมลที่เป็นชื่อโดเมนของหน่วยงานส่งใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมให้นักศึกษา เพื่อให้ นักศึกษาสามารถใช้ที่อยู่อีเมลของผู้ส่งเอกสารซึ่งเป็นโดเมนของหน่วยงานที่จัดกิจกรรมรับรองแหล่งที่มาของเอกสาร แต่วิธีการนี้มีข้อเสีย คือ นักศึกษาไม่สามารถ ส่งมอบการพิสูจน์แหล่งที่มาของอีเมลได้ด้วยการส่งต่ออีเมลไปยังสถานประกอบการหรือสถาบันการศึกษาที่ต้องการ ทำให้วิธีการนี้นักศึกษาสามารถพิสูจน์หลักฐานได้ด้วยกันเปิดอีเมลพิสูจน์ให้ดูต่อหน้าเท่านั้น

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ระบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นเว็บแอปพลิเคชัน และอนุญาตให้บุคคลภายนอกซึ่งมาจากสถานประกอบการหรือสถาบันการศึกษาอื่นสามารถเข้าถึงข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาดังกล่าวได้โดยผ่านการกรอกข้อมูลของนักศึกษาและกิจกรรมที่เข้าร่วม หรือการสแกนคิวอาร์โค้ดที่ปรากฏอยู่บนเอกสาร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของ การใช้ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่มีขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจน และเหมาะสมกับบุคลากร และนักศึกษาภายในสถาบันการศึกษา เนื่องจากระบบสามารถเชื่อมต่อกระบวนการทำงาน ตั้งแต่การจัดทำหนังสือเชิญ การจัดการไปยังนักศึกษา การรอตอบรับ และการจัดทำใบลงทะเบียนเข้าร่วมกิจกรรม (อภิรักษ์ ชันแข็ง และคณะ, 2558; เปรมปวีร์ ศรีวัชรวิชัย, 2564; มนต์สวรรค์ พลอยมุกดา และคณะ, 2565) แต่กระบวนการดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมกับหน่วยงานที่จัดกิจกรรมที่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมเป็นนักศึกษาจากสถาบันการศึกษาอื่น

โดยเฉพาะการจัดการแข่งขันทางวิชาการ เนื่องจากระบบสารสนเทศจำเป็นต้องเป็นระบบออนไลน์และสามารถเข้าถึงได้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตตลอดเวลา ซึ่งเป็นภาระของหน่วยงานที่จัดกิจกรรมเนื่องจากหน่วยงานไม่อาจทราบได้ว่า นักศึกษาจะใช้ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมนี้เป็นหลักฐานในช่วงเวลาใด ซึ่งอาจเป็นเวลานานและเป็นภาระของหน่วยงานที่จัดกิจกรรมต้องแบกรับด้วยกันดูแลรักษาระบบสารสนเทศที่บันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาให้ดำรงอยู่ตลอดเวลา และอาจเป็นความเสี่ยงของนักศึกษาเองที่ไม่สามารถตรวจสอบการเข้าร่วมกิจกรรมจากระบบสารสนเทศได้เนื่องจากหน่วยงานที่จัดกิจกรรมไม่ได้ดูแลระบบสารสนเทศนี้แล้ว

เนื่องจากวิธีการดังกล่าวทั้งหมดที่กล่าวมานี้การใช้ลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์แบบทั่วไป (สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ, 2544) ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพลายเซ็นของหัวหน้าหน่วยงาน และตราสัญลักษณ์ประจำหน่วยงาน หรือที่อยู่อีเมลมาช่วยรับรองแหล่งที่มาของใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม ทำให้ตัวใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมไม่สามารถรับรองตัวมันเองได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์การทำวิจัย ดังนี้

- 1) พัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมให้กับนักศึกษาหรือบุคลากรภายนอกได้
- 2) สร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่เชื่อถือได้ตามกฎหมาย เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำไปใช้งานได้
- 3) สร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบและยืนยันความเป็นต้นฉบับได้และมีค่าใช้จ่ายคงที่

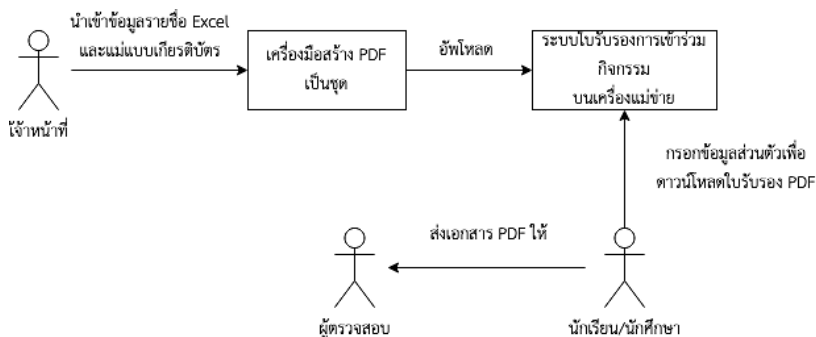
### วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูลปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม เพื่อวิจัยศึกษาค้นคว้าและระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้ โดยที่ 1) ระบบสารสนเทศรองรับการออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาต่างสถาบันหรือบุคลากรภายนอกได้ 2) ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่เชื่อถือได้ตามกฎหมาย และ 3) หลังจากส่งมอบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมให้กับนักศึกษาเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว หน่วยงานไม่จำเป็นต้องดูแลรักษาระบบสารสนเทศให้ออนไลน์ตลอดเวลาเพื่อรอการตรวจสอบ โดยมีขั้นตอนดังนี้



ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยจะต้องศึกษาเรื่องกฎหมาย ข้อเสนอแนะทางกฎหมาย เอกสาร และตำราวิชาการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ระบบมีคุณสมบัติที่น่าเชื่อถือ และนักศึกษาสามารถนำใบรับรองที่ออกโดยระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้นี้ ไปใช้ในการสมัครเข้าศึกษาต่อหรือสมัครเข้าทำงานได้โดยไม่มีข้อสงสัยให้กับสถาบันการศึกษาหรือสถานประกอบการอื่น

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยวิเคราะห์และออกแบบระบบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่มีคุณสมบัติตามกฎหมายและมีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนแก้ไขปัญหาดังที่ได้กล่าวมาได้



### รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้ โดยผู้วิจัยออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมไว้ดังรูปที่ 3 คือ

1) เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบรวบรวมรายชื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมเป็นแฟ้มข้อมูล Excel และสร้างแม่แบบของใบเกียรติบัตรเป็นแฟ้มข้อมูลรูปภาพ

2) เจ้าหน้าที่นำข้อมูลทั้งสองชุดนี้เป็นอินพุตป้อนเข้าเครื่องมือสร้าง PDF เป็นชุดที่ผู้วิจัยพัฒนาเอง โดยจะสร้างเอกสาร PDF และบันทึกแฟ้มข้อมูลในรูปแบบ <ชื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรม>\_<ชื่อโรงเรียน>\_<เลขประจำตัวนักศึกษา>\_<ชื่อกิจกรรม>.pdf วิธีการนี้จะทำให้ระบบใบรับรองเข้าร่วมกิจกรรมสามารถรับข้อมูลจากนักศึกษาหรือผู้เข้าร่วมกิจกรรมตามฟิลด์ที่กำหนดและค้นหาแฟ้มข้อมูล PDF ตามชื่อที่ตั้งไว้โดยไม่ต้องเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล และไม่ต้องพัฒนาระบบให้มีความซับซ้อนเกินไป

3) ผู้วิจัยนำเอกสารที่ถูกสร้างขึ้นจากเครื่องมือสร้าง PDF เป็นชุด และระบบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมไปติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) ประชาสัมพันธ์ของนักศึกษาตาวนโหลดใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม

5) นักศึกษาสามารถตาวนโหลดใบรับรองรูปแบบ PDF และส่งให้กับผู้ตรวจสอบเพื่อใช้เป็นหลักฐานการเข้าร่วมกิจกรรมได้

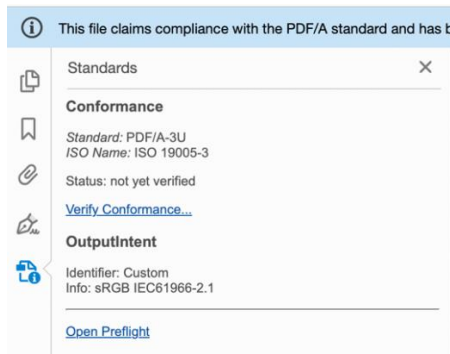
ขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยนำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพระบบก่อนนำไปใช้จริง และประเมินผลการพัฒนาระบบเชิงคุณภาพโดยเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบที่พัฒนาขึ้นมา กับวิธีการที่ในงานก่อนหน้าเพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียวิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ และนำระบบไปติดตั้งเพื่อใช้งานกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิแล้ว

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

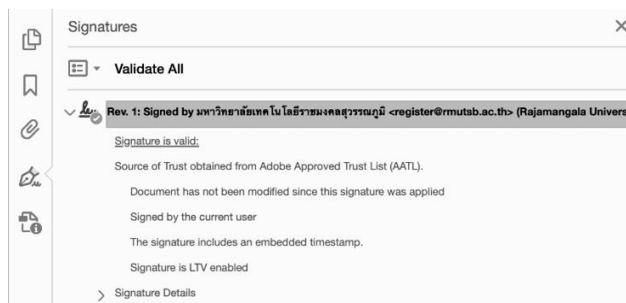
จากขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าเรื่องกฎหมาย ข้อเสนอแนะทางกฎหมาย เอกสารและตำราวิชาการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ระบบมีคุณสมบัติที่น่าเชื่อถือ และนักศึกษาสามารถนำใบรับรองที่ออกโดยระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้นั้น ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมจำเป็นต้องมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

1) เป็นระบบสารสนเทศที่อนุญาตให้นักศึกษาหรือบุคลากรภายนอกเข้ามาตาวนโหลดใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมได้ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

2) เอกสารรักษาความเป็นต้นฉบับตามข้อเสนอแนะของสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ชมชอ. 11-2560 การจัดทำหนังสือรับรองในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2560) ซึ่งระบุให้ข้อมูลจัดทำให้อยู่ในรูปแบบหนังสือรับรองอิเล็กทรอนิกส์ รูปแบบ PDF/A (International Organization for Standardization, 2016) ที่กฎหมายรับรองตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะต้องสร้างเอกสารรูปแบบ PDF ให้มีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐาน PDF/A โดยใช้มาตรฐาน PDF/A3U และใช้โปรไฟล์สีเป็น sRGB IEC61966-2.1 ซึ่งเป็นโปรไฟล์สีที่มีขอบเขตสีกว้างที่สุด เหมาะสำหรับการแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถตรวจสอบผ่านโปรแกรม Adobe Acrobat DC ดังรูปที่ 4



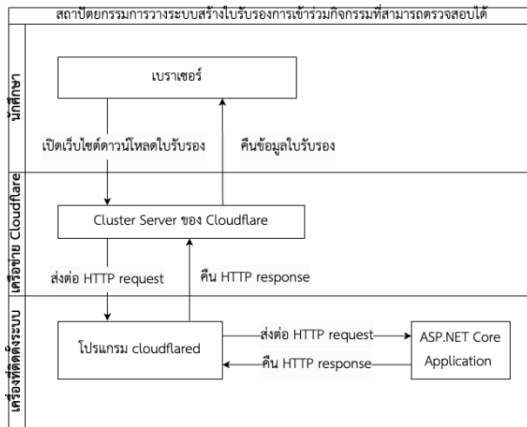
รูปที่ 4 หน้าจอแสดงผลการตรวจสอบรูปแบบเอกสารต้นฉบับ PDF/A



รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลการตรวจสอบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม

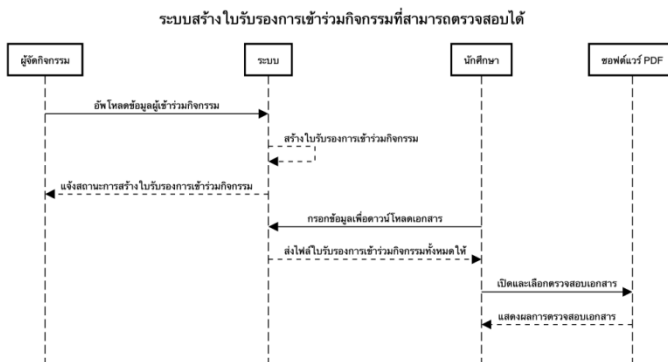
3) ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาจำเป็นต้องใช้ใบรับรองสำหรับการลงลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ระดับหน่วยงานซึ่งจะสร้างเป็นลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อถือได้ (สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ, 2544) ใบรับรองสำหรับการลงลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์สามารถใช้รับรองเอกสารได้ไม่จำกัดจำนวนทำให้หน่วยงานที่จัดกิจกรรมสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายได้ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ผู้วิจัยได้ใช้ใบรับรองในนามมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิซึ่งออกโดยผู้ให้บริการออกใบรับรองทำให้สามารถสร้างลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อถือได้ตามกฎหมายได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบผ่านโปรแกรม Adobe Acrobat DC ดัง

คุณสมบัติทั้งสองประการนี้ช่วยให้ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาสามารถตรวจสอบความเป็นต้นฉบับได้จากโปรแกรมอ่านเอกสาร PDF ทั่วไป และป้องกันผู้ใช้งานแก้ไขเพิ่มเติมข้อมูลได้



รูปที่ 6 สถาปัตยกรรมของระบบ

สำหรับการเข้าถึงผ่านอินเทอร์เน็ต ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ใช้บริการคลาวด์ Cloudflare Tunnel (Cloudflare Inc., 2022) เพื่อเปิดให้บริการเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาให้สามารถเข้าถึงผ่านช่องทางอินเทอร์เน็ตได้โดยที่ต่อเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตโดยตรงดังรูปที่ 6 โดยสถาปัตยกรรมการวางระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้มีลักษณะดัง คือ เมื่อนักศึกษาเข้าถึงเว็บไซต์ผ่านโดเมนที่กำหนด โดเมนนี้จะชี้ไปยังเครือข่ายของ Cloudflare และจากนั้นถูกส่งต่อไปให้ที่โปรแกรม cloudflared ที่ทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยติดตั้งเว็บแอปพลิเคชัน เมื่อเว็บแอปพลิเคชันตอบสนองข้อมูลกลับมาที่โปรแกรม cloudflared ข้อมูลนี้จะถูกส่งต่อไปยัง Cloudflare และถูกส่งต่อไปยังเบราว์เซอร์ของผู้ของนักศึกษา

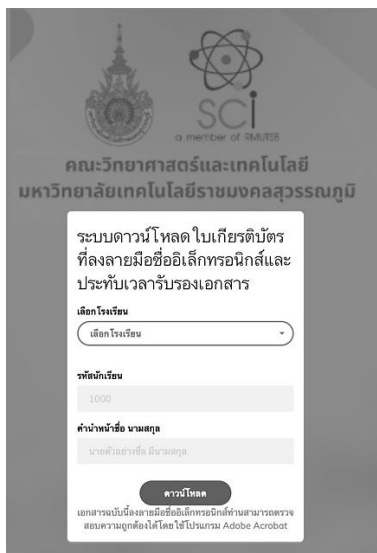


รูปที่ 7 Sequence diagram ของระบบ

เนื่องจากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นเรื่องกระบวนการสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่สามารถตรวจสอบได้ ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบดังรูปที่ 7 กระบวนการจึงเริ่มต้นหลังจากที่มีการจัดกิจกรรมเสร็จแล้ว โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้จัดกิจกรรมอัปโหลดข้อมูลสำหรับการสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมซึ่งประกอบด้วยแฟ้มข้อมูล Excel ที่มีข้อมูลชื่อ นามสกุล ชื่อโรงเรียน ชื่อกิจกรรม สถานที่จัด และวันที่จัดกิจกรรม และแฟ้มข้อมูลแม่แบบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมเป็นแฟ้มรูปภาพ jpg หรือ png ให้กับเครื่องมือสร้าง PDF เป็นชุด เพื่อให้ได้เอกสาร PDF ทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาและติดตั้งระบบสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมบนเครื่องแม่ข่ายพร้อมกับเอกสาร PDF ที่สร้างจากขั้นตอนที่ 1 ผู้จัดกิจกรรมแจ้งนักศึกษาให้เข้ามาดาวน์โหลดใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม ดังรูปที่ 8 แสดงหน้าจอของเว็บไซต์ที่ให้นักศึกษาเข้ามาดาวน์โหลดเอกสาร



รูปที่ 8 หน้าจอของเว็บไซต์ที่ให้นักศึกษาเข้ามาดาวน์โหลดเอกสาร

ขั้นตอนที่ 3 นักศึกษาสามารถกรอกชื่อนามสกุล และเลือกโรงเรียน เพื่อดาวน์โหลดเอกสาร ระบบจะค้นหาใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมดของนักศึกษาให้ดาวน์โหลดเมื่อนักศึกษาดาวน์โหลด รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างของใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่ทางคณะได้แจกให้กับนักศึกษาในโรงเรียนใกล้เคียงหลังจากเข้าร่วมกิจกรรม



รูปที่ 9 ตัวอย่างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 4 นักศึกษาเปิดแฟ้มข้อมูลได้จากโปรแกรมอ่านเอกสาร PDF ทั่วไป และการนำใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมไปใช้เพื่อสมัครเข้าศึกษาต่อหรือเข้าทำงานสามารถทำได้ โดยการส่งอีเมล ซึ่งการออกแบบของระบบที่นำเสนอนี้ เมื่อนักศึกษาดาวน์โหลดเอกสารไปแล้ว ไม่ว่าจะระบบที่พัฒนาขึ้นมาจะออนไลน์อยู่หรือไม่ นักศึกษาสามารถตรวจสอบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมได้ตลอดเวลา

ผู้วิจัยประเมินผลการพัฒนาระบบเชิงคุณภาพโดยใช้แบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขาคอมพิวเตอร์หรือสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 7 ท่าน จาก 7 สถาบันเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบ โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน

1) ด้านที่หนึ่ง เป็นผู้ใช้งานระบบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมาี้มีความเหมาะสมที่จะใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยม และนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยมากน้อยเพียงใด การรองรับการแสดงผลในเบราว์เซอร์หลากหลายชนิด และการแสดงผลเนื้อหาในอุปกรณ์ที่มีขนาดของจอภาพแตกต่างกันในระดับใด

2) ด้านที่สอง เป็นประเด็นเรื่องการเลือกใช้ Cloudflare ว่ามีประสิทธิภาพความเร็วของเครือข่าย ความหน่วงของเครือข่าย ความเสถียรของเครือข่าย และความเหมาะสมที่เลือกใช้เครือข่าย Cloudflare ในระดับใด

3) ด้านที่สาม เป็นเรื่องการพัฒนาระบบว่าภาษาที่ใช้พัฒนา การทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน การเลือกใช้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ และการทำงานโดยรวมของระบบมีความถูกต้องอยู่ในระดับใด

การประเมินได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบที่พัฒนาขึ้นมากับวิธีการที่ในงานก่อนหน้าเพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียวิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอได้ผลการประเมินในระดับดีเยี่ยม โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน 4.75 คะแนน มีความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยคำนวณค่าแอลฟาของครอนบาคได้ 0.73 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
<b>1. ผู้ใช้งานระบบ (Users)</b>		
1.1 นักเรียน	4.86	0.38
1.2 นักศึกษา	4.57	0.53
1.3 การรองรับเบราว์เซอร์	4.57	0.79
1.4 ความเหมาะสมของการแสดงผลเนื้อหา	4.57	0.79
<b>2. เครือข่าย Cloudflare</b>		
2.1 ความเร็วของเครือข่าย	5.00	0.00
2.2 ความหน่วงของเครือข่าย	4.71	0.49
2.3 ความเสถียรของเครือข่าย	4.86	0.38
2.4 ความเหมาะสมของการเลือกใช้เครือข่าย	4.86	0.38
<b>3. ระบบและเครื่องที่ติดตั้งระบบ</b>		
3.1 ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้พัฒนา	4.86	0.38
3.2 ความเหมาะสมของการทำงานของระบบ	4.57	0.53
3.3 ความเหมาะสมของระบบปฏิบัติการ	4.86	0.38
3.4 การทำงานที่ถูกต้องตามคุณสมบัติ	4.71	0.49
<b>รวม</b>	<b>4.75</b>	

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณสมบัติวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการก่อนหน้า

คุณสมบัติ	วิธีการที่นำเสนอ	การใช้ Google form และ Certify'em	ระบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรม (มนต์สุวรรณค์ พลอยมุกดา และคณะ, 2565)
การตรวจสอบ	สามารถตรวจสอบความเป็นต้นฉบับได้โดยใช้โปรแกรมอ่านเอกสาร PDF	ไม่สามารถตรวจสอบความเป็นต้นฉบับได้	สามารถตรวจสอบความเป็นต้นฉบับได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันของระบบ
ความเป็นต้นฉบับ	เอกสารมีความเป็นต้นฉบับและสามารถส่งทางอีเมลหรือช่องทางอื่นได้	ไม่มีความเป็นต้นฉบับ	ความเป็นต้นฉบับสามารถตรวจสอบได้เฉพาะนักศึกษาหรือผ่านทางหน้าเว็บ ไม่สามารถส่งทางอีเมลหรือช่องทางอื่นเพื่อตรวจสอบได้
รองรับบุคคลภายนอก	รองรับการป้อนข้อมูลเพื่อดาวน์โหลดแฟ้มข้อมูล	รองรับการแจกผ่านอีเมล	ไม่รองรับ
ค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายคงที่และควบคุมได้ ซึ่งมีเฉพาะใบรับรองสำหรับลงลายมือชื่อ	มีค่าใช้จ่ายกรณีส่งจำนวนมาก	ค่าใช้จ่ายไม่คงที่และควบคุมไม่ได้ เนื่องจากต้องออนไลน์ระบบไว้ตลอด

ตารางที่ 2 แสดงวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้สามารถสร้างใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่มีคุณสมบัติความเป็นต้นฉบับ และสามารถตรวจสอบความเป็นต้นฉบับได้โดยที่หน่วยงานที่จัดกิจกรรมไม่จำเป็นต้องออนไลน์ระบบไว้ตลอดเวลา นอกจากนี้ วิธีการที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายที่คงที่และควบคุมได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น

### สรุปผลการวิจัย

จากความนิยมในปัจจุบันที่หน่วยงานที่จัดกิจกรรมนิยมออกใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมในรูปแบบดิจิทัล แม้ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมในรูปแบบดิจิทัลมีความสะดวกและรวดเร็วในการสร้างและจัดส่ง แต่วิธีการโดยทั่วไปทำให้เกิดปัญหาการตรวจสอบความเป็นต้นฉบับ ในขณะที่บางระบบใช้วิธีการวาดคิวอาร์โค้ดเพื่อให้สามารถตรวจสอบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมออนไลน์ได้ แต่วิธีการดังกล่าวเป็นภาระของหน่วยงานผู้จัดกิจกรรม และ



นักศึกษาอาจแบกรับความเสี่ยงในกรณีที่หน่วยงานที่จัดกิจกรรมไม่ต้องดูแลรักษาระบบนั้นต่อไป วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยสร้างเอกสารที่เป็นไปตามมาตรฐานของ พรบ.ธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ และจัดเก็บการรับรองด้วยลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ไว้ในแฟ้มข้อมูลใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรม ทำให้กระบวนการตรวจสอบไม่จำเป็นต้องใช้ระบบสารสนเทศมาออนไลน์ นอกจากนี้ เมื่อค่านิ่งถึงค่าใช้จ่ายแล้ว วิธีการที่นำเสนอเป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายคงที่และสามารถควบคุมได้

การพัฒนาระบบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมที่เก็บข้อมูลการตรวจสอบไว้ในเอกสาร PDF เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้ใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมมีความน่าเชื่อถือ วิธีการนี้มีข้อมูลสำหรับหน่วยงานที่จัดกิจกรรมเพราะไม่จำเป็นต้องออนไลน์ระบบตลอดเวลา หรืออาจใช้รูปแบบอื่น เช่น การส่งอีเมล ในการส่งมอบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาได้ อย่างไรก็ตาม นักศึกษาจำเป็นต้องเก็บเอกสารไว้ในรูปแบบดิจิทัล การพิมพ์ลงกระดาษและสแกนกลับมาใหม่จะทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความเป็นต้นฉบับสูญหายไป

สำหรับงานในอนาคต ผู้วิจัยสร้างคำอธิบายชุดข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบกลางที่สามารถตรวจสอบใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมได้ด้วยแอปพลิเคชันแทนการใช้คนตรวจสอบและออกเว็บระบบฯ ให้นักศึกษาที่เข้ามาดาวน์โหลดประเมินความพึงพอใจว่าใช้งานง่ายหรือไม่

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่ให้ความอนุเคราะห์ใบรับรองสำหรับลงลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ทำให้ระบบที่พัฒนาสามารถนำไปใช้งานและแจกจ่ายใบรับรองการเข้าร่วมกิจกรรมให้กับนักศึกษาได้จนสำเร็จลุล่วง

### เอกสารอ้างอิง

- บุษบา สังข์วรรณะ และ กาญจนา เทพสร. (2563). การพัฒนาระบบบันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมด้วย AR Code. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*. 4(1), 33-42.
- เปรมปวีร์ ศรีวิชรวิญญ์. (2564). การศึกษาระบบตอบรับการเข้าร่วมกิจกรรมของบุคลากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. *พัฒนาเทคนิคศึกษา*, 35(124), 121-134.



Housley, R. (1999). *Cryptographic message syntax (No. rfc2630)*. [online]. Retrieved May 13, 2023, from <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2630>.

International Organization for Standardization. (2016). *ISO 19005-3:2012 Document management – Electronic document file format for long-term preservation – Part 3: Use of ISO 32000-1 with support for embedded files (PDF/A-3)*. [online]. Retrieved May 13, 2023, from <https://www.iso.org/standard/57229.html>.



แผ่นฉนวนความร้อนจากแกลบและซีลี้อยู่โดยใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน  
THERMAL INSULATION BOARD FROM RICE HUSK AND SAWDUST USING  
NATURAL RUBBER LATEX AS BINDER

สิงหนเดช แดงจวง\*, เซาวฤทธิ์ วันเสาร์, นพดล บุญยรัตพันธุ์,

วิศิษฐ์ มหานิล และ กนกวรรณ มารักษ์

Singhadej Tangjuank\*, Chaowarit Wansao, Noppadol Bunyarattaphan,

Wisit Mahanil and Kanokwan Marak

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

Received: 13 March 2023

Revised: 21 June 2023

Accepted: 5 July 2023

### บทคัดย่อ

เนื่องจากปัญหาโลกร้อน วัสดุฉนวนความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้ในตึกอาคารสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านพลังงาน และการอนุรักษ์พลังงาน อย่างไรก็ตามการผลิตฉนวนความร้อนส่วนมากจะทำจากใยสังเคราะห์ และกาวสังเคราะห์เชื่อมประสานที่ใช้พอร์มัลดีไฮด์เป็นสารพื้นฐานซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม เพื่อที่แก้ปัญหาเหล่านี้ งานวิจัยนี้ได้ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้แกลบ และซีลี้อยู่ ผลิตเป็นแผ่นฉนวนความร้อน และใช้ตัวเชื่อมประสานทำจากน้ำยางธรรมชาติ สำหรับการผลิตแผ่นฉนวนความร้อนแกลบ : ซีลี้อยู่ ในอัตราส่วน 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, และ 2:1 แต่ละอัตราส่วนนำมาผสมกับน้ำยางธรรมชาติ 125%, 100% และ 75% แผ่นบอร์ดจะถูกเตรียมแบบอัดร้อนในเครื่องอัดไฮดรอลิกที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที แผ่นบอร์ดที่เตรียมได้นำไปทดสอบหาค่า ความหนาแน่น และค่าการซึมน้ำ (WA) โดยการทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A5905) การทดสอบสมบัติเชิงกลเพื่อหาความแข็งแรงของบอร์ดทดสอบหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น และการต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ผลจากการทดสอบได้ ค่าความ

\* Corresponding author: สิงหนเดช แดงจวง

E-mail: newton2509@yahoo.com

หนาแน่นของบอร์ดยูนิในช่วง 672.86 ถึง 889.31 kg/m<sup>3</sup> ค่า WA อยู่ในช่วง 11.913 ถึง 53.335% หลังจากจุ่มน้ำเป็นเวลา 2 และ 24 ชั่วโมง นอกจากนี้ค่าการนำความร้อนของบอร์ลดนวนความร้อนจากงานวิจัยนี้ยังมีค่าที่ต่ำมากเป็นอย่างดี ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.096 ถึง 0.105 W/m.K ดังนั้นบอร์ลดนวนความร้อนจากงานวิจัยนี้จึงมีความเหมาะสมในเรื่องของการประหยัดพลังงานเมื่อนำไปใช้เป็นฉนวนความร้อนสำหรับผนังและเพดาน อีกทั้งการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย

**คำสำคัญ:** ฉนวนความร้อน, น้ำยางธรรมชาติ, แกลบ, ซีลี้อย

### Abstract

Due to global warming problem, thermal insulation materials are used as one of the most energy efficiency improvement in building and means of energy conversation in building. However, their production involves the use of synthetic fabrics and production of formaldehyde-based adhesives, with the consequent impact on the environment and health. To confront these major problems, this research uses rice husk and sawdust, an agricultural waste, as raw material for the production of thermal insulation boards bonded with natural rubber latex. For the production of the boards, rice husk : sawdust ratios of 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, and 2:1 were mixed with 125%, 100% and 75% natural rubber. The boards were produced by hot press method at temperature of 120 °C for 15 minutes in hydraulic press machine. Density and water absorption (WA), were evaluated based on Japanese Industrial Standard (JIS A5905). Mechanical properties ie., modulus of elasticity and Internal bonding were tested for strength of boards. The results showed that the density ranged from 672.86 to 889.31 kg/m<sup>3</sup>, WA ranged from 11.913 to 53.335% after 2 and 24 h immersion. Additionally, the thermal insulation boards had fairly low thermal conductivity, ranging from 0.096–0.105 W/m.K. As an environmentally friendly and renewable material, this thermal insulation material is of interest for energy

saving purposes when it is used as building insulation material for walls or ceilings.

**Keywords:** thermal insulation material, natural rubber, rice husk, sawdust.

## บทนำ

ด้วยการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม และความต้องการของประชาชน สำหรับการดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่าได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พลังงานจึงถูกใช้ในส่วนของที่พักอาศัย การพาหนะขนส่ง และอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การบริโภคหรือการใช้พลังงานจึงได้กลายมาเป็นประเด็นหลักที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิต การใช้พลังงานในตึกและบ้านเรือนที่อยู่อาศัยซึ่งถูกใช้ในเรื่องการทำความร้อน และความเย็นมีเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และการบริโภคนี้ส่งผลต่อการเกิดมลภาวะโลก ของการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกของโลก ดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานในตึกจึงเป็นเรื่องที่สำคัญของประชาชนทั่วโลก เช่นการใช้พลังงานอย่างประหยัด และการส่งเสริมผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากมลภาวะ การประหยัดพลังงานในตึกโดยหลักใหญ่ได้แก่ การออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีประสิทธิภาพเพื่อประหยัดพลังงาน การใช้อุปกรณ์การประหยัดพลังงาน และระบบการจ่ายพลังงานในตึกที่มีประสิทธิภาพ จากที่กล่าวมานั้นฉนวนความร้อนในตึกจึงเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีหลักๆในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารทำให้ช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ลดค่าไฟฟ้าหรือลดการใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะส่งผลทางบวกต่อสิ่งแวดล้อมคือเกี่ยวพันกับการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ก็จะลดลงไปด้วย (Zhou et al., 2010; Paiva et al., 2012; Vitrone et al., 2022)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปสามารถผลิตจากวัสดุอนินทรีย์ เช่น จากใยแก้ว (Fiber wool) ใยหิน (Rock wool) แร่เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) โฟม (expanded polystyrene foam; EPS), extruded polystyrene (XPS) และโพลียูรีเทน (polyurethane) ถึงแม้ว่าฉนวนความร้อนที่ทำจากวัสดุอนินทรีย์จะมีสมบัติด้านการลุกติดไฟได้ดีแต่ก็มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเสื่อมสภาพการแตกหักจะมีฝุ่นหรือผงเล็กๆ จำนวนมากมายซึ่งมีความเป็นพิษต่อร่างกายโดยเมื่อผ่านเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจเป็นระยะเวลานานจะทำให้ผู้รับเกิดอาการป่วยได้เช่น โรคนอสมอสโตซิส (Asbestosis) หรือโรคปอดเรื้อรัง

โรคเนื้องอก และโรคมะเร็งบริเวณอื่นๆของร่างกาย และฉนวนความร้อนจากวัสดุอินทรีย์ เมื่อมีการลุกติดไฟจะทำให้เกิดแก๊สพิษเป็นปริมาณมาก เนื่องจาก EPS, XPS เริ่มหลอมละลาย ที่อุณหภูมิ 80 °C ด้วยการคำนึงถึงการปกป้องสิ่งแวดล้อม และประกันความปลอดภัย จึงชัดเจนแล้วว่าการค้นคว้าวัสดุใหม่เพื่อทดแทนวัสดุฉนวนความร้อนดั้งเดิมจึงจะสามารถช่วยแก้ปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นได้ งานวิจัยที่หลากหลายเกี่ยวกับการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติจึงสามารถเป็นตัวเลือกในการทำเป็นฉนวนความร้อนที่ดีได้ (Carvalho et al., 2013; Panyakaew & Fotios, 2011; Evon et al., 2014) Sisal, kenaf, hemp, jute ไยมะพร้าว แกลบ และขี้เลื่อย ถูกค้นพบว่าเหมาะสมที่นำมาใช้แทนแก้วที่เป็นไฟเบอร์ที่ใช้เสริมแรงพลาสติกในฉนวนความร้อน (Asdrubali et al., 2015; Liu et al., 2017; Tudor et al., 2018; Olupot et al., 2022; Kariuki et al., 2020) และส่วนใหญ่การผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตโดยใช้กาวเรซินที่ประกอบด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ เชื่อมกับเส้นใยธรรมชาติจากทั้งภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมผสมในอัตราส่วนต่างๆโดยน้ำหนักเพื่อผลิตบอร์ดฝ้าเพดาน

ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อที่จะศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และประสิทธิภาพการนำความร้อน ของแผ่นฉนวนความร้อนผลิตจาก แกลบ และขี้เลื่อย โดยใช้ น้ำยางพาราเป็นตัวประสานในสัดส่วนต่างๆตามที่กำหนดไว้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าในการนำ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก นอกจากนี้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็น สารเชื่อมประสานที่นิยมใช้ในปัจจุบันในการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดเนื่องจากราคาถูก อย่างไรก็ตาม ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ถูกปลดปล่อยมาจากปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งจากกระบวนการผลิต และการ นำไปใช้งานจะเป็นสารที่ก่อมะเร็ง จากการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์นี้จึงเป็นปัญหาต่อสุขภาพ ของมนุษย์อย่างรุนแรง (Vitrone et al., 2022) จากผลกระทบดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงได้ใช้น้ำ ยางพาราเป็นตัวประสานแทนกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เนื่องจากปลอดภัยจากสารพิษไม่เป็น อันตรายต่อสุขภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นการนำน้ำยางพาราที่เป็นผลผลิต จากเกษตรกรของประเทศไทยที่ปลูกได้เป็นจำนวนมากมาใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าได้อีก ทางหนึ่งด้วย



## วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยการผลิตแผ่นฉนวนความร้อน ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 และมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ตาม JIS A 5905 มีดังนี้

### 1. วิธีการผลิตแผ่นพาร์ติเกิลบอร์ดจากแกลบและซีลี้อยู่กับน้ำยางธรรมชาติ

1.1 การเตรียมแกลบและซีลี้อยู่ นำแกลบข้าวโรงสีข้าว และซีลี้อยู่ไม้ที่มาจาก การใส่ไม้ทำเฟอร์นิเจอร์จังหวัดอุดรธานีทั้งสองมาตากแดดทิ้งไว้ 1 วัน จากนั้นนำมาบด ให้ละเอียดแล้วนำมาร่อนในตะแกรกร่อนขนาด 60 mesh เพื่อให้ได้ผงแกลบและซีลี้อยู่ที่มี ขนาดเท่ากันโดยมีขนาด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผงแกลบและผงซีลี้อยู่ที่ผ่านการบดและร่อนแล้ว

1.2 การเตรียมตัวประสาน เริ่มจากเทแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 จากนั้นเทพาราฟินอิมัลชัน ใช้ในอัตราส่วน 7% ลงในบีกเกอร์ คนให้เข้ากันซึ่งใช้ระยะเวลา ประมาณ 1 นาที จากนั้นเทลงในบีกเกอร์น้ำยางธรรมชาติแล้วคนให้เข้ากันอีกครั้ง โดยใช้ ระยะเวลาประมาณ 1 นาที

1.3 การขึ้นรูปแผ่นพาร์ติเกิลบอร์ด เป็นการอัดขึ้นรูปแบบใช้ความร้อน โดยการ นำส่วนผสมอัตราส่วนของแกลบและซีลี้อยู่ต่อน้ำยางพาราที่ใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ติเกิลบอร์ด คือเตรียมแกลบกับผงซีลี้อยู่รวม 600 กรัม ในอัตราส่วน 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 และนำผง ที่เตรียมไว้มาผสมกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 125%, 100% และ 75% โดยน้ำหนักของ ส่วนผสมแกลบ และซีลี้อยู่ ดังแสดงการชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่แสดงในตารางที่ 1 และ บดส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปอัดที่เครื่องอัดความร้อนขนาด 300x300x10 มิลลิเมตร ด้วยความร้อน 120 °C เป็นเวลา 15 นาที ดังรูปที่ 2

### ตารางที่ 1. ส่วนผสมอัตราส่วนของแกลบและซีลี้อยต่อน้ำยางพารา

อัตราส่วน แกลบ : ซีลี้อย (รวม 600 g)	ปริมาณน้ำยางพารา (g)		
	75 %	100 %	125 %
1 : 0	450	600	750
0 : 1	450	600	750
1 : 1	450	600	750
2 : 1	450	600	750



รูปที่ 2 แผ่นบอร์ดในเครื่องอัด

## 2. วิธีการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties)

2.1 การทดสอบความหนาแน่น (Density) ตัดแผ่นชิ้นงานทดสอบค่าความหนาแน่น ให้มีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร นำชิ้นทดสอบมาชั่งโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.001 กรัม แล้ววัดความกว้างและความยาวที่แนวกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ และวัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบกำหนดไว้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม JIS A 5905 หาค่าเฉลี่ยแล้วคำนวณหาค่าความหนาแน่นของแผ่นทดสอบคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\rho = \frac{M}{V} \times 10^6 \quad (1)$$

เมื่อ  $\rho$  ค่า ความหนาแน่นมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$M$  คือ มวลของชิ้นงานทดสอบ เป็นกรัม (g)

$V$  คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบเป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร ( $\text{mm}^3$ )

2.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ตัดชิ้นทดสอบมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร นำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึง 0.01 กรัม และชั่งน้ำหนักทดสอบกำหนดไว้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม JIS A 5905 แล้วคำนวณจากสมการที่ 2

$$\text{หาค่าการดูดซึมน้ำ } WA = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

เมื่อ WA คือ ค่าการดูดซึมน้ำ มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

$W_1$  คือ น้ำหนักก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็นกรัม (g)

$W_2$  คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ มีหน่วยเป็นกรัม (g)

### 3. การทดสอบสมบัติเชิงกล

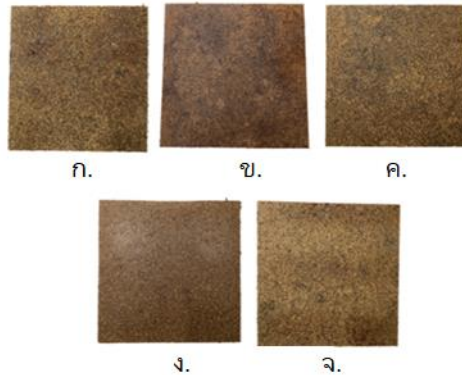
3.1 การทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity; MOE) การหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเพื่อทดสอบหาความแข็งแรงของชิ้นงาน งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบที่ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางอาคาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D143 ชิ้นฉนวนทดสอบที่ใช้มีขนาดกว้างยาว 50x275 มิลลิเมตรหนา 10 มิลลิเมตร

3.2 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bonding strength; IB) การหาค่าต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเพื่อทดสอบความแข็งแรงในการยึดเหนี่ยวภายในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบที่ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางอาคาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชิ้นฉนวนทดสอบที่ใช้มีขนาด กว้างยาว 50x50 มิลลิเมตรหนา 10 มิลลิเมตรทดสอบด้วยการติดผิวหน้าของชิ้นทดสอบด้วยกาวร้อนเหลวกับแผ่นดิ่งโลหะ แล้วดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันคือจนเกิดรอยแยกในชั้นไส้ อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D4541

### 4. การทดสอบสมบัติการนำความร้อน

การทดสอบหาค่าการนำความร้อนเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สภาพในการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนเป็นการทดสอบที่สำคัญมากที่สุดเพราะจะเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของฉนวนความร้อนที่เตรียมได้ว่าจะมีคุณภาพเป็นอย่างไร สภาพการนำความร้อนเป็นสมบัติของเนื้อสารที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการนำความร้อน และแสดงถึงการเป็นฉนวนความร้อน สภาพการนำความร้อนที่ต่ำสารนั้นก็จะมีความเป็นฉนวนความร้อนที่สูง โดยในการทดสอบนี้จะยึดตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C518 งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบที่ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางอาคารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

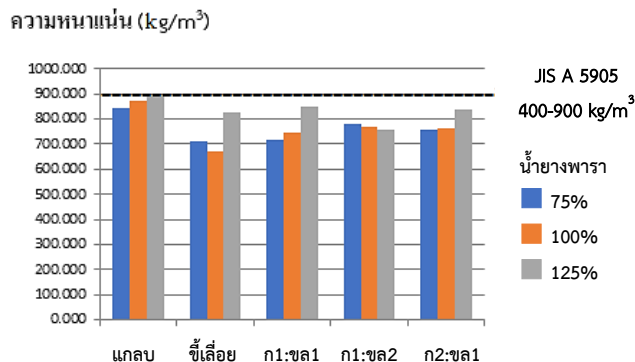
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล



รูปที่ 3 แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผสมน้ำยางพารา 125% ที่อัตราส่วนผงแกลบและผงซีลี้อย่างนี้ ก. 1:0, ข. 0:1, ค. 1:1, ง. 1:2, จ. 2:1

ในการวิจัยได้เตรียมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากการขึ้นรูปโดยวิธีอัดร้อน (hot press) ในขนาด 300x300x10 มิลลิเมตร ด้วยผงแกลบกับผงซีลี้อยู่ โดยผสมผงแกลบและผงซีลี้อยู่ในอัตราส่วน 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 นำมาผสมกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 75%, 100% และ 125% การเตรียมในแต่ละเงื่อนไขการผสมจะการทำซ้ำ 5 ครั้งต่อเงื่อนไขการผสมด้วยกัน เมื่อนำไปอัดแผ่นในเครื่องอัดไฮดรอลิกโดยวิธีการอัดร้อน และได้แผ่นฉนวนความร้อนที่อัดแน่นเป็นแผ่นได้อย่างดีแสดงได้ดังรูปที่ 3

### ผลการทดสอบความหนาแน่น



รูปที่ 4 กราฟแสดงความหนาแน่นของปาร์ติเกิลบอร์ดแต่ละอัตราส่วน

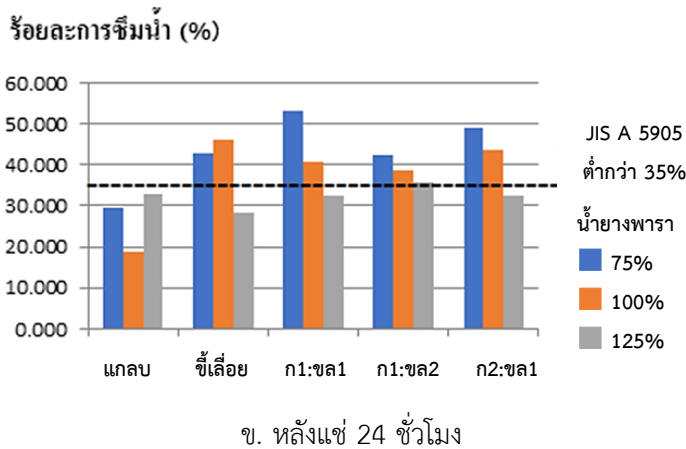
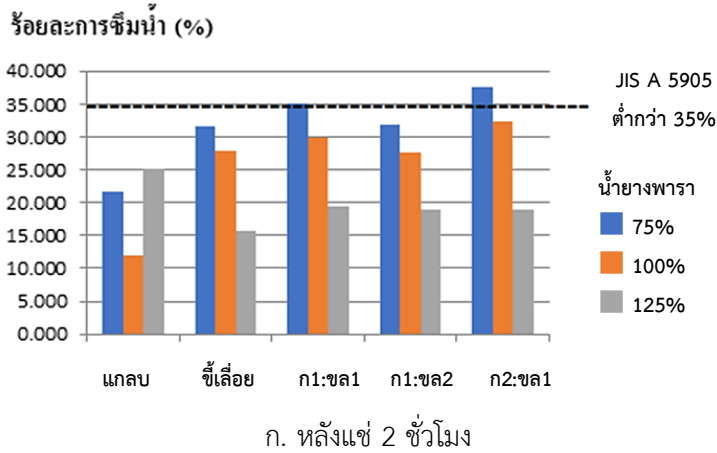
จากข้อมูลการวัดดังรูปที่ 4 พบว่าความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่เตรียมจากผสมผงแกลบและผงซีลี้อยในอัตราส่วน 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำยางพาราที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มน้ำยางพาราจะไปช่วยอุดช่องว่างระหว่างการเกาะเกี่ยวกันของผงแกลบ และผงซีลี้อยให้มีการยึดเหนี่ยวกันได้ดีขึ้น จึงทำให้เกิดการอัดตัวของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น โดยความหนาแน่นของแผ่นบอร์ดจากอัตราส่วนแกลบ และซีลี้อยข้างต้นที่มีน้ำยางพารา 75% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 844.22 kg/m<sup>3</sup>, 710.53 kg/m<sup>3</sup>, 715.35 kg/m<sup>3</sup>, 780.83 kg/m<sup>3</sup>, 756.24 kg/m<sup>3</sup> ตามลำดับ ความหนาแน่นของแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 100% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 870.51 kg/m<sup>3</sup>, 672.86, 743.65 kg/m<sup>3</sup>, 768.07 kg/m<sup>3</sup>, 760.64 kg/m<sup>3</sup> ตามลำดับ ความหนาแน่นของแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 125% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 889.31 kg/m<sup>3</sup>, 826.67 kg/m<sup>3</sup>, 848.99 kg/m<sup>3</sup>, 754.27 kg/m<sup>3</sup>, 836.29 kg/m<sup>3</sup> แต่สำหรับบอร์ดที่เตรียมจากผสมผงแกลบและผงซีลี้อยในอัตราส่วน 1:2 มีค่าความหนาแน่นของแผ่นบอร์ดสูงกว่าเมื่อเทียบกับอัตราส่วน 1:1 และ 2:1 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเกาะเกี่ยวระหว่างผงแกลบ และซีลี้อยสม่ำเสมอทั้งแผ่นมากกว่าจึงอัดตัวได้มากกว่า และทำให้ความหนาแน่นมีแนวโน้มสูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ

จากค่าเฉลี่ยของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทั้งหมด จะอยู่ในช่วง 600–900 kg/m<sup>3</sup> ซึ่งเป็นช่วงที่มาตราฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ตาม JIS A 5905 คือ 400–900 kg/m<sup>3</sup>

#### ผลการทดสอบค่าการซึมน้ำ

ในการหาค่าความซึมน้ำของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแสดงได้ดังรูปที่ 5 จากข้อมูลการวัดพบว่าค่าการซึมน้ำแช่ 2 ชั่วโมง (รูปที่ 5ก.) แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่เตรียมจากผสมผงแกลบและผงซีลี้อยในอัตราส่วน 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 ค่าการซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณของน้ำยางพาราเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มน้ำยางพาราจะไปช่วยอุดช่องว่างหรือรูพรุนทำให้เกิดจากการเกาะเกี่ยวกันระหว่างผงแกลบ และผงซีลี้อยได้ดีขึ้น โดยค่าการซึมน้ำของแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 75% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 21.596%, 31.705%, 35.053%, 31.869%, 37.699% ตามลำดับ ค่าการซึมน้ำของแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 100% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 11.913%, 27.945%, 29.857%, 27.516%, 32.282% ตามลำดับ ค่าการซึมน้ำของแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 125% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 25.100%, 15.813%, 19.419%, 18.910%, 18.983% ตามลำดับ แต่สำหรับบอร์ดที่เตรียมจากผสมผงแกลบและผงซีลี้อยในอัตราส่วน 1:2 มีค่าการซึมน้ำต่ำกว่าอัตราส่วน 1:1 และ 2:1 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากค่าความหนาแน่น

จะเห็นได้ว่าจะมีค่าความหนาแน่นมากกว่าอัตราส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งทำให้มีรูพรุนน้อยกว่าค่าการซึมน้ำจึงลดลง



รูปที่ 5 กราฟแสดงร้อยละการซึมน้ำ

หลังจากแช่น้ำในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง วัดค่าแล้วแช่น้ำต่ออีก 22 ชั่วโมง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้วัดแล้วคำนวณตามสูตร ค่าที่วัดได้แสดงได้ดังรูปที่ 5ข. โดยค่าการซึมน้ำของแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 75% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 29.569%, 42.938%, 53.335%, 42.184%, 48.917% ตามลำดับ ค่าการซึมน้ำของแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 100% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 18.590%, 46.120%, 40.614%, 38.509%, 43.711% ตามลำดับ ค่าการซึมน้ำของ

แผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 125% มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 32.840%, 28.451%, 32.264%, 35.782%, 32.431% ตามลำดับ

จากค่าเฉลี่ยของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 75% ที่เตรียมจากผงแกลบ และแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 100% ที่เตรียมจากผงแกลบ และแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 125% ที่เตรียมจาก ผงแกลบ และผงซีลี้อย โดยมีการผสมผงแกลบและผงซีลี้อยในอัตราส่วน 1:1, 2:1 อยู่ในช่วงต่ำกว่าร้อยละ 35 ซึ่งเป็นช่วงที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ตาม JIS A 5905 คือ ต่ำกว่าร้อยละ 35 ส่วนแผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 75% ที่เตรียมจากซีลี้อย และการผสมผงแกลบและผงซีลี้อยในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 2:1 แผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 100% ที่เตรียมจากผงซีลี้อย และผสมผงแกลบและผงซีลี้อยในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 2:1 แผ่นบอร์ดที่มีน้ำยางพารา 125% ที่เตรียมจากผงแกลบ และบอร์ดผสมผงแกลบและผงซีลี้อย ในอัตราส่วน 1:2 มีค่าร้อยละการซึมน้ำสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยทั่วไปแล้วบอร์ดที่มีความหนาแน่นต่ำจะดูดซับน้ำได้มากกว่าบอร์ดที่มีความหนาแน่นสูง ทั้งนี้เนื่องจากบอร์ดที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีรูอากาศ และช่องว่างใหญ่กว่าแผ่นที่มีความหนาแน่นสูงกว่า (Tangjuank, 2011; Khedari et al., 2003; Xu et al., 2004)

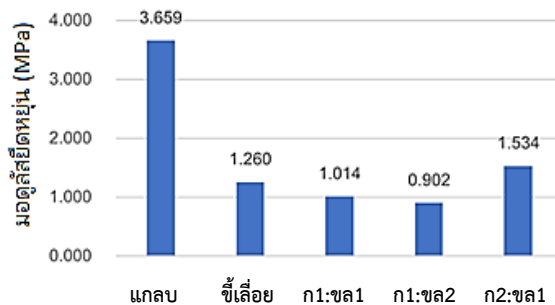
#### การทดสอบสมบัติเชิงกล

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพพบว่าชิ้นงานที่เตรียมโดยตัวประสานน้ำยางพารา 125% จะมีความหนาแน่นที่เหมาะสมและการทำเป็นแผ่นได้ดี จึงได้นำมาทดสอบสมบัติเชิงกลต่อไป

#### ผลการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity; MOE)

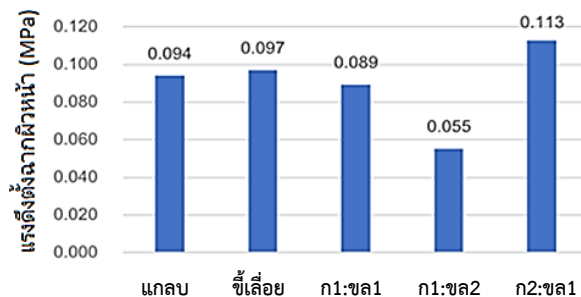
จากรูปที่ 6 จะพบว่าค่า MOE ของแผ่นชิ้นงานทุกอัตราส่วนมีค่า MOE อยู่ในช่วง 0.902–3.659 MPa และแผ่นชิ้นงานที่เตรียมจากแกลบจะมีค่า MOE สูงสุดคือ 3.659 MPa และแผ่นชิ้นงานที่เตรียมจากอัตราส่วนของ แกลบ : ซีลี้อย เป็น 2:1 มีค่า MOR ต่ำสุดคือ 0.902 MPa ดังนั้นค่า MOE สำหรับบอร์ดที่เตรียมจากแกลบมีค่า MOE สูงสุด แต่บอร์ดเตรียมจากงานวิจัยนี้ทุกอัตราส่วนมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานมาก เมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และมาตรฐาน ANSI A208 ซึ่งกำหนดค่าต่ำสุด MOE ของบอร์ดความหนาแน่นต่ำไว้ที่ 550 MPa (ANSI A208.1; 1999; Vidil et al., 2016) การที่บอร์ดที่มีค่า MOE ต่ำนี้ ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการยึดเกาะระหว่างวัสดุกับวัสดุไม่ดีพอ และวัสดุกับวัสดุประสานปริมาณของสารยึดติดน้อยกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดชิ้นงาน จึงทำให้

ประสิทธิภาพการเชื่อมประสานก็จะลดลงตามมามีด้วย จึงทำให้ไม่สามารถต้านแรงตัดได้ดีพอ (Ikubanni et al., 2018; Banjo et al., 2016) แต่อย่างไรก็ตามค่า MOE ที่ได้จากงานวิจัยนี้ก็มีผลใกล้เคียงจากงานวิจัยท่านอื่นๆที่เตรียมบอร์ตจากวัสดุธรรมชาติเช่นกัน และก็ได้ค่า MOE ไม่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ Banjo et al. (2016) เตรียมบอร์ตที่ผลิตจากซังข้าวโพดและซีลี้อยู่โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานก็ได้ค่า MOE อยู่ในช่วง 50-80 MPa เช่นเดียวกัน Sekaluvu et al. (2014) เตรียมบอร์ตที่ผลิตจากซังข้าวโพดใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานก็ได้ค่า MOE อยู่ในช่วง 5-61 MPa สำหรับบอร์ตที่เตรียมจากแกลบและซีลี้อยู่ได้ค่า MOE อยู่ในช่วง 13-26 MPa รายงานโดย Olupot et al. (2022) และ 15-40 MPa รายงานโดย Kariuki et al. (2020) ตามลำดับ ดังนั้นบอร์ตที่เตรียมได้จากงานวิจัยนี้จึงไม่สามารถใช้กับงานโครงสร้างที่รองรับน้ำหนักได้ แต่สามารถใช้งานเกี่ยวกับฉนวนความร้อนของผนัง และเพดานได้



รูปที่ 6 กราฟแสดงมอดูลัสยืดหยุ่น

### ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB)



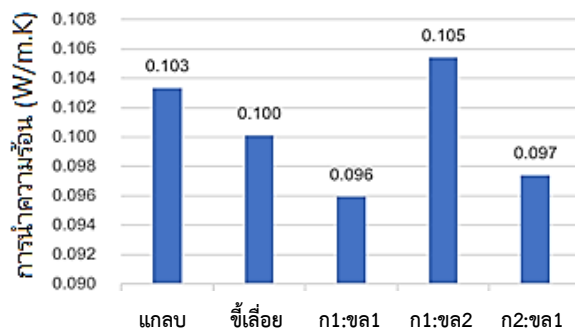
รูปที่ 7 กราฟแสดงแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้ากับวัสดุที่ผสมในอัตราส่วนต่างๆ จะพบว่าค่า IB ของแผ่นชิ้นงานทุกอัตราส่วนมีค่า IB อยู่ในช่วง 0.055–0.113 MPa และแผ่นชิ้นงานที่เตรียมจากอัตราส่วนของ แกลบ : ชี้เลื่อย เป็น 2:1 จะมีค่า IB สูงสุดคือ 0.113 MPa และแผ่นชิ้นงานที่เตรียมจากอัตราส่วนของ แกลบ : ชี้เลื่อย เป็น 1:2 มีค่า IB ต่ำสุดคือ 0.055 MPa ผลการศึกษานี้ที่อัตราส่วนผสม แกลบ : ชี้เลื่อย เป็น 2:1 มีค่าต้านทานดึงผิวหน้าที่ผ่านมาตามมาตรฐานกำหนดโดยที่ค่ามาตรฐานต่ำสุดมีค่า 0.1 MPa อ้างอิงตามมาตรฐาน ANSI A208 (1999) สำหรับแผ่นบอร์ดที่มีความหนาแน่นต่ำ และสำหรับแผ่นชิ้นงานอัตราส่วนอื่นๆที่มีค่า IB ไม่ถึงค่ามาตรฐานผลนี้อธิบายได้ว่าเนื่องจากอาจเกิดจากการเชื่อมประสานกันระหว่างวัสดุชี้เลื่อยและแกลบไม่ดีพอ และการกระจายของวัสดุประสานไม่สม่ำเสมอในบางจุดของบอร์ด อย่างไรก็ตามการศึกษานี้บอร์ดที่เตรียมได้ก็มีค่า IB ต่ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับแผ่นฉนวนความร้อนทั่วไป อย่างเช่น ไฟเบอร์แก้ว และใยหิน โดยมีค่า IB อยู่ในช่วง 0-003–0-08 MPa (Pfundstein et al., 2012) และจากรายงานวิจัยของ Vidil et al. (2016) ซึ่งเตรียมฉนวนความร้อนจากไบโอมะพร้าวได้ค่า IB อยู่ในช่วง 0-04–0-05 MPa.

#### การทดสอบค่าการนำความร้อน

การทดสอบการนำความร้อนของแผ่นฉนวนจะเป็นการทดสอบที่สำคัญมากที่สุด เพราะจะเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของฉนวนความร้อนที่เตรียมได้ว่าจะมีคุณภาพเป็นอย่างไร สภาพการนำความร้อนเป็นสมบัติของเนื้อสารที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการนำความร้อน และแสดงถึงการเป็นฉนวนความร้อน สภาพการนำความร้อนที่ต่ำสารก็จะมีความเป็นฉนวนความร้อนที่สูง โดยในการทดสอบนี้จะยึดตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C518 ผลการทดสอบแสดงได้ในรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าการนำความร้อนของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแต่ละอัตราส่วน

จากผลการทดสอบพบว่าแผ่นฉนวนความร้อนที่เตรียมมีค่าการนำความร้อนโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.096–0.105 W/m.K และแผ่นชิ้นงานที่อัตราส่วนของผสม แกลบ : ซีลี้อย เป็น 1:1 และ 2:1 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.096 และ 0.097 W/m.K และถือได้ว่ามีการนำความร้อนต่ำที่สุด หรือกล่าวได้ว่ามีค่าการเป็นฉนวนความร้อนที่ดี สำหรับแผ่นฉนวนความร้อนที่มีค่าการนำความร้อนสูงนั้นทั้งนี้ เป็นเพราะแผ่นฉนวนความร้อนมีการจัดเรียงตัวของเส้นใยมีความเป็นระเบียบและยึดเกาะกันอย่างหนาแน่นมากกว่าแผ่นฉนวนความร้อนอัตราส่วนอื่นๆ จึงทำให้มีการส่งผ่านความร้อนได้ด้นั้นเอง โดยทั่วไปแผ่นฉนวนที่มีความหนาแน่นสูงก็จะมี การนำความร้อนสูง และแผ่นที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าก็จะมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า ทั้งนี้ เนื่องจากแผ่นชิ้นงานจะประกอบด้วยรูพรุน หรือช่องว่างมากกว่าจึงทำให้มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่า (Sondergege et al., 2009; Troppová et al., 2015)

ดังนั้นแสดงว่าแผ่นชิ้นงานที่เตรียมด้วยอัตราส่วนผสม แกลบ : ซีลี้อย เป็น 1:1 และ 2:1 อัตราส่วนนี้มีค่าเหมาะสมมากที่สุดสำหรับคุณภาพของฉนวนความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตามสมบัติความร้อนที่เตรียมได้จากการศึกษานี้ที่อัตราส่วนอื่นๆก็อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ว่ามีค่าที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้การทำฉนวนความร้อนได้ โดยทั่วไปองค์ประกอบวัสดุฉนวนความร้อน สำหรับตึกและอาคารบ้านเรือน จะมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า 0.25 W/m.k (Wang, 1988) และจากรายงานการวิจัยอื่นๆ ใยแก้ว และกระดาษก็มีค่าการนำความร้อน 0.058 W/m.K (Cao et al., 2015; Böhmer, 2001) จากตารางที่ 2 เมื่อเทียบกับค่าการนำความร้อนของฉนวนความร้อนที่ทำจากวัสดุเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ เช่น เตรียมจากใบมะพร้าว 0.135–0.152 W/m.K เตรียมจากใบส้ปประรด 0.035–0.043 W/m.K เตรียมจากเปลือกทุเรียนและเปลือกมะพร้าว 0.064–0.1043 เตรียมจากใยฝ้าย 0.059–0.082 W/m.K เตรียมจากชานอ้อยและเปลือกมะพร้าว 0.046–0.068 W/m K และ 0.049–0.055 W/m.K (Vidil et al., 2016; Tangjuank, 2011; Khedari et al., 2003; Zhou et al., 2010; Panyakaew et al., 2011) ดังนั้นแสดงว่าฉนวนความร้อนจากที่เตรียมได้จากงานวิจัยนี้มีศักยภาพมากในการผลิตเป็นฉนวนความร้อนที่มีคุณภาพสูง

## ตารางที่ 2 แสดงค่าการนำความร้อนของฉนวนความร้อนจากวัสดุอื่น ๆ

ชนิดของบอร์ด	การนำความร้อน (W/m.K)	อ้างอิง
แกลบผสมซีเมนต์	0.096	งานวิจัยนี้
โใบมะพร้าว	0.135 - 0.152	Vidil et al., (2016)
ใยแก้ว	0.058	Cao et al., (2015)
ชานอ้อย	0.046-0.068	Panyakaew et al., (2011)
ใบสับปะรด	0.035-0.043	Tangjuank, (2011)
ใยฝ้าย	0.059-0.082	Zhou et al., (2010)

### สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยได้เตรียมแผ่นบอร์ดจากการขึ้นรูปโดยวิธีอัดร้อน (hot press) ในขนาด 300x300x10 มิลลิเมตร ด้วยการผสมผงแกลบและผงซีเมนต์ในอัตราส่วน 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 2:1 นำมาผสมกับน้ำยางพาราในอัตราส่วน 125%, 100% และ 75% ผลจากการวิจัยการผลิตแผ่นบอร์ดที่เตรียมจากแกลบและซีเมนต์ พบว่าอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อตัวประสานที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ คือ อัตราส่วนของแกลบต่อซีเมนต์ 2:1 ผสมกับน้ำยางพารา 125% จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่า มีค่าความหนาแน่น 836.29 kg/m<sup>3</sup> ค่าการซึมน้ำร้อยละ 32.431 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า 0.113 MPa ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม JIS A 5905 Particleboards และมาตรฐาน ANSI A208 และค่าการนำความร้อนเฉลี่ย 0.097 W/m.K ซึ่งยอมรับได้ว่ามีค่าที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้การทำฉนวนความร้อนได้

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๕ ผู้ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยผ่านมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1-17.
- ANSI (American National Standards Institute). (1999). ANSI A208.1-1999: Particleboard. ANSI, Washington, DC, USA.
- Banjo, A. A., Afolayan, J. O., & Ogunji, O. E. (2016). Some properties of composite corncob and sawdust particle boards. *Construction and Building*, 127, 436-441.
- Bøhmer, E. (2001). Thermal properties. In: Borch, J., Lyne, M. B., Mark, R. E., Habeger, C. C. (eds) Handbook of physical testing of paper. vol 2. CRC Press, New York, 389-427.
- Cao, X., Liu, J. J., Cao, X. D., Li, Q., Hu, E., & Fan, F. H. (2015). Study of the thermal insulation properties of the glass fiber board used for interior building envelope. *Energy Building*, 107, 49-58.
- Carvalho, S. T. M., Mendes, L. M., César, A. A., & Yanagi, T. (2013). Thermal properties of chipboard panels made of sugar cane bagasse (*Saccharum officinarum* L.). *Materials Research*, 16(5), 1183-1189.
- Evon, P., Vandenbossche, V., Pontalier, P. Y., & Rigal, L. (2014). New thermal insulation fiberboards from cake generated during biorefinery of sunflower whole plant in a twin-screw extruder. *Industrial Crops and Products*, 52, 354-362.
- Kariuki, S. W., Wachira, J., Kawira, M., & Murithi, G. (2020). Crop residues used as lignocellulose materials for particleboards formulation. *Heliyon*, 6(e05025), 1-8.
- Khedari, J., Charoenvai, S., & Hirunlabh, J. (2003). New insulating particleboards from durian peel and coconut coir. *Building and Environment*, 38(3), 435-441.

- Ikubanni, P. P., Adeleke, A. A., Adediran, A. A., & Agboola, O. O. (2018). Physico-mechanical properties of particleboards produced from locally sourced materials. *International Journal of Engineering Research in Africa*, *39*, 112–118.
- Liu, L. F., Li, H. Q., Lazzaretto, A., Manente, G., Tong, C. Y., Liu, G. B., & Li, N. P. (2017). The development history and prospects of biomass-based insulation materials for buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *69*, 912–932.
- Olupot, P. W., Menya, E., Lubwama, F., Ssekaluva, L., Nabuuma, B., & Wakatuntu, J. (2022). Effects of sawdust and adhesive type on the properties of rice husk particleboards. *Results in Engineering*, *16*(100775), 1-9.
- Paiva, A., Pereira, S., & Sá, A. (2012). A contribution to the thermal insulation performance characterization of corn cob particleboards. *Energy and Buildings*, *45*, 274–279.
- Panyakaew, S., & Fotios, S. (2011). New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings*, *43*(7), 1732–1739.
- Pfundstein, M., Gellert, R., Spitzner, M., & Rudolphi, A. (2012). Insulating Materials: Principles, Materials, Applications. <https://doi.org/10.11129/detail.9783034614757>.
- Sekaluvu, L., Tumutegereize, P., & Kiggundu, N. (2014). Investigation of Factors Affecting the Production and Properties of Maize Cob-Particleboards. *Waste and Biomass Valorization*, *5*, 27-32.
- Sonderregger, W., & Niemz, P. (2009). Thermal conductivity and water vapour transmission properties of wood-based materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, *67*(3), 313–321.
- Tanguank, S. (2011). Thermal insulation and physical properties of particleboards from pineapple leaves. *International Journal of Physical Science*, *6*(19), 4528–4532.

- Troppová, E., Švehlík, M., Tippner, J., & Wimmer, R. (2015). Influence of temperature and moisture content on the thermal conductivity of wood-based fibreboards. *Materials and Structures*, 48(12), 4077–4083.
- Tudor, E. M., Barbu, M. C., Petutschnigg, A., & Reh, R. (2018). Added-value for wood bark as a coating layer for flooring tiles. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1354–1360.
- Vidil, L., Fiorelli, J., & Bilba K. (2016). Thermal insulating particle boards reinforced with coconut leaf sheaths. *Green Materials*. <http://dx.doi.org/10.1680/jgrma.15.00029>.
- Vitrone, F., Ramos, D., Vitagliano, V., Ferrando, F., & Salvad, J. (2022). All-lignocellulosic fiberboards from giant reed (*Arundo donax* L.): Effect of steam explosion pre-treatment on physical and mechanical properties. *Construct Build Mater*, 319(126064), 1-12.
- Wang, S. H. (1988). *Construction Materials Science*. China: Construction Industry Publisher.
- Xu, J., Sugawara, R., Widyorini, R., Han, G., & Kawai S. (2004). Manufacture and properties of low- density binderless particleboard from kenaf core. *Journal of Wood Science*, 50(1), 62–67.
- Zhou, X., Zheng, F., Li, H., & Lu, C. (2010). An environment friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. *Energy and Buildings*, 42(7), 1070–1074.

## $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก QUASI-CANCELLATIVE CYCLIC-ASSOCIATIVE $\Gamma$ -AG-GROUPOIDS

ธนวัต แสนยากุล\* และ ไพโรจน์ เยียระยง  
Thanawat Saenyakul\* and Pairote Yiarayong

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Mathematics, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

Received: 1 May 2023

Revised: 2 August 2023

Accepted: 5 August 2023

### บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ขยายแนวความคิดของ  $\Gamma$ -กึ่งกรุปไปยังควอซี-ตัดออกและ AG-กรุปพอยต์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่และพิสูจน์สมบัติพื้นฐานของสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้ยังได้แนะนำแนวคิดของ  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออกและยังได้ตรวจสอบเงื่อนไขต่อไปนี้อยู่เสมอ

1.  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$  สำหรับทุก  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$
2.  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$  สำหรับทุก  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$

**คำสำคัญ:** AG-กรุปพอยต์,  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์, AG-กรุปพอยต์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่, คล้าย-ตัดออก

### Abstract

In this paper, we extend the concept of  $\Gamma$ -semigroup to quasi-cancellative and cyclic-associative AG-groupoids and investigate various of its properties. We introduce the concept of quasi-cancellative cyclic-associative  $\Gamma$ -AG-groupoids. Moreover, we prove that the following conditions are equivalent:

\* Corresponding author: ธนวัต แสนยากุล

E-mail: thanawat.sae@psru.ac.th

1.  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$  for all  $a, b, x, y \in S$  and  $\alpha, \beta \in \Gamma$ .
2.  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$  for all  $a, b, x, y \in S$  and  $\alpha, \beta \in \Gamma$ .

**Keywords:** AG-groupoid,  $\Gamma$ -AG-groupoid, cyclic-associative AG-groupoid, quasi-cancellative

## บทนำ

ในปี ค.ศ. 1994 Protić & Stevanović (1994) ได้สร้างโครงสร้างคณิตประกอบด้วยเซตที่ไม่ใช่เซตว่างกับการดำเนินการทวิภาค  $*$  ที่มีสมบัติ  $(x * y) * z = (z * y) * x$  จะเรียกโครงสร้างคณิตนี้ว่ากรุปอยด์ของอเบล-แกรสส์แมนน์ (Abel-Grassmann's groupoid) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า AG-กรุปอยด์ (AG-groupoid) ในปี ค.ศ. 1977 Kazim & Naseeruddin (1972) ได้เรียกโครงสร้างคณิตที่นิยามโดย Protić และ Stevanović ว่ากึ่งกรุปเกือบซ้าย (left almost semigroups) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า LA-กึ่งกรุป (LA-semigroups) ในปี ค.ศ. 1978 Mushtaq & Yusuf (1978) ได้พิสูจน์ว่า AG-กรุปอยด์ตัดออกซ้าย (left cancellative AG-groupoid) จะเป็น AG-กรุปอยด์ตัดออกขวา (right cancellative AG-groupoid) ในปี ค.ศ. 2016 AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ (cyclic-associative AG-groupoids) ได้ถูกนำเสนอโดย Iqbal et al. (2016)

ในปี ค.ศ. 2008 Hila (2008) ได้ให้ลักษณะเฉพาะของควอซี-ไอดีล (quasi-ideal) ใน  $\Gamma$ -กึ่งกรุปและบางลักษณะเฉพาะของ  $\Gamma$ -กึ่งกรุปปกติ (regular  $\Gamma$ -semigroup) ในไอดีลซ้าย (left ideal), ไอดีลขวา (right ideal), ควอซี-ไอดีลและไบ-ไอดีล (bi-ideal) นอกจากนี้ยังได้นำเสนอแนวความคิดของ  $\Gamma$ -ไอดีล ( $\Gamma$ -ideal) และ  $\Gamma$ -ไบ-ไอดีล ( $\Gamma$ -bi-ideal) ใน  $\Gamma$ -กึ่งกรุป ต่อมาในปี ค.ศ. 2010 Shah & Rehman (2010a) ได้แนะนำแนวคิด  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์ ( $\Gamma$ -AG-groupoids) และได้เสนอทฤษฎีบทของ  $\Gamma$ -ไอดีลและ  $\Gamma$ -ไบ-ไอดีล นอกจากนี้ยังได้พิสูจน์ว่าทุก  $\Gamma$ -ไอดีลใน  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์ปกติ (regular  $\Gamma$ -AG-groupoid)  $S$  จะเป็น  $\Gamma$ -เฉพาะ ( $\Gamma$ -prime) ก็ต่อเมื่อลดทอนไม่ได้เข้ม (strongly irreducible) ในปีเดียวกันนั้น Shah & Rehman (2010b) ได้ตรวจสอบสมบัติบางประการของ  $\Gamma$ -ไอดีลและ M-ระบบ (M-systems) ใน  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์ ในปี ค.ศ. 2013 Shah & Rehman (2013) ได้นำเสนอแนวความคิดของ  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์เปลี่ยนหมู่เฉพาะที่ (locally associative  $\Gamma$ -AG-groupoid) และสรุปผลลัพธ์บางประการของ



$\Gamma$ -AG-กรุปพอยด์เปลี่ยนหมู่เฉพาะที่ ต่อมาในปี ค.ศ. 2014 Shah et al. (2014) ได้ศึกษาแนวคิดของ  $\Gamma$ -ไอดีลวิเศษ (fuzzy  $\Gamma$ -ideal),  $\Gamma$ -ไอดีลวิเศษเฉพาะ (prime fuzzy  $\Gamma$ -ideal) และ  $\Gamma$ -ไอดีลวิเศษกึ่งเฉพาะ (semiprime fuzzy  $\Gamma$ -ideal) ของ  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยด์  $S$  ยังได้พิสูจน์ว่าถ้า  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยด์ที่มีเอกลักษณ์ซ้ายแล้วสำหรับทุก  $\Gamma$ -ไอดีลวิเศษของ  $S$  เป็นนิพจน์ (idempotent) ก็ต่อเมื่อสำหรับทุก  $\Gamma$ -ไอดีลวิเศษของ  $S$  เป็น  $\Gamma$ -ไอดีลวิเศษกึ่งเฉพาะในปีเดียวกันนั้น Heidari & Davvaz (2014) ได้นำเสนอแนวความคิด  $\Gamma$ -กึ่งกรุป  $n$  ภาค ( $n$ -ary  $\Gamma$ -semigroup) เป็นลักษณะเฉพาะของ  $\Gamma$ -กึ่งกรุป  $n$  ภาค และ  $\Gamma$ -กึ่งกรุป ( $\Gamma$ -semigroup) นอกจากนั้นยังได้อธิบายสมบัติบางประการของ  $\Gamma$ -กึ่งกรุป  $n$  ภาค ต่อมาในปี ค.ศ. 2019 Basar (2019) ได้นำเสนอแนวคิดของ  $(m, n)$ -ไอดีล ( $(m, n)$ -ideal) นอกจากนี้ยังได้พิสูจน์ว่าสำหรับแต่ละ LA- $\Gamma$ -กึ่งกรุปอันดับยูนิแทรี (unitary ordered LA- $\Gamma$ -semigroup)  $(S, \Gamma, \cdot, \leq)$  ถ้า  $A$  เป็น  $(m, n)$ -ไอดีลของ  $S$  และ  $B$  เป็น  $(m, n)$ -ไอดีล ( $(m, n)$ -ideal) ของ  $A$  แล้ว  $B$  เป็น  $(m, n)$ -ไอดีลของ  $S$  ต่อมาในปี ค.ศ. 2021 Jantan et al. (2021) ได้เสนอแนวคิดของ  $m$ -ซ้าย- $\Gamma$ -ไอดีล ( $m$ -left- $\Gamma$ -ideal),  $n$ -ขวา- $\Gamma$ -ไอดีล ( $n$ -right- $\Gamma$ -ideal) และ  $(m, n)$ -ควอซี- $\Gamma$ -ไอดีล ( $(m, n)$ -quasi- $\Gamma$ -ideals) ในอันดับ LA- $\Gamma$ -กึ่งกรุป (ordered LA- $\Gamma$ -semigroup) และตรวจสอบสมบัติบางประการของ  $m$ -ซ้าย- $\Gamma$ -ไอดีล,  $n$ -ขวา- $\Gamma$ -ไอดีล และ  $(m, n)$ -ควอซี- $\Gamma$ -ไอดีล

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงได้ขยายแนวความคิดของ  $\Gamma$ -กึ่งกรุปไปยังควอซี-ตัดออกและ AG-กรุปพอยด์วิเศษเปลี่ยนหมู่ และมีการตรวจสอบสมบัติต่าง ๆ ของ  $\Gamma$ -กึ่งกรุปไปยังควอซี-ตัดออกและ AG-กรุปพอยด์วิเศษเปลี่ยนหมู่ นอกจากนี้ยังได้นำเสนอแนวความคิดของ  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยด์วิเศษเปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออกและได้พิสูจน์ว่าสำหรับทุก  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$  จะได้  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$  ก็ต่อเมื่อ  $\alpha\beta(yax) = b\beta(yax)$

### ความรู้พื้นฐาน

ในหัวข้อนี้เป็นการทบทวนความรู้เกี่ยวกับบทนิยามของ  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยด์และ  $\Gamma$ -พารามิเตอร์โดยเริ่มต้นศึกษาจากบทนิยาม ดังนี้

**บทนิยาม 2.1** (Shah & Rehman, 2010a) กำหนดให้  $S$  และ  $\Gamma$  เป็นเซตที่ไม่ใช่เซตว่าง จะเรียก  $S$  ว่า  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์ ( $\Gamma$ -AG-groupoid) ก็ต่อเมื่อมีฟังก์ชัน  $\cdot : S \times \Gamma \times S \rightarrow S$  โดยที่  $\cdot(a, \alpha, b) \mapsto a\alpha b$  สำหรับทุก  $a, b \in S$  และ  $\alpha \in \Gamma$  และสำหรับ  $a, b$  และ  $c$  ใน  $S$  มีสมบัติ  $\Gamma$ -ผกผันซ้าย ( $\Gamma$ -left invertive)  $(a\alpha b)\beta c = (c\alpha b)\beta a$  สำหรับทุก  $\alpha, \beta \in \Gamma$

**บทนิยาม 2.2** (Shah & Rehman, 2010a) ให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์ จะเรียก  $S$  ว่า  $\Gamma$ -พารามีเดียล ( $\Gamma$ -paramedial) ก็ต่อเมื่อ  $(a\alpha b)\beta(c\gamma d) = (d\alpha c)\beta(b\gamma a)$  สำหรับทุก  $a, b, c, d \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$

**บทตั้ง 2.3** (Shah & Rehman, 2013) กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์ ถ้า  $a, b, c, d \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma \in \Gamma$  แล้ว  $(a\alpha b)\beta(c\gamma d) = (a\alpha c)\beta(b\gamma d)$

**ทฤษฎีบทหลัก**  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ในหัวข้อนี้เป็นการขยายแนวคิดของควอซี-ตัดออกและ AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่เพื่อสร้างนิยามของ  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ดังนี้

**บทนิยาม 3.1** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก (quasi-cancellative cyclic-associative  $\Gamma$ -AG-groupoid) ถ้าสำหรับทุก  $a, b, c \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$  แล้วมีสมบัติ ดังนี้

1.  $a\alpha(b\beta c) = c\alpha(a\beta b)$
2. ถ้า  $aaa = acb$  และ  $b\beta b = b\beta a$  แล้ว  $a = b$
3. ถ้า  $aaa = b\alpha a$  และ  $b\beta b = a\beta b$  แล้ว  $a = b$

ต่อไปนี้จะเป็นการแนะนำสมบัติพื้นฐานบางประการของ  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออกเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโครงสร้างทางพีชคณิตของ  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์ ดังต่อไปนี้

**บทตั้ง 3.2** ถ้า  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วิภูจักร-เปลี่ยนหมู่แล้วจะเป็น  $\Gamma$ -พารามีเดียลเสมอ

**การพิสูจน์** ให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วิภูจักร-เปลี่ยนหมู่สำหรับทุก  $a, b, c, d \in S$  และ

$\alpha, \beta, \gamma \in \Gamma$  พิจารณา

$$\begin{aligned}
 (aab)\beta(c\gamma d) &= d\beta((aab)\gamma c) \\
 &= c\beta(d\gamma(aab)) \\
 &= c\beta(b\gamma(d\alpha a)) \\
 &= (d\alpha a)\beta(c\gamma b) \\
 &= b\beta((d\alpha a)\gamma c) \\
 &= b\beta((c\alpha a)\gamma d) \\
 &= d\beta(b\gamma(c\alpha a)) \\
 &= d\beta(a\gamma(b\alpha c)) \\
 &= (b\alpha c)\beta(d\gamma a) \\
 &= a\beta((b\alpha c)\gamma d) \\
 &= a\beta((d\alpha c)\gamma b) \\
 &= (d\alpha c)\beta(b\gamma a)
 \end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าถ้า  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วิภูจักร-เปลี่ยนหมู่แล้วจะเป็น  $\Gamma$ -พารามีเดียลเสมอ

**ทฤษฎีบท 3.3** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วิภูจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ถ้า

$a, b, x \in S$  และ  $\alpha \in \Gamma$  แล้วเงื่อนไขต่อไปนี้จะสมมูลกัน

1.  $x\alpha a = x\alpha b$
2.  $a\alpha x = b\alpha x$

**การพิสูจน์**  $(1 \Rightarrow 2)$  ให้  $a, b, x \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma \in \Gamma$  โดยที่  $x\alpha a = x\alpha b$  พิจารณา

$$\begin{aligned}
 (a\alpha x)\beta(a\alpha x) &= (a\alpha a)\beta(x\alpha x) \\
 &= x\beta(x\alpha(a\alpha a)) \\
 &= x\beta(a\alpha(a\alpha x))
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= x\beta(a\alpha(x\alpha a)) \\
&= a\beta((x\alpha a)\alpha x) \\
&= (x\alpha b)\beta(x\alpha a) \\
&= x\beta(a\alpha(x\alpha b)) \\
&= x\beta(x\alpha(b\alpha a)) \\
&= (b\alpha x)\beta(a\alpha x) \\
&= x\beta((a\alpha x)\alpha b) \\
&= (a\alpha x)\beta(b\alpha x)
\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
(b\alpha x)\gamma(b\alpha x) &= (b\alpha b)\gamma(x\alpha x) \\
&= x\gamma(x\alpha(b\alpha b)) \\
&= x\gamma(b\alpha(b\alpha x)) \\
&= x\gamma(b\alpha(x\alpha b)) \\
&= b\gamma((x\alpha b)\alpha x) \\
&= (x\alpha a)\gamma(x\alpha b) \\
&= x\gamma(b\alpha(x\alpha a)) \\
&= x\gamma(x\alpha(a\alpha b)) \\
&= (a\alpha x)\gamma(b\alpha x) \\
&= x\gamma((b\alpha x)\alpha a) \\
&= (b\alpha x)\gamma(a\alpha x)
\end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า  $a\alpha x = b\alpha x$

(2  $\Rightarrow$  1) ให้  $a, b, x \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma \in \Gamma$  โดยที่  $a\alpha x = b\alpha x$  พิจารณา

$$\begin{aligned}
(a\alpha x)\beta(b\alpha x) &= b\beta(x\alpha(a\alpha x)) \\
&= x\beta((a\alpha x)\alpha b) \\
&= x\beta((b\alpha x)\alpha a) \\
&= (b\alpha x)\beta(a\alpha x) \\
&= (b\alpha a)\beta(x\alpha x)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= x\beta(b\alpha(a\alpha x)) \\
&= a\beta((x\alpha b)\alpha x) \\
&= (x\alpha a)\beta(x\alpha a) \\
&= x\beta(a\alpha(x\alpha a)) \\
&= x\beta(x\alpha(a\alpha a)) \\
&= (a\alpha x)\beta(a\alpha x)
\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
(b\alpha x)\gamma(a\alpha x) &= a\gamma(x\alpha(b\alpha x)) \\
&= x\gamma((b\alpha x)\alpha a) \\
&= x\gamma((a\alpha x)\alpha b) \\
&= (a\alpha x)\gamma(b\alpha x) \\
&= (a\alpha b)\gamma(x\alpha x) \\
&= x\gamma(a\alpha(b\alpha x)) \\
&= b\gamma((x\alpha a)\alpha x) \\
&= (x\alpha b)\gamma(x\alpha b) \\
&= x\gamma(b\alpha(x\alpha b)) \\
&= x\gamma(x\alpha(b\alpha b)) \\
&= (b\alpha x)\gamma(b\alpha x)
\end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า  $a\alpha x = b\alpha x$

**ทฤษฎีบท 3.4** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก

ถ้า  $a, b, x, y \in S$ ,  $\alpha, \beta \in \Gamma$  และ  $(x\alpha x)\beta a = (x\alpha x)\beta b$  แล้ว

$$a\Gamma x = b\Gamma x$$

**การพิสูจน์** ให้  $a, b, x \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$  โดยที่  $(x\alpha x)\beta a = (x\alpha x)\beta b$  พิจารณา

$$\begin{aligned}
(a\alpha x)\alpha(a\alpha x) &= (a\beta a)\beta(x\alpha x) \\
&= ((x\alpha x)\beta a)\beta a \\
&= ((x\alpha x)\beta b)\beta a
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (a\beta b)\beta(x\alpha x) \\
 &= (a\alpha x)\beta(b\alpha x)
 \end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
 (b\beta x)\beta(b\alpha x) &= (b\beta b)\beta(x\alpha x) \\
 &= ((x\alpha x)\beta b)\beta b \\
 &= ((x\alpha x)\beta a)\beta b \\
 &= (b\beta a)\beta(x\alpha x) \\
 &= (b\beta x)\beta(a\alpha x)
 \end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า  $a\Gamma x = b\Gamma x$

**ทฤษฎีบท 3.5** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วิธจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ถ้า  $a, b, x, y \in S$ ,  $\alpha, \beta \in \Gamma$  และ  $(x\alpha x)\beta a = (x\alpha x)\beta b$  แล้ว  $x\alpha a = x\alpha b$

**การพิสูจน์** ให้  $a, b, x \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$  โดยที่  $(x\alpha x)\beta a = (x\alpha x)\beta b$  จากทฤษฎีบท 3.4 จะได้  $a\alpha x = b\alpha x$  โดยทฤษฎีบท 3.3 ทำให้ได้ว่า  $x\alpha a = x\alpha b$

**ทฤษฎีบท 3.6** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วิธจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ถ้า  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$  แล้ว  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$  สำหรับทุก  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma, \lambda \in \Gamma$

**การพิสูจน์** ให้  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma, \tau \in \Gamma$  โดยที่  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$   
พิจารณา

$$\begin{aligned}
 (a\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta(y\alpha x)) &= ((y\beta x)\alpha a)\gamma((y\beta x)\alpha a) \\
 &= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta a) \\
 &= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta a) \\
 &= ((a\beta a)\beta(x\alpha y))\gamma(x\alpha y) \\
 &= (((x\alpha y)\beta a)\beta a)\gamma(x\alpha y)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= ((a\beta b)\beta(x\alpha y))\gamma(x\alpha y) \\
&= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta b) \\
&= (b\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta(y\alpha x))
\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
(b\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta(y\alpha x)) &= ((y\alpha x)\beta b)\lambda((y\alpha x)\beta b) \\
&= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta b) \\
&= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta b) \\
&= ((b\beta b)\beta(x\alpha y))\lambda(x\alpha y) \\
&= (((x\alpha y)\beta b)\beta)\lambda(x\alpha y) \\
&= ((b\beta a)\beta(x\alpha y))\lambda(x\alpha y) \\
&= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta a) \\
&= (a\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta(y\alpha x))
\end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$

**ทฤษฎีบท 3.7** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ถ้า  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$  แล้ว  $(y\alpha x)\beta a = (y\alpha x)\beta b$  สำหรับทุก  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$

**การพิสูจน์** ให้  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma, \lambda \in \Gamma$  โดยที่  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$   
พิจารณา

$$\begin{aligned}
(a\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta(y\alpha x)) &= ((y\alpha x)\beta a)\gamma((y\alpha x)\beta a) \\
&= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta a) \\
&= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta a) \\
&= ((a\beta a)\beta(x\alpha y))\gamma(x\alpha y) \\
&= (((x\alpha y)\beta a)\beta)\gamma(x\alpha y) \\
&= (((x\alpha y)\beta b)\beta)\gamma(x\alpha y) \\
&= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta b) \\
&= ((y\alpha x)\beta a)\gamma((y\alpha x)\beta b)
\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
 (b\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta(y\alpha x)) &= ((y\alpha x)\beta b)\lambda((y\alpha x)\beta b) \\
 &= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta b) \\
 &= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta b) \\
 &= ((b\beta b)\beta(x\alpha y))\lambda(x\alpha y) \\
 &= (((x\alpha y)\beta b)\beta b)\lambda(x\alpha y) \\
 &= (((x\alpha y)\beta a)\beta b)\lambda(x\alpha y) \\
 &= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta a) \\
 &= ((y\alpha x)\beta b)\lambda((y\alpha x)\beta a)
 \end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า  $(y\alpha x)\beta a = (y\alpha x)\beta b$

**ทฤษฎีบท 3.8** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วิธจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ถ้า

$$a\beta(x\alpha y) = b\beta(x\alpha y) \text{ แล้ว } a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x) \text{ สำหรับทุก } a, b, x, y \in S \text{ และ } \alpha, \beta \in \Gamma$$

**การพิสูจน์** ให้  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma, \lambda \in \Gamma$  โดยที่  $a\beta(x\alpha y) = b\beta(x\alpha y)$   
พิจารณา

$$\begin{aligned}
 (a\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta(y\alpha x)) &= ((y\alpha x)\beta a)\gamma((y\alpha x)\beta a) \\
 &= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta a) \\
 &= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta a) \\
 &= ((a\beta a)\beta(x\alpha y))\gamma(x\alpha y) \\
 &= (((x\alpha y)\beta a)\beta a)\gamma(x\alpha y) \\
 &= (a\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta(x\alpha y)) \\
 &= ((x\alpha y)\beta a)\gamma((x\alpha y)\beta b) \\
 &= ((a\beta b)\beta(x\alpha y))\gamma(x\alpha y) \\
 &= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta b) \\
 &= (b\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta(y\alpha x))
 \end{aligned}$$

และ



$$\begin{aligned}
(b\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta(y\alpha x)) &= ((y\alpha x)\beta b)\lambda((y\alpha x)\beta b) \\
&= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta b) \\
&= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta b) \\
&= ((b\beta b)\beta(x\alpha y))\lambda(x\alpha y) \\
&= (((x\alpha y)\beta b)\beta b)\lambda(x\alpha y) \\
&= (b\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta(x\alpha y)) \\
&= ((x\alpha y)\beta b)\lambda((x\alpha y)\beta a) \\
&= ((b\beta a)\beta(x\alpha y))\lambda(x\alpha y) \\
&= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta a) \\
&= (a\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta(y\alpha x))
\end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$

**ทฤษฎีบท 3.9** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์วิถัจกร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก  
ถ้า  $a\beta(x\alpha y) = b\beta(x\alpha y)$  แล้ว  $(y\alpha x)\beta a = (y\alpha x)\beta b$  สำหรับทุก  
 $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$

**การพิสูจน์** ให้  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta, \gamma, \lambda \in \Gamma$  โดยที่  $a\beta(x\alpha y) = b\beta(x\alpha y)$   
พิจารณา

$$\begin{aligned}
(a\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta(y\alpha x)) &= ((y\alpha x)\beta a)\gamma((y\alpha x)\beta a) \\
&= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\gamma(a\beta a) \\
&= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta a) \\
&= ((a\beta a)\beta(x\alpha y))\gamma(x\alpha y) \\
&= (((x\alpha y)\beta a)\beta a)\gamma(x\alpha y) \\
&= ((x\alpha y)\beta a)\gamma((x\alpha y)\beta a) \\
&= (b\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta(x\alpha y)) \\
&= (((x\alpha y)\beta b)\beta a)\gamma(x\alpha y) \\
&= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\gamma(a\beta b) \\
&= ((y\alpha x)\beta a)\gamma((y\alpha x)\beta b)
\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}
 (b\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta(y\alpha x)) &= ((y\alpha x)\beta b)\lambda((y\alpha x)\beta b) \\
 &= ((y\alpha x)\beta(y\alpha x))\lambda(b\beta b) \\
 &= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta b) \\
 &= ((b\beta b)\beta(x\alpha y))\lambda(x\alpha y) \\
 &= (((x\alpha y)\beta b)\beta b)\lambda(x\alpha y) \\
 &= ((x\alpha y)\beta b)\lambda((x\alpha y)\beta b) \\
 &= (a\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta(x\alpha y)) \\
 &= (((x\alpha y)\beta a)\beta b)\lambda(x\alpha y) \\
 &= ((x\alpha y)\beta(x\alpha y))\lambda(b\beta a) \\
 &= ((y\alpha x)\beta b)\lambda((y\alpha x)\beta a)
 \end{aligned}$$

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า  $(y\alpha x)\beta a = (y\alpha x)\beta b$

**ทฤษฎีบท 3.10** กำหนดให้  $S$  เป็น  $\Gamma$ -AG-กรุปพอยต์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออก ถ้า  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$  แล้วเงื่อนไขต่อไปนี้สมมูลกัน

1.  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$
2.  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$

**การพิสูจน์**  $(1 \Rightarrow 2)$  ให้  $a, b, x, y \in S$  โดยที่  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$  สำหรับทุก

$\alpha, \beta \in \Gamma$  โดยทฤษฎีบท 3.6 จะได้ว่า  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$

$(2 \Rightarrow 1)$  ให้  $a, b, x, y \in S$  โดยที่  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$  สำหรับทุก

$\alpha, \beta \in \Gamma$  โดยทฤษฎีบท 3.9 จะได้ว่า  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$

## สรุปผลการวิจัย

ในบทความนี้ได้ขยายแนวคิด AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออกเพื่อสร้างบทนิยามของ  $\Gamma$ -AG-กรุปอยด์วัฏจักร-เปลี่ยนหมู่ควอซี-ตัดออกและพิสูจน์สมบัติบางประการของบทนิยามข้างต้น นอกจากนี้ยังได้พิสูจน์ว่า  $(x\alpha y)\beta a = (x\alpha y)\beta b$  ก็ต่อเมื่อ  $a\beta(y\alpha x) = b\beta(y\alpha x)$  สำหรับทุก  $a, b, x, y \in S$  และ  $\alpha, \beta \in \Gamma$

### เอกสารอ้างอิง

- Basar, A. (2019). A note on  $(m, n)$ - $\Gamma$ -ideals of ordered AL- $\Gamma$ -semigroups. *Konuralp Journal of Mathematics*, 7(1), 107-111.
- Heidari, D., & Davvaz, B. (2014). n-ary  $\Gamma$ -semigroups, operators and Green's relations. *Afrika Matematika*, 25, 841-856.
- Hila, K. (2008). On regular, semiprime and quasi-reflexive  $\Gamma$ -semigroup and minimal quasi-ideals. *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 29(3), 141-152.
- Iqbal, M., & Ahmad, I. (2021). On quasi-cancellative AG-groupoids. *Quasigroups and Related*, 29, 209-212.
- Iqbal, M., Ahmad, I., Shah, M., & Ali, M. I. (2016). On cyclic associative Abel-Grassman groupoids. *British Journal of Mathematics & Computer Science*, 12(5), 1-16.
- Jantan, W., Chinram, R., & Petchkaew, P. (2021). On  $(m, n)$ -quasi-gamma-ideals in ordered LA-gamma-semigroupoid. *Journal of Mathematics and Computer Science*, 11(3), 3377-3390.
- Kazim, M. A., & Naseeruddin, M. (1977). On almost semigroups. *Portugaliae Math.*, 2, 41-47.
- Mushtaq, Q., & Yusuf, M. S. (1978). On LA-semigroups. *The Aligarh Bulletin of Mathematics*, 8, 65-70.
- Protic, P. V., & Stevanovic, N. (1994). On Abel-Grassmann's groupoids (exposition). *Proceedings of the II Mathematical Conference in Priština pp.*, 27-29.

- Shah, T., Rehman, I., & Khan, A. (2014). Fuzzy  $\Gamma$ -ideals in  $\Gamma$ -AG-groupoid. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 43(4), 625-634.
- Shah, T., & Rehman, I. (2010a). On  $\Gamma$ -ideals and  $\Gamma$ -bi-ideals. *International Journal of Algebra*, 4(6), 267-276.
- Shah, T., & Rehman, I. (2010b). On M-systems in  $\Gamma$ -AG-groupods. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, 47(1), 33-39.
- Shah, T., & Rehman, I. (2013). Decomposition of locally associative  $\Gamma$ -AG-groupods. *Novi Sad Journal of Mathematics*, 43(1), 1-8.

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ  
ของสารสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่พันธุ์ราบิซ่า

TOTAL AMOUNT OF PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT  
ACTIVITIES OF CRUDE EXTRACTS FROM CHERRY COFFEE  
PEELS ARABICA CULTIVARS

พัทธนันท์ นาทพิณิจ<sup>\*</sup>, อัจฉรา ไชยองค์การ และ สิรินทิพย์ ยะกับ  
Patthanant Natpinit<sup>\*</sup>, Achara Chaiongkarn and Sirintip Yakub

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย  
Thailand Institute of Scientific and Technological Research

Received: 20 April 2023

Revised: 12 August 2023

Accepted: 20 August 2023

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่พันธุ์ราบิซ่า ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP จากเปลือกสด และแบบแห้งด้วยเอทานอล 95% หรือน้ำร้อนเป็นเวลา 7 วัน ที่อัตราส่วนน้ำหนักเปลือกแห้ง ต่อตัวทำละลายที่ 1:10 ผลการวิจัยพบว่าการสกัดเปลือกแห้งด้วยน้ำร้อนจะได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด ลำดับถัดมาคือเปลือกแห้งด้วยเอทานอล เปลือกสดด้วยเอทานอล และเปลือกสดด้วยน้ำร้อน ตามลำดับ โดยมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในช่วง 0.39-2.83 มก.กรดแกลลิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสำคัญในเปลือกกาแฟเชอร์รี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากกว่า FRAP โดยมีค่า  $IC_{50}$  อยู่ที่ 143 มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ มล. สารสกัดเปลือกแห้งด้วยน้ำร้อนมีค่า DPPH สูงสุดที่ 821 มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ มล. สำหรับ FRAP การสกัดด้วยน้ำร้อนมีค่ามากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล และเปลือกแห้งมีค่ามากกว่าเปลือกสด โดยสารสกัดเปลือกแห้งด้วยน้ำร้อนมีค่า

\* Corresponding author: พัทธนันท์ นาทพิณิจ

Email: patthanant\_n@tistr.or.th

มากที่สุดที่ 69.33 มค.ก.แอสคอร์บิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ หรือ 122.25 มค.ก.สมมูลเฟอร์รัส ซัลเฟตต่อ ก.เปลือกกาแฟ

**คำสำคัญ:** เปลือกกาแฟเชอรี, สารสกัด, สารต้านอนุมูลอิสระ, สารฟีนอลิก, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

### Abstract

This investigation aims to analyze the total amount of phenolic compounds and antioxidant activities of crude extract from cherry coffee peels Arabica cultivars. The amount of phenolic compounds and antioxidant activity were studied by DPPH and FRAP methods from fresh and dried peels with 95% ethanol or hot water for 7 days at peel to solvent ratio of 1:10. Research results were shown that the extraction of dried peels with hot water had the maximum yield of total phenolic compounds, followed by dried peels with ethanol, fresh peel with ethanol and fresh peel with hot water, respectively. The total phenolic compounds ranged from 0.39-2.83 mg of gallic acid/g coffee peel. For the antioxidant activity, it found that the active ingredient in coffee cherry peel had more antioxidant activity by DPPH method than FRAP.  $IC_{50}$  was 143 ug ascorbic/ml. The crude extract from dried peel with hot water had the highest value of an antioxidant activity as 821 ug ascorbic/ml. The antioxidant activity by FRAP method showed that the extraction with hot water was higher than ethanol and dried peels had antioxidant activity more than fresh peels. The crude extract of dried coffee peel with hot water had the highest value at 69.33 ug ascorbic acid/g coffee peel or 122.25 ug  $FeSO_4$ /g coffee peel.

**Keywords:** cherry coffee peel, crude extract, antioxidant agent, phenolic compound, antioxidant activity

## บทนำ

กาแฟจัดว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งในประเทศไทย ซึ่งมีหลายสายพันธุ์ที่นิยมปลูกกันในภาคเหนือตอนบน ได้แก่ สายพันธุ์ อราบิก้า (Arabica) และโรบัสต้า (Robusta) เป็นต้น กาแฟสายพันธุ์อราบิก้าเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากในแถบภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ราบสูง เพราะมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟ นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนให้มีการเพาะปลูกอย่างกว้างขวาง เพื่อส่งให้กับมูลนิธิโครงการหลวงในการแปรรูปเป็นเมล็ดกาแฟอราบิก้าคุณภาพสูง ทำให้เกษตรกร และชุมชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

ในปี 2559-2561 พบว่าผลผลิตการปลูกกาแฟเฉลี่ย เป็น 120, 102 และ 92 กก./ไร่ คิดเป็นผลผลิตรวมเป็น 30,579, 25,909 และ 23,617 ตัน โดยแบ่งเป็น พันธุ์โรบัสต้าที่ 106, 92 และ 72 กก./ไร่ คิดเป็นผลผลิตรวมเป็น 21,338, 16,967 และ 13,471 ตัน ส่วนพันธุ์อราบิก้าเป็น 155, 127 และ 136 กก./ไร่ คิดเป็นผลผลิตรวมเป็น 9,241, 8,942 และ 10,146 ตัน (สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, 2562)

จากกรรมวิธีการแปรรูปเมล็ดกาแฟพบว่า ของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ เนื้อผลเชอรี่หรือเปลือกกาแฟเชอรี่ ร้อยละ 55 และกะลากาแฟ ร้อยละ 29 (ชุดิมนธน พลอยประดับ และคณะ, 2553) จะเห็นได้ว่าเปลือกกาแฟเชอรี่มีปริมาณมากที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่มักจะถูกทิ้งไว้ทำให้เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดกรด และกลิ่นเหม็นเปรี้ยวขึ้น จากสมบัติของเปลือกกาแฟเชอรี่ ประกอบด้วยไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน แอนโธไซยานิน แทนนิน โพลีฟีนอล และคาเฟอีน เป็นต้น (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2550) เมื่อวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีแล้วพบว่า เปลือกกาแฟเชอรี่ประกอบด้วย แทนนิน ร้อยละ 1.80-5.56 กรดคลอโรจีนิก ร้อยละ 2.6 สารกลุ่มเพคติก ร้อยละ 6.5 น้ำตาลรีดิวิส ร้อยละ 12.4 น้ำตาลที่ยังไม่รีดิวิส ร้อยละ 2.0 คาเฟอีน ร้อยละ 1.3 และกรดคาเฟอิก ร้อยละ 1.6 และยังพบสารประกอบในกลุ่มฟีนอลและกลุ่มฟลาโวนอยด์สูง โดยเฉพาะแอนโธไซยานินซึ่งพบมากในเปลือกกาแฟเชอรี่สีแดง และเปลือกกาแฟเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ (Liu et al., 2016) จากการที่เปลือกกาแฟเชอรี่สามารถเกิดการย่อยสลาย แล้วได้กรดอินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แสดงว่าสามารถนำเปลือกกาแฟเชอรี่มาเพิ่มมูลค่าโดยนำมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักให้เป็นไวน์ หรือน้ำส้มสายชูหมักได้ ซึ่งช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับเปลือกกาแฟเชอรี่ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการเติมน้ำส้มสายชูหมัก มีประโยชน์ช่วยในระบบย่อยอาหาร โดยเฉพาะกรดคลอโรจีนิก ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ช่วยลดการดูดไขมันในร่างกาย โดยเฉพาะ

บริเวณลำไส้ และตับ และยังมีสารแอนติออกซิเดนต์ ช่วยลดการอักเสบของเซลล์ได้อีกด้วย (Hillkoff, 2564)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในรูปของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้จากเปลือกกาแฟเชอร์รี่พันธุ์ราบีก้า และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเปลือกกาแฟ โดยใช้เปลือกกาแฟสด และแห้ง ด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% และน้ำร้อน เพื่อให้ได้แนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกกาแฟเชอร์รี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ เช่น ผลิตภัณฑ์สุขภาพเพื่อจำหน่ายเชิงพาณิชย์ต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การเตรียมเปลือกกาแฟเชอร์รี่ และการเก็บรักษา

เปลือกกาแฟเชอร์รี่ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นพันธุ์ราบีก้า ที่ได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีทั้งเปลือกสด และเปลือกแห้ง โดยเปลือกสด จะนำไปเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 0°C. ส่วนเปลือกแห้ง จะนำเปลือกกาแฟสดที่ได้ มาอบที่อุณหภูมิ 40°C อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 1

### 2. การวิเคราะห์ความชื้นในเปลือกกาแฟ

ชั่งน้ำหนัก (W1) ชามกระเบื้องที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105°C. 2 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างเปลือกกาแฟ อย่างน้อย 2 ก. (W2) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C. 2 ชั่วโมง และทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W3) จากนั้นนำมาคำนวณหาความชื้น (AOAC, 1990)

$$\% \text{ความชื้น} = (W3 - W1) \times 100 / W2$$



รูปที่ 1 การเก็บรักษาเปลือกกาแฟเชอร์รี่



### 3. การสกัดเปลือกกาแฟ

ชั่งน้ำหนักเปลือกกาแฟเชอริสต์ 320 ก. (ความชื้น 75%) หรือเปลือกกาแฟเชอริ์แห้ง 80 ก. นำไปแช่ในเอทานอล 95% หรือ น้ำร้อนที่ต้มเดือดที่ 100°ซ แล้ว 5 นาที ปริมาตร 800 มล. แช่ทิ้งไว้อย่างน้อย 7 วัน แล้วนำมากรองแยกเปลือกออก นำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน เพื่อแยกตัวทำละลายออก บันทึกปริมาตรของสารละลายสกัดที่ได้ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°ซ

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-ciocalteu colorimetric ดัดแปลงจากวิธีการของ (Pekal & Pyrzynska, 2004)

เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (NaCO<sub>3</sub>) 2% (w/v) โดยชั่งน้ำหนัก NaCO<sub>3</sub> 2 ก. ละลายในน้ำ 100 มล. เตรียมสารละลายกรดแกลลิก ที่มีความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มก./มล. เตรียมสารละลายทดสอบ โดยใช้สารละลาย NaCO<sub>3</sub> 2% 2 มล. เติมสารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน 0.1 มล. เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu reagent 0.1 มล. ทิ้งไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร สีของสารวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 2. แล้วนำไปสร้างเส้นกราฟมาตรฐานจากการตรวจวัดกรดแกลลิก จากนั้นนำสมการเส้นตรงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรูปของกรดแกลลิกของสารสกัดเปลือกกาแฟเชอริ์ และรายงานในหน่วย มก.กรดแกลลิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ

$$\text{มก. GAE/ก. ตัวอย่าง} = \frac{\text{ความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน} \times \text{ปริมาตรที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักเปลือกกาแฟ}}$$

$$\% \text{yield} = \frac{\text{ความเข้มข้นที่ได้จากกราฟมาตรฐาน} \times \text{ปริมาตรที่สกัดได้} \times 100}{\text{น้ำหนักเปลือกกาแฟ} \times 1000}$$

### 5. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH radical scavenging assay)

ดัดแปลงจากวิธีการของ (Thomas et al., 2012)

เตรียมสารละลาย 2, 2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 0.1 มิลลิโมล โดยชั่งน้ำหนัก 0.004 ก. ละลายในเอทานอล 95% 100 มล. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ที่ความเข้มข้น 25, 50, 100, 125, 200 และ 250 มก.ก.ต่อ มล. โดยชั่งกรด

แอสคอร์บิก 0.05 ก. ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. แล้วนำไปเจือจางตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้  
 ปีเปตสารละลาย DPPH 2.9 มล. เติมสารละลายมาตรฐาน หรือสารละลายตัวอย่าง 0.1 มล.  
 เขย่า และทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515  
 นาโนเมตร สีของสารวิเคราะห์แสดงได้ดังรูปที่ 2 แล้วนำไปสร้างเส้นกราฟมาตรฐานจากการ  
 ตรวจวัดกรดแอสคอร์บิก จากนั้นนำสมการเส้นตรงที่ได้ไปคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ  
 และความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของกรดแอสคอร์บิกของสารสกัดเปลือกกาแพ  
 เซอร์ และรายงานในหน่วย มค.ก.กรดแอสคอร์บิกต่อ ก.เปลือกกาแพ

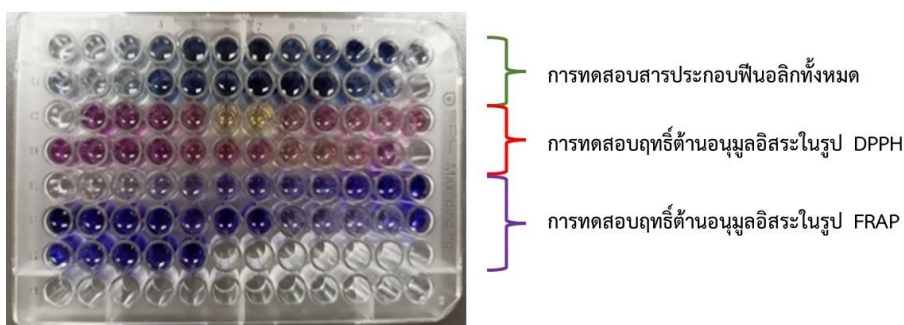
$$\text{มค.ก.AC/B/ก. ตัวอย่าง} = \frac{\text{ความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน} \times \text{ปริมาตรที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักเปลือกกาแพ}}$$

**6. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay)** ดัดแปลงจากวิธีการของ  
 (Yang et al., 2010)

เตรียมสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ ที่พีเอช 3 ปริมาตร 1,000 มล. โดยชั่งโซเดียม  
 อะซิเตต 24.6 ก. ละลายในน้ำ 300 มล. ปรับพีเอชด้วยกรดแอสติก ให้ได้พีเอชประมาณ 3.0  
 และเจือจางให้ได้ปริมาตร 1,000 มล. เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยมีส่วนประกอบ  
 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ชั่งเฟอร์ริคคลอไรด์ 0.054 ก. ละลายในน้ำ 10 มล. ส่วนที่ 2 ชั่ง TPTZ  
 (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine) 0.031 ก. ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 40 มิลลิโมลาร์  
 หรือ 0.04 โมลาร์ 10 มล. (ปีเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.7 มล. ละลายในน้ำกลั่น 400  
 มล. และปรับปริมาตรให้เป็น 500 มล.) ส่วนที่ 3 สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ ที่พีเอช 3  
 100 มล. เตรียมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัส ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล โดยชั่งเฟอร์รัสคลอไรด์  
 แอนไฮดรัส 0.02535 ก. ละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 40 มิลลิโมล แล้วปรับปริมาตร  
 ให้เป็น 10 มล. เตรียมสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัส ที่ความเข้มข้น 100, 200, 400, 600, 800  
 และ 1,000 ไมโครโมล โดยเจือจางจากสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัส 20 มิลลิโมลด้วยสาร  
 ละลายกรดไฮโดรคลอริก 40 มิลลิโมล เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ที่ความ  
 เข้มข้น 25, 50, 100, 125, 200 และ 250 มค.ก.ต่อ มล. ปีเปตสารละลาย FRAP 0.95 มล.  
 เติมสารละลายมาตรฐาน หรือสารละลายตัวอย่าง 0.05 มล. เขย่า และทิ้งไว้ในที่มืด 10 นาที  
 แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร สีของสารวิเคราะห์แสดงได้  
 ดังรูปที่ 2 แล้วนำไปสร้างเส้นกราฟมาตรฐานจากการตรวจวัดสารมาตรฐานเฟอร์รัส จากนั้น

นำสมการเส้นตรงที่ได้ไปคำนวณหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของเฟอร์รัสซัลเฟต และนำค่าการดูดกลืนแสงของกรดแอสคอร์บิกที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน แล้วนำไปหาความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของ มค.ก.กรดแอสคอร์บิก ต่อ ก.เปลือกกาแฟ และ มค.ก.สมมูลเฟอร์รัสซัลเฟตต่อ ก.เปลือกกาแฟ

$$\text{มค.ก. FeSO}_4/\text{ก. เปลือกกาแฟ} = \frac{\text{ความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน} \times \text{ปริมาตรที่สกัดได้}}{\text{น้ำหนักเปลือกกาแฟ}}$$



รูปที่ 2 สีของสารวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และ FRAP

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. ปริมาณความชื้นในเปลือกกาแฟเชอรี และการเก็บรักษา

เปลือกกาแฟเชอรีที่ได้มีความชื้นอยู่ประมาณ 86.48% ซึ่งในการเก็บรักษา เพื่อให้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไซเดอร์นั้น จำเป็นต้องผ่านการอบ เพื่อลดปริมาณในการจัดเก็บ และยืดอายุของวัตถุดิบ เนื่องจากในองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกาแฟเชอรีมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน แอมโทไซยานิน แทนนิน โพลีฟีนอลและคาเฟอีน เป็นต้น (ไพโรจน์ วิริยจारी, 2550) ซึ่งหากเก็บรักษาไม่ดี จะทำให้เกิดการหมัก และย่อยสลายได้กรดอินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และรสชาติที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเพื่อการเก็บรักษาวัตถุดิบไว้ จึงได้มีการนำมาล้าง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-60°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า เปลือกกาแฟเชอรีแห้ง มีความชื้นเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 8.69 ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดการหมักได้อีกต่อไป

ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้ โดยที่ไม่ต้องเก็บในห้องเย็น เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานได้ ปริมาณความชื้นแสดงได้ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ความชื้นของเปลือกกาแฟเชอร์รี่สด และแห้งในการเก็บรักษา

ตัวอย่าง	หน่วย	ปริมาณความชื้น
เปลือกกาแฟเชอร์รี่สด	ร้อยละ	86.48±0.97
เปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้ง	ร้อยละ	8.69±0.09

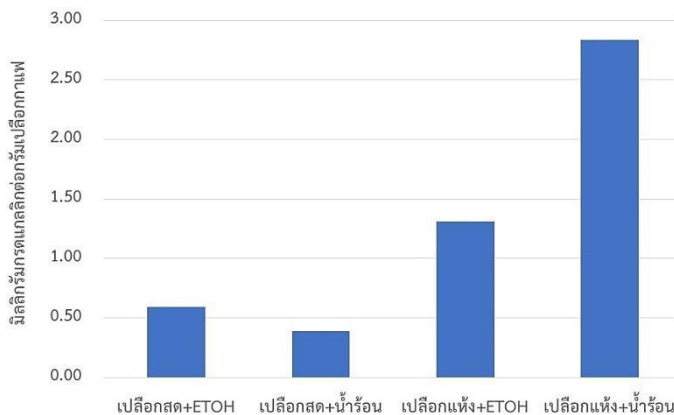
## 2. การสกัดสารสำคัญจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่

การสกัดเพื่อนำสารสำคัญออกจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่สามารถทำได้โดยใช้น้ำร้อนหรือเอทานอลเข้มข้นในการสกัด ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบการสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ น้ำร้อน และเอทานอล 95% ในการสกัดสารสำคัญออกจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่พันธุ์อราบิก้าแบบสด และแบบแห้ง ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งเปลือกกาแฟต่อตัวทำละลายที่อัตราส่วน 1:10 โดยผลการสกัดแสดงได้ดังรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่า การสกัดสารสำคัญจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้ง ด้วยตัวทำละลายทั้งสองชนิด จะได้สารสำคัญมากกว่าการสกัดจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่สด ซึ่งพบว่าการสกัดด้วยเอทานอล และน้ำร้อนจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่แตกต่างกัน ประมาณ 1.31 และ 2.83 มก.กรดแกลลิก ต่อ ก.เปลือกกาแฟ ตามลำดับ ส่วนการสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่สด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งพบว่าการสกัดด้วยเอทานอล และน้ำร้อน ได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดประมาณ 0.59 และ 0.39 มก.กรดแกลลิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ ตามลำดับ

สรุปได้ว่า การสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งด้วยน้ำร้อนจะได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด แสดงว่าสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าละลายในเอทานอล รองลงมาคือการสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งด้วยเอทานอล การสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่สดด้วยเอทานอล และการสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่สดด้วยน้ำร้อน ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่สดมีปริมาณน้ำอยู่จำนวนมาก ทำให้การเกิดการหมักในระหว่างการเก็บรักษา สารประกอบฟีนอลิกบางส่วนถึงสูญหายไป สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดประกอบไปด้วยกรดคลอโรจีนิค และเอพิคาเทชิน อยู่สูงถึงร้อยละ 42.2 และ 21.6 ตามลำดับ โดยเอพิคาเทชิน มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยลดความเสี่ยง

ในการเกิดมะเร็ง (Nguyen et al., 2019) โรคหัวใจหรือหลอดเลือด (Hirano et al., 2001) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Kao et al., 2006) และช่วยลดไขมัน ควบคุมความอ้วน (Rains et al., 2011)

จากการสกัดเปลือกกาแฟเขียวแห้งด้วยเอทานอล 95% ในอัตราส่วนที่น้ำหนักเปลือกกาแฟเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มมากขึ้น ดังงานวิจัยของพัทธชัย ปิ่นนาค และคณะ (2563) พบว่าการสกัดเปลือกกาแฟเขียวด้วยเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 30 ก. ใน 200 มล. หรือ 15% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จะทำให้ได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น  $9.23 \pm 0.22$  มก.กรดแกลลิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ



รูปที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากการสกัดเปลือกกาแฟทั้ง 4 วิธี

### 3. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเปลือกกาแฟเขียว

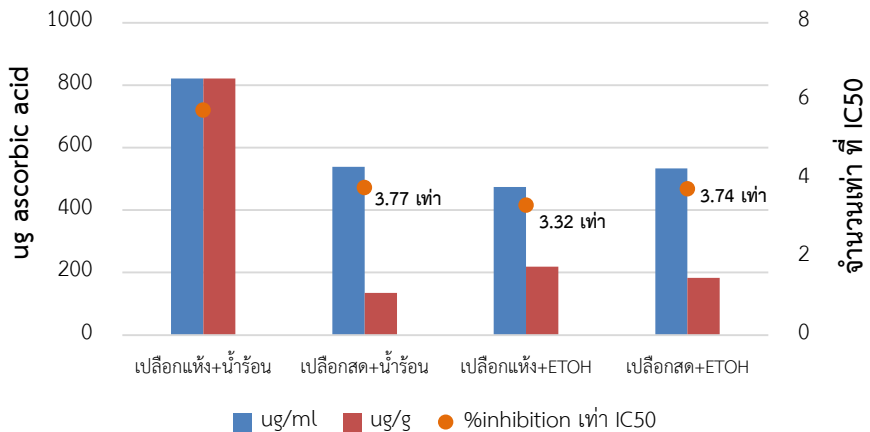
อนุมูลอิสระ เป็นสารที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ เช่น กระบวนการสร้างพลังงาน (ATP) และการเจริญเติบโตของเซลล์ รวมทั้งการได้รับสารพิษจากสิ่งแวดล้อม เช่น สารเคมี รังสีแสงอาทิตย์ หรือยาบางชนิด เป็นต้น ส่วนใหญ่ สารอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร มีความไวสูง มีหลายองค์ประกอบ เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ ( $O_2^-$ ) จะทำให้เกิดการขาดออกซิเจน ไฮดรอกซิล ( $OH^-$ ) มีฤทธิ์ทำลาย DNA และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) มีฤทธิ์ที่แรงที่สุด เพราะสามารถแตกตัวได้ทั้งซูเปอร์ออกไซด์ และไฮดรอกซิล ซึ่งเรียกรวมกันว่าเป็นสารกลุ่ม ROS (Reactive oxygen species) หมายถึงสารที่มีองค์ประกอบของออกซิเจน ซึ่งเมื่อถูกกระตุ้นแล้วจะเกิดอนุมูลอิสระขึ้น (สิตา ทิศาดลติก และ เอี่ยมพร รัตนสิงห์, 2562)

สารอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลต่างๆ ภายในร่างกายได้ทำให้โครงสร้างของเซลล์ หรือการทำงานของเซลล์ และเนื้อเยื่อถูกทำลาย หรือเปลี่ยนไป โดยเฉพาะ DNA ทำให้เกิดความเสื่อมของร่างกายเร็วขึ้น และก่อให้เกิดโรคร้ายแรงได้ ได้แก่ หลอดเลือดตีบ หัวใจวาย เบาหวาน หรือมะเร็ง เป็นต้น หากในร่างกายมีสารอนุมูลอิสระมากเกินไป ร่างกายจะอยู่ในสภาวะเครียด หรือเกิดการออกซิเดชันขึ้น (Oxidative stress) ซึ่งทำให้เกิดการทำลายไขมัน โปรตีน และสารพันธุกรรมภายในร่างกายได้ (อชิตา จารุโชติกรมล และคณะ, 2562)

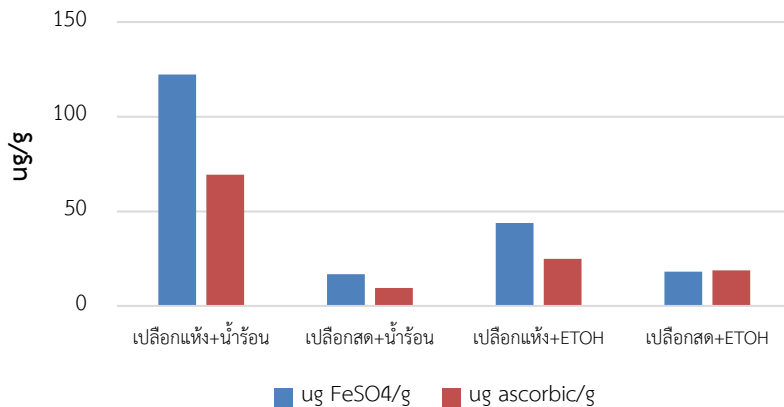
สารต้านอนุมูลอิสระมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ เอนไซม์ วิตามิน (A, C, E, K) และสารที่ไม่ใช่วิตามิน (phytochemical) ซึ่งเป็นสารที่ได้มาจากพวกพืชที่มีสีต่างๆ โดยเฉพาะสารฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้มาจากพืช จะมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ กรดแกลลิก แครโทีนอยด์ แทนนิน และแอนโทไซยานิน เป็นต้น (Rosillo et.al., 2016)

จากการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเปลือกกาแฟเชอร์รี่ พบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในช่วง 0.39-2.83 มก.กรดแกลลิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ ซึ่งสามารถแสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ทั้งในรูปของ DPPH และ FRAP ได้ตั้งรูปที่ 4 และ 5 ซึ่งพบว่า เมื่อนำสารสกัดมาทดสอบความเป็นฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH แล้วพบว่า สารสกัดที่ได้ทั้ง 4 วิธี มีฤทธิ์ในการต้านสารอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH ได้ดี โดยสามารถต้านทานได้มากกว่าทั้ง  $IC_{50}$  และ  $IC_{100}$  เมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ที่ 143 และ 285 มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ มล. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้  $9.23 \pm 0.22$  มก.กรดแกลลิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่ด้วยวิธี DPPH radical scavenging ที่  $IC_{50}$  เป็น  $0.17 \pm 0.03$  มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ มล. (พัทธชัย ปิ่นนาค และคณะ, 2563) จะเห็นได้ว่า ถึงแม้สารสกัดจะมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นมาก แต่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH ที่  $IC_{50}$  มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะมีมากขึ้น เมื่อสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากยังมีปริมาณคาเทชินทั้งหมดในรูปของเอพิแกลโลคาเทชิน แกลเลต (epigallocatechin gallate) ด้วย ซึ่งเป็นสารในกลุ่มเดียวกันกับสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสารสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห่งนี้มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดเป็น  $21.13 \pm 6.3$  มก.สมมูลของเอพิแกลโลคาเทชินแกลเลตต่อ ก.เปลือกกาแฟ ซึ่งมีผลให้

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่ามากขึ้น และมีฟลาโวนอยด์ที่  $0.11 \pm 0.04$  มก.สมมูลของเคอร์เซติน ต่อ ก.เปลือกกาแฟ และจากการศึกษาพบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวไม่ได้เป็นผลมาจาก สารประกอบฟลาโวนอยด์มากนัก (พัทธชัย ปิ่นนาค และคณะ, 2563)



รูปที่ 4 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ%ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ



รูปที่ 5 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

จากรูปที่ 4 พบว่า สารสกัดที่ได้จากการสกัดเปลือกกาแฟเซอรีแห้งด้วยน้ำร้อน จะมีสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH เทียบเท่ากับกรดแอสคอร์บิกสูงที่สุดที่ 821 มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ มล. ลำดับถัดมาคือ สารสกัดเปลือกกาแฟเซอรีสดด้วยน้ำร้อนที่ 538 มก.ก.

แอสคอร์บิกต่อ มล. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสารสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่สดด้วยเอทานอลที่ 534 มค.ก.ต่อ มล. และ สารสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งด้วยเอทานอลที่ 474 มค.ก.ต่อ มล. ซึ่งมีค่าต่ำสุด อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดทั้ง 4 วิธี มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่า 50% และ 100% เมื่อเทียบกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกรดแอสคอร์บิกที่  $IC_{50}$  และ  $IC_{100}$  และจากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าการสกัดเปลือกแห้งด้วยน้ำร้อน จะได้สารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ต้านทานมากกว่า  $IC_{50}$  ที่ 5.75 เท่า ซึ่งมีค่ามากที่สุด และการสกัดเปลือกสดด้วยน้ำร้อน และการสกัดเปลือกสดด้วยเอทานอล 95% มีสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ต้านทานมากกว่า  $IC_{50}$  ใกล้เคียงกัน มีค่าเป็น 3.77 เท่า และ 3.74 เท่า ตามลำดับ ส่วนการสกัดเปลือกแห้งด้วยเอทานอล 95% มีสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ต้านทานมากกว่า  $IC_{50}$  ที่ 3.32 เท่า

เมื่อเทียบกับปริมาณเปลือกกาแฟที่ใช้สกัดแล้วพบว่า ในเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งที่สกัดด้วยน้ำร้อน และเอทานอล มีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH มากที่สุดที่ 821 และ 219 มค.ก.กรดแอสคอร์บิกต่อ ก.เปลือกกาแฟเชอร์รี่ ตามลำดับ ส่วนเปลือกกาแฟเชอร์รี่สดที่สกัดด้วยเอทานอล และน้ำร้อนมีค่าต่ำกว่าในเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้ง ที่ 183 และ 135 มค.ก.กรดแอสคอร์บิกต่อ ก.เปลือกกาแฟเชอร์รี่ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจจะเป็นเนื่องจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่สดมีปริมาณน้ำอยู่มาก ทำให้เกิดการหมัก และออกซิไดซ์ จึงสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

จากรูปที่ 5 พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของ FRAP พบว่าการสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเปลือกกาแฟเชอร์รี่สด และการสกัดด้วยน้ำร้อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเอทานอล โดยสารสกัดจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งด้วยน้ำร้อนมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ เอทานอล ซึ่งมีค่าเป็น 122.25 และ 43.91 มค.ก.สมมูลเฟอร์รัสซัลเฟตต่อ ก.เปลือกกาแฟเชอร์รี่ ตามลำดับ หรือ 69.33 และ 24.90 มค.ก.กรดแอสคอร์บิกต่อ ก.เปลือกกาแฟเชอร์รี่ ตามลำดับ ส่วนการสกัดจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่สดด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำร้อน โดยมีค่าเป็น 18.08 และ 16.86 มค.ก.สมมูลเฟอร์รัสซัลเฟตต่อ ก.เปลือกกาแฟเชอร์รี่ ตามลำดับ หรือ 18.80 และ 9.56 มค.ก.กรดแอสคอร์บิกต่อ ก.เปลือกกาแฟเชอร์รี่ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการสกัดด้วยน้ำร้อนมีอุณหภูมิประมาณ 80-90°C ซึ่งที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อการทำลายฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสำคัญที่มีอยู่ในเปลือกกาแฟเชอร์รี่



ซึ่งกลไกในการรีดิวซ์เฟอร์รัส เกิดขึ้นที่อนุมูลมีต่ำได้ดีกว่าอนุมูลสูง เนื่องจากเฟอร์รัสถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย เมื่อเจอออกซิเจน หรืออนุมูลสูง (Hamama & Nawar, 1991)

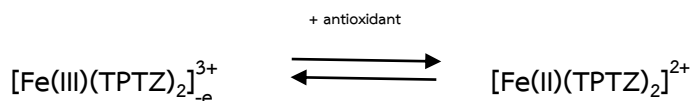
เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH และ FRAP ของสารสกัดทั้ง 4 วิธี ในรูปของกรดแอสคอร์บิก พบว่า สารสำคัญในเปลือกกาแฟเชอรีมีฤทธิ์ต้านทานอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH มากกว่า FRAP แสดงว่าสารสำคัญจากเปลือกกาแฟเชอรี หรือสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มีกลไกออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระได้ดี โดยมีกลไกออกฤทธิ์แบบแลกเปลี่ยนไฮโดรเจน (hydrogen) ได้ดีกว่าที่จะออกฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน หรือให้อิเลคตรอน (สมหมาย ปัตตาลี, 2551) ทั้งนี้เนื่องจากสารสำคัญที่มีกลไกต้านการออกซิเดชันถูกทำลายไปเนื่องจากอนุมูลจากการสกัดที่อนุมูลสูง (Hamama & Nawar, 1991)

กลไกการต้านทานอนุมูลอิสระของทั้งสองวิธีนี้มีความแตกต่างกัน ดังนี้

DPPH assay เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งใช้ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เป็นตัวแทนอนุมูลอิสระ (stable radical) ที่มีสีม่วง ซึ่งสารอนุมูลอิสระนี้ (DPPH●) สามารถรับไฮโดรเจนจากสารต้านอนุมูลอิสระได้ (สารสำคัญจากเปลือกกาแฟเชอรี) แล้วได้สาร DPPH-H ซึ่งจะทำให้สีม่วงจางลง ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Thomas et al., 2012) โดยแสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระได้คิดเป็นร้อยละ 50 (IC<sub>50</sub>) ดังสมการ



FRAP assay เป็นวิธีการทดสอบฤทธิ์ของสารต้านออกซิเดชันหรือสามารถรีดิวซ์ Fe(III) ให้เป็น Fe(II) ได้ โดยให้อิเลคตรอนแก่ Fe<sup>3+</sup> ไปเป็น Fe<sup>2+</sup> โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนของ Fe(III) เป็นสารทดสอบ Fe(III) จะถูกรีดิวซ์โดยสารต้านออกซิเดชัน (สารสำคัญจากเปลือกกาแฟเชอรี) ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ Fe(II) ซึ่งมีสีน้ำเงิน (Yang et al., 2011) ดังสมการ



สารสกัดจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ ในรูปของสารประกอบฟีนอลิก มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง จัดว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในรูปของ (Oxygen radical antioxidant capacity, ORAC) มากกว่าวิตามินอีถึง 15,000 เท่า (ชุตินณพันธ์ พลอยประดับ และคณะ, 2553)

ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าเปลือกกาแฟเชอร์รี่ มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ผงชาสกัดพร้อมดื่ม ไวน์จากเปลือกกาแฟ หรือน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่ เป็นต้น โดยเฉพาะการหมักไวน์ เนื่องจากสามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH และ FRAP ได้ในระหว่างการหมักแอลกอฮอล์ ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะถูกสกัดออกมาจากเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งได้ เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่จำเป็นต้องเสียพลังงานในการใช้น้ำร้อนเพื่อสกัด เนื่องจากในการขยายกำลังการผลิต การให้ความร้อนจะเป็นการสูญเสียพลังงานอย่างมากในกระบวนการผลิต

## สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า การสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่ที่อัตราส่วนน้ำหนักเปลือกกาแฟแห้งต่อตัวทำละลาย ที่อัตราส่วน 1:10 การสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งด้วยน้ำร้อนจะได้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ เปลือกแห้งด้วยเอทานอล เปลือกสดด้วยเอทานอล และเปลือกสดด้วยน้ำร้อน โดยมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในช่วง 0.39-2.83 มก.กรดแกลลิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสำคัญในเปลือกกาแฟเชอร์รี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากกว่า FRAP คือ สารต้านอนุมูลอิสระมีกลไกออกฤทธิ์แบบแลกเปลี่ยนไฮโดรเจน ได้ดีกว่าที่จะออกฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชันหรือให้อิเล็กตรอน โดยมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกด้วยวิธี DPPH ที่  $IC_{50}$  อยู่ที่ 143 มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ มล. ซึ่งสารสกัดจากเปลือกแห้งด้วยน้ำร้อนมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเป็น 5.75 เท่า เมื่อเทียบกับค่า  $IC_{50}$  ของกรดแอสคอร์บิก ซึ่งมีค่าสูงสุดที่ 821 มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ มล. หรือ 821 มก.ต่อ ก.เปลือกกาแฟ ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนมีค่ามากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล และการสกัดเปลือกกาแฟเชอร์รี่แห้งมีค่ามากกว่าเปลือกกาแฟเชอร์รี่สด โดยสารสกัดเปลือกแห้งด้วยน้ำร้อนมีค่ามากที่สุดที่ 69.33 มก.กรดแอสคอร์บิกต่อ ก.เปลือกกาแฟ หรือ 122.25

มค.ก.สมมูลเฟอริสซัลเฟตต่อ ก.เปลือกกาแฟ ดังนั้นเปลือกกาแฟเซอร์รี่พันธุ์อาราบิก้าสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ ได้แก่ ผงชาสกัดพร้อมดื่ม ไวน์จากเปลือกกาแฟ หรือน้ำส้มสายชูหมักจากเปลือกกาแฟเซอร์รี่ เป็นต้น

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

### เอกสารอ้างอิง

- ชุตินฉนฑน พลอยประดับ, พุทธร เจียมศุภกิตต์ และ นิรมล ปัญญบุศยกุล. (2553). ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของส่วนต่างๆ ของผลกาแฟอาราบิก้า และเปลือกกาแฟ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 41(3/1), 577-580.
- พัทธชัย ปิ่นนาค, ธัญญนรี จิณะไชย, สุพิชญา เกษร และ อาลิตา มาคุณ. (2563). ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเปลือกกาแฟเซอร์รี่และดอกกาแฟในระบบวนเกษตรของจังหวัดอุดรดิตรดิถ์. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 1, 61 – 70.
- ไพโรจน์ วิริยจारी. (2550). *การพัฒนากาแฟพันธุ์อาราบิก้าจากผลพลอยได้ของกระบวนการแปรรูปกาแฟระยะที่ 1: การผลิตเมล็ดกาแฟดิบด้วยเทคโนโลยีทางเอนไซม์*. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมหมาย ปัตตาลี. (2551). *การศึกษาคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลมะหลอด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร).
- สิตา ทิศาดลดิถล และ เอื้อมพร รัตนสิงห์. (2562). ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากมะตาด. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 14(3), 104-116.
- สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. (2562). *กาแฟ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2564, จาก <http://www.agriiman.doae.go.th/home/news/2562/33-34.pdf>.

อชิตา จารุโชติกมล, ปวีตรา พูลบุตร, คະนิงนิตย คากากุล, วราภรณ์ ยุบลพาส, ภูริตนา นาสิงบุตร, กนกนุช จันทะคาม, อาภาภิขย์ บัวเขียว, เกสรภรณ์ งามญาติ และ จูติพร พลศรี. (2562). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำร้อนของยอดอ่อนผักข่า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 27(3), 473-484.

AOAC. (1990). *Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. No. 934.06, AOAC, Arlington.

Hamama, A. A., & Nawar, W. W. (1991). Thermal decomposition of some phenolic antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(6), 1063–1069.

Hillkoff. (2564). *COC #1 cider of coffee*. [Online]. Retrieved April 24, 2021, from <https://hillkoff.org/coc-1-cider-of-coffee>.

Hirano, R., Sasamoto, W., Matsumoto, A., Itakura, H., Igarashi, O., & Kondo, K. (2001). Antioxidant ability of various flavonoids against DPPH radicals and LDL oxidation. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 47(5), 357-362.

Kao, Y. H., Chang, H. H., Lee, M. J., & Chen, C. L. (2006). Tea, obesity, and diabetes. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50(2), 188-210.

Liu, J., Gen, J., Yu, Y., Zhu, S., Yin, L., & Cheng, Y. (2016). Effect of laboratory-scale decoction on the antioxidative activity of Zhenjiang Aromatic Vinegar: Th contribution of melanoidins. *Journal of Functional Foods*, 21, 75-86.

Nguyen, T. M. T., Cho, E. J., Oh, T., Song, C. H., Funada, R., & Bae, H. J. (2019). Use of coffee flower as a novel resource for the production of bioactive compounds, melanoidins, and bio-sugars. *Food Chemistry*, DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125120.

Pekal, A., & Pyrzyńska, K. (2004). Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food analysis*, 7, 1776-1782.

- Rains, T. M., Agarwal, S., & Maki, K. C. (2011). Antiobesity effects of green tea catechins: a mechanistic review. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 22(1), 1-7.
- Rosillo, M., Alarcon, C., & Sanchez, M. (2016). An update on dietary phenolic compounds in the prevention and management of rheumatoid arthritis. *Chemical Science*, 7, 2943-2969.
- Thomas, J. B. (2012). A Comparative study of the Antioxidant activity (DPPH), Total flavonoid, Total Tannin, Total polyphenol levels in plant extracts of the *Annona muricata*, *Ribes nigrum* and *Manilkara zapota*. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 6(9), 490-494.
- Yang, J., Chen, J. F., Zhao, Y. Y., & Mao, L. C. (2010). Effects of drying processes on the antioxidant properties in sweet potatoes. *Agricultural Sciences in China*, 9(10), 1522–1529.



## การพัฒนากระบวนการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด

## DEVELOPING A POINT OF SALE (POS) SYSTEM FOR IN-STORE SALES

## CASE STUDY: POPIANG INDUSTRIES CO., LTD

พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม\*

Phansak Phungngam

สาขาวิชาบริหารธุรกิจ วิชาเอกการจัดการธุรกิจดิจิทัล คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Bachelor of Business Administration, Digital Business Management Major,

Faculty of Management Sciences, Thepsatri Rajabhat University

Received: 2 July 2023

Revised: 25 August 2023

Accepted: 30 August 2023

## บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน 2) ศึกษาประสิทธิภาพระบบการขายสินค้าหน้าร้าน 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้บริหาร และพนักงานของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบการขายสินค้าหน้าร้าน 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง สถิติในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลวิจัยพบว่า 1) ระบบการขายสินค้าหน้าร้าน สามารถจัดการสิทธิ์การเข้าใช้ระบบจัดการข้อมูลสินค้า จัดการการขายสินค้า และแสดงรายงานสรุปยอดขายได้ 2) ผลทดสอบประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ระบบสามารถจัดการสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบ จัดการข้อมูลสินค้า จัดการการขายสินค้า และแสดงรายงานสรุปยอดขายได้อย่างถูกต้อง และผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน อยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ผลการศึกษาความพึง

\* Corresponding author: พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม

E-mail: phansak\_com@hotmail.com

พอใจจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าระบบการขายสินค้าหน้าร้านมีความสามารถในการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด

**คำสำคัญ:** การขายสินค้า, การพัฒนาระบบ, ระบบการขายสินค้าหน้าร้าน

### Abstract

The objectives of this research were 1) to develop a front-end sales system for PoPiang Industries Co., Ltd., 2) to study the effectiveness of the front-end sales system of PoPiang Industries Co., Ltd., 3) to examine the users' satisfaction of the front-end sales system. The sample group consisted of executives and employees of PoPiang Industries Co., Ltd. The research tools used were as follows 1) front-end sales system, 2) evaluation form for expert assessment, 3) questionnaire to measure satisfaction of the sample group. Statistics used were mean and standard deviation.

The research findings were as follows:

1) The in-store product sales system could manage system access rights, product data, sales transactions, and provide sales summary reports. 2) The performance testing results of the system found that the system could effectively manage user access rights, handle product information, manage product sales, and accurately present sales summary reports. Satisfaction the evaluation results from 3 experts were at the highest level. 3) The results of the sample group revealed that the in-store product sales system could possess the highest level of usability.

**Keywords:** system development, product sales, front-end sales system.



## บทนำ

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในโลกอุตสาหกรรม 4.0 ที่มีผลต่อประเทศทั่วโลกในทุกด้านของความร่วมมือทางการค้า การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การเมือง เศรษฐกิจ และสังคม ประเทศต่างๆ ประเทศต้องปรับตัวในยุคอุตสาหกรรม 4.0 เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แม้จะมีการวิจัยและพัฒนามากมาย แต่ยังไม่สามารถนำมาปรับใช้ได้อย่างเต็มที่ และยังไม่สามารถนำไปสู่การสร้างสรรคผลผลิตที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูงได้ ทำให้เราเปลี่ยนวิธีคิดใหม่โดยการมองหาเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้กับการผลิตได้ โดยการตระหนักถึงความจำเป็นในการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการผลิต แม้ว่าอุตสาหกรรมไทยจะมีโอกาสแข่งขันในหลายอุตสาหกรรม แต่ต้องเลือกเวทีและสินค้าที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังควรใช้ระบบ IT เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตั้งแต่กระบวนการผลิต การบรรจุหีบห่อ การจัดการคลังสินค้า และการขนส่ง เพื่อลดต้นทุน ลดความสูญเสีย และเพิ่มความแข็งแกร่งในการแข่งขัน โดยการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนแรงงาน และใช้ศักยภาพของประเทศไทยให้เกิดผลสูงสุด (กองโลจิสติกส์, 2562)

การดำเนินการธุรกิจขายสินค้า ถือว่าเป็นช่องทางการขายที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ตามกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย จะทำให้กิจการประสบความสำเร็จในการขายและเจริญเติบโตได้อย่างยั่งยืน บางกิจการก็มีการเลือกช่องทางการขายหลายช่องทาง เช่น ขายผ่านหน้าร้าน, ขายผ่านตัวกลาง, ขายผ่านสื่อออนไลน์แต่บางกิจการก็อาจใช้ช่องทางการขายเพียงช่องทางเดียว ช่องทางการขายผ่านหน้าร้านเป็นช่องทางการขายแรกๆ และเป็นการขายแบบดั้งเดิมที่ยังเป็นที่นิยมของธุรกิจใหม่ๆ ที่เพิ่งเข้าสู่ตลาดและเป็นธุรกิจขนาดเล็กและขนาดย่อม โดยบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด ดำเนินการประกอบธุรกิจประเภท การผลิต โดยให้บริการด้านการผลิตน้ำดื่มบริสุทธิ์และน้ำแร่บรรจุขวด ก่อตั้ง ตั้งแต่ เมษายน พ.ศ. 2553 ให้บริการด้านการวางระบบผลิตน้ำดื่ม น้ำแร่ การผลิตเครื่องดื่ม เริ่มตั้งแต่ วิเคราะห์แหล่งน้ำ วางระบบกรองน้ำ ระบบจัดเรียงขวด ระบบบรรจุ ระบบแพ็คห่อโพลี ระบบการลำเลียงต่างๆ การออกแบบขวด ออกแบบบรรจุภัณฑ์ ออกแบบฉลากสินค้า ในแต่ละขนาดของบรรจุภัณฑ์ แต่ตั้งบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก ถึงบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ ตามที่ลูกค้าต้องการ โดยส่วนงานที่สำคัญที่ส่วนหนึ่งของธุรกิจคือ การขายสินค้าหน้าร้าน เนื่องจาก บริษัท พอเพียง อินดัสทรี มีสินค้าในมือตัวเอง และมีความต้องการของลูกค้าในการซื้อทั้งปลีกและส่ง การนำเข้าสินค้าหน้าร้าน

มีขั้นตอนการทำงาน ตั้งแต่การรับสินค้ามาเก็บไว้เพื่อขายในหน้าร้าน รอลูกค้าเข้ามาสั่งซื้อสินค้าจึงจำหน่ายออกไป โดยเป็นการบันทึกรายการขายสินค้าด้วยมือ ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ตั้งแต่กระบวนการสินค้าที่พร้อมขายหน้าร้านนั้นไม่ได้รับการตรวจสอบก่อนการขาย เนื่องจากไม่ทราบยอดในปัจจุบันว่ามีคงเหลือที่หน้าร้านเท่าไร เพียงพอต่อการขายหรือไม่ ซึ่งเป็นผลกระทบต่อเนื่องจากที่ไม่มีการเก็บข้อมูลการขายที่ผ่านมา ไม่สามารถคาดการณ์สินค้าหน้าร้านได้ ส่วนการขายหน้าร้านมีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน การบันทึกการขายผ่านหลายกระบวนการ ทั้งจด จำ กว่าจะถึงการบันทึกครั้งสุดท้ายในแต่ละวันจะอาจจะส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดได้ การสรุปรายการไม่ตรงกันในแต่ละวัน พร้อมกับการที่ไม่มีข้อมูลลูกค้าที่เข้ามาซื้อสินค้า ซึ่งจะส่งผลต่อไปยังการตลาดที่จะส่งเสริมการขายในสินค้าของบริษัทได้

จากปัญหาที่กล่าวมาผู้ดำเนินการวิจัยเห็นว่าควรมีการปรับปรุงการทำงานของ การขายสินค้าหน้าร้านและส่วนที่เกี่ยวข้องของ บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด โดยการใช้ระบบขายสินค้าหน้าร้าน เพื่อเพิ่มความรวดเร็ว ลดความผิดพลาด มีความถูกต้องแม่นยำในการจัดการการขายสินค้าหน้าร้าน แก้ไขปัญหาสินค้าไม่พอขาย และการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลสินค้าคงเหลือได้ตลอดเวลา บันทึกข้อมูลการขายสินค้าได้อย่างถูกต้อง สามารถสรุปยอดการขายสินค้าได้ตลอดเวลา มีฐานข้อมูลลูกค้า เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมการขาย และสามารถตรวจสอบได้ และเกิดประโยชน์ต่อการขายสินค้าหน้าร้านให้มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติได้ดียิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้านของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด
- 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพระบบการขายสินค้าหน้าร้านของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการขายสินค้าหน้าร้านของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. ศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานระบบ

ผู้พัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด นี้จะต้องทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบงานในปัจจุบัน และนำมาวิเคราะห์แนวทางในการแก้ไข ปรับปรุงระบบงานเดิม ให้สามารถบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีวิธีการดังนี้

#### 1.1 ลักษณะในการทำงานของระบบปัจจุบัน

ในการดำเนินการขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด ดำเนินการขายสินค้า เป็นการทำงานแบบ Manual ตั้งแต่กระบวนการรับรายการที่สินค้าที่ลูกค้าต้องการซื้อ โดยเมื่อรับรายการสินค้าแล้วต้องกลับไปเช็คสินค้าหน้าร้านก่อนว่ามีสินค้าหรือไม่ หากไม่มีหรือมีไม่พอก็ต้องมีการให้นำเอาสินค้าที่อยู่ในโรงงานมาไว้ตรงจุดขาย เมื่อมีสินค้าตามที่ลูกค้าสั่งพนักงานค่อยจึงแจ้งพนักงานบันทึกขาย พร้อมกับรับเงินจากลูกค้าเพื่อทอนเงิน พนักงานบันทึกการขายก็บันทึกการขายลงในกระดานตารางบันทึกการขาย ในแต่ละรายการ ตามรูปที่ 1

ชื่อลูกค้า	เวลา	ชื่อรายการ	PET	PR00	1500	1100	800	500	350	CUP	pile	8	26	30	110	80	30	20	30	55	65	70	รวมเงิน	เงินคงเหลือ
ก	8.11	ข้าว	✓	✓																			200	350
	8.12	ข้าว	✓	✓																				350
	8.13	ข้าว	✓	✓																				16
	8.14	ข้าว	✓	✓																				40
	8.15	ข้าว	✓	✓																				16
	8.16	ข้าว	✓	✓																				40
	8.17	ข้าว	✓	✓																				16
	8.18	ข้าว	✓	✓																				40
	8.19	ข้าว	✓	✓																				16
	8.20	ข้าว	✓	✓																				40
	8.21	ข้าว	✓	✓																				16
	8.22	ข้าว	✓	✓																				40
	8.23	ข้าว	✓	✓																				16
	8.24	ข้าว	✓	✓																				40
	8.25	ข้าว	✓	✓																				16
	8.26	ข้าว	✓	✓																				40
	8.27	ข้าว	✓	✓																				16
	8.28	ข้าว	✓	✓																				40
	8.29	ข้าว	✓	✓																				16
	8.30	ข้าว	✓	✓																				40
รวม			46	41	6	10	2	3	2	46	41	6	10	2	3	2	46	41	6	10	2	3	2	180

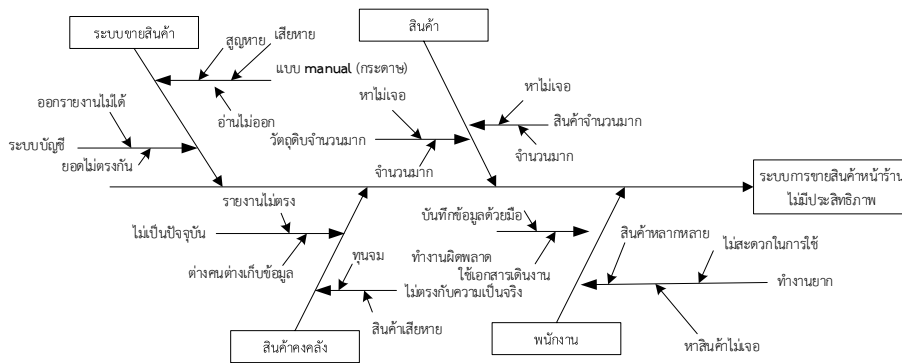
รูปที่ 1 การบันทึกการขายสินค้าปัจจุบัน

#### 1.2 ปัญหาที่พบในระบบงานปัจจุบัน

การดำเนินการดังกล่าวส่งผลให้พนักงานและผู้ที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้พนักงานเกิดการเรียนรู้อย่างเดียวดาย หรือใช้การจำ แล้วค่อยไปบันทึก ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย

หรือเป็นการจัดการที่เอาง่ายไว้ก่อน ก็จะส่งผลให้การจัดการไม่มีประสิทธิภาพ สินค้า วัสดุดิบ ขึ้นไหน อยู่ส่วนใด หาไม่เจอเสียเวลา ยุ่งยากมากขึ้นไปอีก พร้อมกับความยุ่งยากใช้การใช้ Excel ที่มีอยู่นั้นมีขั้นตอน และการดำเนินการที่ยุ่งยาก ต้องใช้เวลาเรียนรู้มาก และผิดพลาดได้ง่าย

ผู้วิจัยจึงได้สรุปปัญหาออกมาในรูปของแผนภูมิก้างปลา (fishbone diagram) นี้

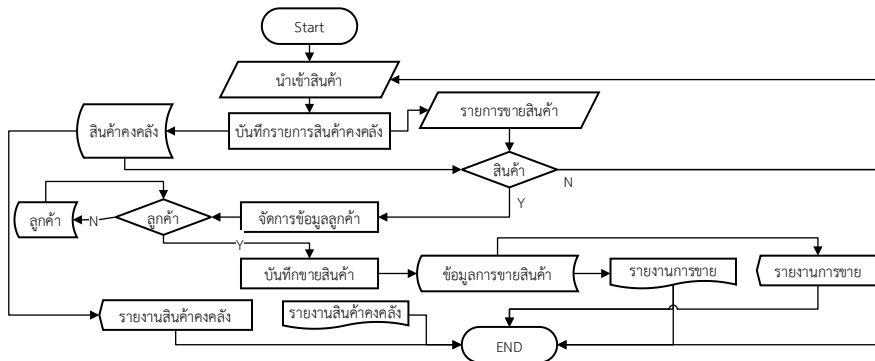


รูปที่ 2 แผนภูมิก้างปลา (fishbone diagram)

2. ออกแบบระบบใหม่

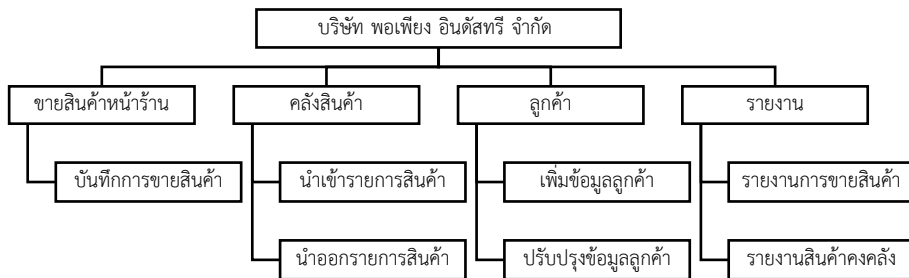
2.1 ศึกษาและออกแบบขั้นตอนการทำงานระบบงานใหม่ โดยแสดงในรูปแบบ

Flow Chart



รูปที่ 3 flow chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบใหม่

2.2 ออกแบบการทำงานระบบการขายสินค้าหน้าร้าน ของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด โดยออกแบบการทำงานตามขั้นตอนการทำงานปัจจุบันของการดำเนินการขายสินค้าหน้าร้าน ในบริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงาน โดยสามารถ ทำเป็นโครงสร้างของระบบได้ดังนี้



รูปที่ 4 โครงสร้างของระบบการจัดการคลังสินค้า ของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจประเมินประสิทธิภาพของระบบการขายสินค้าหน้าร้านของบริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด แบ่งออกเป็น 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 2 คน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบขายสินค้าหน้าร้าน จำนวน 1 คน

กลุ่มที่ 2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับบริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด แบ่งออกเป็น ผู้บริหาร จำนวน 2 คน พนักงาน ที่ทำงานในสำนักงาน และในส่วนของกรขายสินค้าหน้าร้าน จำนวน 4 คน รวมทั้งสิ้น 6 คน

### เครื่องมือในการดำเนินการวิจัย

1. ระบบขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด โดยใช้โปรแกรม Treesoft
2. แบบประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย ประเภทของบุคลากร ตำแหน่งงาน มีลักษณะเลือกตอบ (checklist)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้งานของระบบขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ระบบขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด เป็นคำถามปลายเปิด (open-ended questions)

3. แบบสอบถามความพึงพอใจระบบขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย ประเภทของบุคลากร ตำแหน่งงาน มีลักษณะเลือกตอบ (checklist)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับขั้นตอนการใช้งานของระบบขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ระบบขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด เป็นคำถามปลายเปิด (open-ended questions)

### **การสร้างและการพัฒนาเครื่องมือ**

เครื่องมือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้านของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลการประกอบกิจการของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด โดยสอบถามจากผู้บริหาร ที่ปรึกษา พนักงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อทราบถึงกระบวนการทำงานทั้งหมดของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด ว่ามีการดำเนินการอย่างไรบ้าง มีขั้นตอนอย่างไร

ขั้นที่ 2 ศึกษาปัญหาในส่วนของการขายสินค้าหน้าร้าน ของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด โดยสอบถามจากผู้บริหาร พนักงานที่เกี่ยวข้อง ถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยปกติว่ามีการดำเนินการอย่างไรบ้าง เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ปัญหาในส่วนของการขายสินค้าหน้าร้าน ของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด เพื่อหาจุดสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จะได้หาแนวทางการแก้ไข

ขั้นที่ 4 ออกแบบระบบการขายสินค้าหน้าร้าน เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาจากที่ได้วิเคราะห์ออกมา

ขั้นที่ 5 พัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้านด้วย โปรแกรม Treesoft เนื่องจากจะสามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด และตรงกับความต้องการของ บริษัท พอเพียง อินด์สทรี จำกัด

ขั้นที่ 6 นำระบบการขายสินค้าหน้าร้านด้วย โปรแกรม Treesoft ที่พัฒนาเสร็จแล้วส่งให้กับผู้เชี่ยวชาญในด้านระบบสารสนเทศและระบบสินค้าหน้าร้าน จำนวน 3 คน ได้ประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน โดยแบบประเมินประสิทธิภาพระบบสินค้าหน้าร้าน ศึกษาจากเอกสาร ตำรา รูปแบบการประเมินที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อสร้างข้อคำถามตามกรอบการศึกษาวิจัย แบ่งออกได้เป็น 5 ด้าน คือ 1) ด้านตรงตามความ 2) ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ 3) ด้านความง่ายต่อการใช้งาน 4) ด้านประสิทธิภาพ และ 5) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล แล้วนำผลการประเมินประสิทธิภาพมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 7 สร้างเป็นแบบสอบถามที่ได้พัฒนาขึ้นเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จำนวน 3 คน โดยพิจารณา ค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item-objective congruence : IOC) แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.67 และ 1 ได้ข้อคำถาม 25 ข้อ

ขั้นที่ 8 นำระบบการขายสินค้าหน้าร้านด้วย โปรแกรม Treesoft ที่ผ่านหรือแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้ (try out) โดยนำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขและตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแล้วไปทดลองใช้กับเจ้าของร้านและพนักงานที่ปฏิบัติงานในการขายสินค้า จำนวน 3 แห่ง จำนวนแห่งละ 2 คน รวมจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.982

ขั้นที่ 9 เมื่อผ่านทดลองใช้แล้ว จะสร้างคู่มือการใช้งาน พร้อมกับสอนการใช้งานและเริ่มใช้งานจริง

ขั้นที่ 10 เมื่อมีการใช้งานจริง ผู้พัฒนาระบบยังคงให้คำปรึกษาอย่างต่อเนื่อง และเข้าตรวจสอบทั้งใน และนอกสถานที่ของ บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด หากพบปัญหาในการใช้งาน เนื่องจากได้มีการออกแบบให้สามารถดูแลนอกสถานที่ เพื่อความสะดวกและรวดเร็วได้

#### **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการจัดเก็บข้อมูลด้วยตัวเอง ณ บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด หมู่ที่ 5 ตำบล ป่าหวาย อำเภอ สวนผึ้ง ราชบุรี 70180 ในวันที่ 1 มิถุนายน 2566 กับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 6 คน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ระบบสารสนเทศสำหรับงานขายวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. นำแบบสอบถามทั้งหมดมาตรวจสอบความถูกต้อง
2. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามด้วยระบบสารสนเทศสำหรับงานขาย โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การหาค่าความถี่และร้อยละจากข้อมูลที่ได้รับจากผู้ตอบแบบสอบถาม โดยการนำเสนอผลสรุปที่ได้ในรูปแบบของตาราง

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจ โดยใช้สถิติพื้นฐานหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) โดยแปลความหมายคะแนนเฉลี่ยระดับความพึงพอใจในการทำงาน คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2550)

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

### สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ระบบการขายสินค้าหน้าร้านของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด ใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

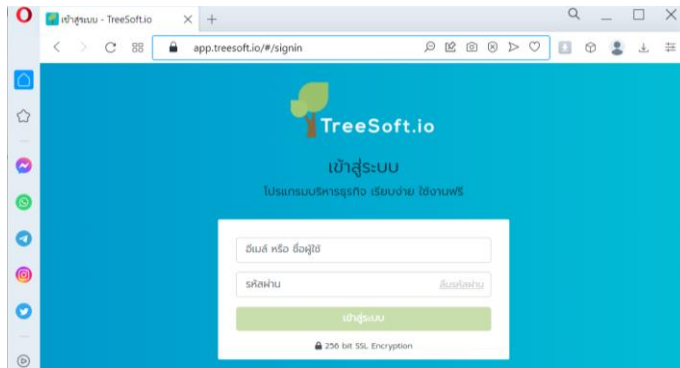
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้คือ เพื่อพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ ในการนำเสนอผลงานวิจัย และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นตารางความเรียง จำแนกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 แสดงผลการพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด

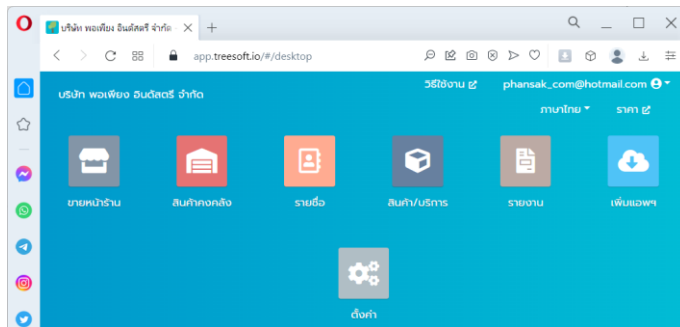
1. ระบบการขายสินค้าหน้าร้าน เข้าใช้ผ่าน web browser โดยแนะนำใช้ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ที่ address <https://app.treesoft.io>





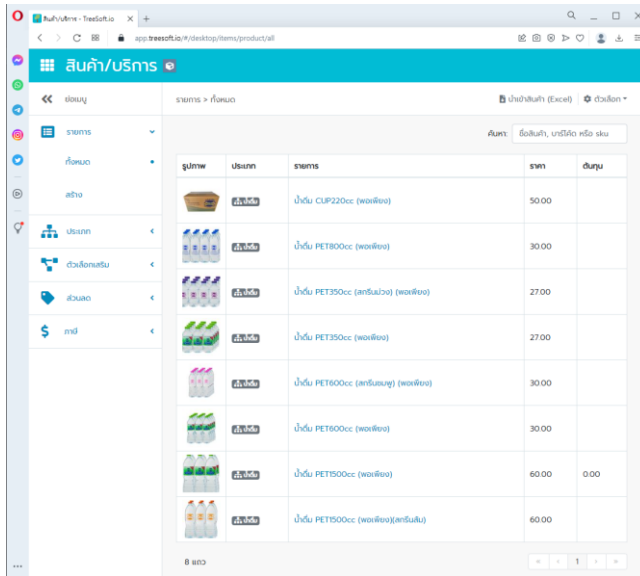
รูปที่ 5 หน้าแรกของระบบการขายสินค้าหน้าร้าน บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด

2. แสดงหน้ารวมการทำงานของระบบการขายสินค้าหน้าร้าน ที่มีส่วนการทำงานหลายๆ ส่วนที่เป็นฟังก์ชันการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน และที่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ตามความต้องการของผู้ใช้



รูปที่ 6 แสดงหน้ารวมการทำงานของระบบการขายสินค้าหน้าร้าน  
บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด

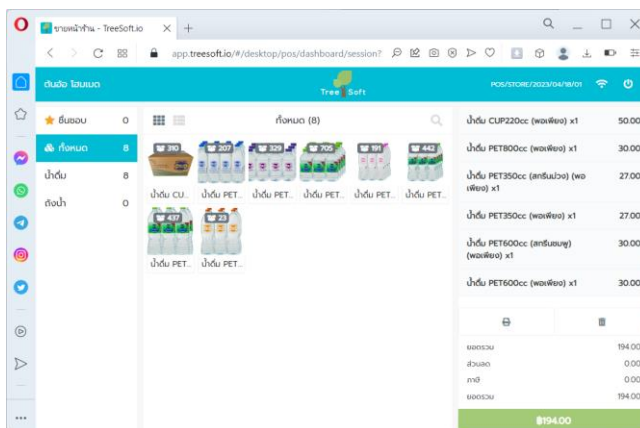
3. หน้าข้อมูลสินค้า/บริการ ที่แสดงรายการสินค้าพร้อมรายละเอียดของสินค้าที่มีไว้ขายหน้าร้านของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด



รูปภาพ	ประเภท	รายการ	ราคา	ต้นทุน
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม CUP220cc (พอเพียง)	50.00	
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม PET800cc (พอเพียง)	30.00	
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม PET350cc (อ่อนนุ่ม) (พอเพียง)	27.00	
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม PET350cc (พอเพียง)	27.00	
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม PET600cc (อ่อนนุ่ม) (พอเพียง)	30.00	
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม PET600cc (พอเพียง)	30.00	
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม PET1500cc (พอเพียง)	60.00	0.00
	น้ำดื่ม	น้ำดื่ม PET1500cc (พอเพียง) (อ่อนนุ่ม)	60.00	

รูปที่ 7 แสดงหน้าข้อมูลสินค้า/บริการ

4. หน้าการขายสินค้า แสดงรายการสินค้าทั้งหมด เมื่อขาย กดเลือกสินค้านั้น ๆ ตามจำนวนสินค้า โดยแสดงจำนวนคงเหลือที่ขายได้ หากสินค้าหมดจะไม่สามารถกดขายได้ รายการสินค้าที่ขายจะแสดงทางด้านขวามือ พร้อมกับราคาที่แสดงตามสินค้าและจำนวนสินค้าที่เลือก



รายการ	ราคา
น้ำดื่ม CUP220cc (พอเพียง) x1	50.00
น้ำดื่ม PET800cc (พอเพียง) x1	30.00
น้ำดื่ม PET350cc (อ่อนนุ่ม) (พอเพียง) x1	27.00
น้ำดื่ม PET350cc (พอเพียง) x1	27.00
น้ำดื่ม PET600cc (อ่อนนุ่ม) (พอเพียง) x1	30.00
น้ำดื่ม PET600cc (พอเพียง) x1	30.00
<b>รวมรวม</b>	<b>194.00</b>
ส่วนลด	0.00
ภาษี	0.00
<b>รวมรวม</b>	<b>194.00</b>

รูปที่ 8 หน้าการขายสินค้า

5. เมื่อในแต่ละวันมีการดำเนินการขายเสร็จสิ้น ให้ปิดการขาย ระบบจะทำการสรุปรายการทั้งหมดในวันนั้นๆ

วันที่	เวลา	#	รายการสินค้า	จำนวน	ราคา	ยอดรวม	คืนเงิน	ยอดสุทธิ	สถานะ
11/04/2023	10:15	24	สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	80.00	0.00	520.00	0.00	520.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:14	23	สินค้า PCT000c (pending) (cancel) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	0.00	0.00	1,800.00	0.00	1,800.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:14	22	สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	0.00	0.00	285.00	0.00	285.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:14	21	สินค้า PCT000c (pending) (cancel) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	0.00	0.00	2,700.00	0.00	2,700.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:14	20	สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	0.00	0.00	900.00	0.00	900.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:13	19	สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	0.00	0.00	2,300.00	0.00	2,300.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:13	18	สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	54.00	0.00	351.00	0.00	351.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:13	17	สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) x1 (cancel)	0.00	0.00	300.00	0.00	300.00	ยกเลิก
11/04/2023	10:13	16	สินค้า PCT000c (pending) (cancel) x1 (cancel) สินค้า PCT000c (pending) (cancel) x1 (cancel)	0.00	0.00	2,310.00	0.00	2,310.00	ยกเลิก

รูปที่ 9 สรุปรายการขายแต่ละวัน

ส่วนที่ 2 เสนอผลการวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด จากผู้เชี่ยวชาญเป็นตารางประกอบความเรียง ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด จากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	คำถาม	ระดับประสิทธิภาพ		
		$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	ด้านตรงตามความต้องการ (function requirement)	4.65	0.49	มากที่สุด
2	ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (function)	4.65	0.44	มากที่สุด
3	ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (usability)	4.60	0.42	มากที่สุด
4	ด้านประสิทธิภาพ (performance)	4.10	1.02	มาก
5	ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (security)	4.80	0.45	มากที่สุด
รวม		4.56	0.50	มากที่สุด

จาดตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.56$ , S.D.=0.49) โดยข้อที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) อยู่ระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.65$ , S.D.=0.49) รองลงมาคือด้านความสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.65$ , S.D.=0.44) ส่วนข้อที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดคือ ด้านประสิทธิภาพ (Performance) อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.10$ , S.D.=1.02)

ส่วนที่ 3 เสนอผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้บริหาร ที่ปรึกษา พนักงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อทราบถึงกระบวนการทำงานทั้งหมดของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด เป็นตารางประกอบความเรียง ดังนี้

**ตารางที่ 2** แสดงระดับความพึงพอใจของผู้บริหาร ที่ปรึกษา พนักงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อทราบถึงกระบวนการทำงานทั้งหมดของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด

ข้อที่	คำถาม	ระดับความคิดเห็น		
		$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1	ด้านตรงตามความต้องการ (function requirement)	4.57	0.20	มากที่สุด
2	ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (function)	4.80	0.31	มากที่สุด
3	ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (usability)	4.43	0.29	มาก
4	ด้านประสิทธิภาพ (performance)	4.43	0.15	มาก
5	ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (security)	4.47	0.52	มาก
<b>รวม</b>		<b>4.54</b>	<b>0.29</b>	<b>มากที่สุด</b>

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้บริหาร ที่ปรึกษา พนักงานที่เกี่ยวข้องที่มีต่อระบบในทุกด้าน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x}=4.54$ , S.D.=0.29) ด้านที่ผู้ใช้มีความพึงพอใจมากที่สุดคือ ด้านระบบสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ ( $\bar{x}=4.80$ , S.D.=0.31) รองลงมาคือ ตรงตามความต้องการ ( $\bar{x}=4.57$ , S.D.=0.20) ส่วนด้านที่ได้รับความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ด้านความง่ายต่อการใช้งาน ( $\bar{x}=4.43$ , S.D.=0.29)

### อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนากระบวนการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด จากการประเมินประสิทธิภาพในการใช้งาน สามารถใช้เป็นระบบการขายสินค้าหน้าร้าน เพื่อดำเนินการจัดการข้อมูลสินค้า การดำเนินการขายสินค้า รายงานการขายสินค้าได้จริง แก้ไขปัญหาที่พบจากการขายรูปแบบเดิมได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้การปฏิบัติการขายเพิ่มความรวดเร็ว ลดความผิดพลาด มีความถูกต้องแม่นยำ แก้ไขปัญหาสินค้าไม่พอขาย และการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลสินค้าคงเหลือได้ตลอดเวลา บันทึกข้อมูลการขายสินค้าได้อย่างถูกต้อง สามารถสรุปยอดการขายสินค้าได้ตลอดเวลา มีฐานข้อมูลลูกค้า เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมการขาย และสามารถตรวจสอบได้ และเกิดประโยชน์ต่อการขายสินค้าหน้าร้าน ให้มีประสิทธิภาพในการปฏิบัติได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ รัตนา สิริรุ่งนาวารัตน์ และ เพียรทิพย์ ศรีสุธรรม (2562) ได้พัฒนาระบบจำหน่ายสินค้าออนไลน์ด้วยเว็บแอปพลิเคชันแบบ เรซสปอนด์ซีฟ กรณีศึกษา ร้านขายเสื้อผ้า พบว่า การพัฒนาระบบจำหน่ายสินค้าออนไลน์ ด้วยเว็บแอปพลิเคชันแบบเรซสปอนด์ซีฟ ใช้รูปแบบ Web-Based Application ช่วยในเรื่อง การบริหารจัดการระบบให้สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการใช้งาน และจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยผลการประเมินอยู่ในระดับมาก พร้อมกับผู้ใช้งานระบบบนสมาร์ตโฟนมีความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบโดย ภาพรวมอยู่ในระดับมากเช่นกัน และยังสอดคล้องกับ มณฑล นิรัติศัยดิสกุล และคณะ (2564) ได้พัฒนาระบบร้านขายนาฬิกาออนไลน์ พบว่า ระบบร้านขายนาฬิกาออนไลน์โดยใช้ Laravel and Boo tstrap Frameworks สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนด สามารถแสดงผลบนอุปกรณ์ที่มีขนาดหน้าจอแตกต่างกันได้อย่างเหมาะสม และผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบร้านขายนาฬิกาออนไลน์ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้านการออกแบบที่มีความสวยงาม ความทันสมัย และความรวดเร็วในการแสดงผล ส่วนด้านประสิทธิภาพและความถูกต้องของระบบ มีการออกไปสั่งซื้อสินค้าที่มีความถูกต้อง สอดคล้องกับ สหเทพ คำสุริยา และคณะ (2558) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจ ปัญหาและสาเหตุในการใช้บริการระบบบริการการศึกษาและกลางทะเบียนวิชาเรียนผ่านระบบ Internet ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ ที่พบว่า ระบบมีความล่าช้าในการแสดงผล จากการเข้าใช้ระบบ ESS ผ่านเครือข่าย internet โดยมีการเสนอแนวทางแก้ไข ปัญหา เช่น พัฒนาระบบให้สามารถรองรับนักศึกษาจำนวนมากเมื่อใช้งานพร้อมกัน และยังมี

ข้อเสนอแนะให้นักศึกษาใช้งานระบบผ่าน Internet ความเร็วสูงในการใช้งานระบบ ESS เนื่องจากเป็นการแสดงข้อมูลในปริมาณมากใช้การเรียกดูข้อมูล

แต่ยังมีประเด็นการใช้งานกับพนักงานที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากการขายที่เขียนบันทึกลงกระดาษ มาเป็นระบบคอมพิวเตอร์ทำให้พนักงานยังไม่ยอมรับในช่วงแรก ต้องอาศัยการปรับตัวและเรียนรู้การใช้งานระบบใหม่ และองค์กรต้องแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และประสิทธิภาพที่ได้รับจากการใช้ระบบที่ช่วยให้ลดภาระการทำงานของพนักงานได้จริง สอดคล้องกับ ชรินทร์ฉัตร ตั้งอำไพสกุล และ บรรดิษฐ์ พระประทานพร (2564) ได้ศึกษาทัศนคติต่อการปรับเปลี่ยนระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภายในองค์กร ที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้งานระบบ SAP ของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า การรับรู้ประโยชน์การใช้งานสามารถพยากรณ์ถึงการมีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้งานระบบของพนักงานได้สูงสุด และพนักงานผู้ใช้งานระบบเห็นด้วยว่าระบบช่วยให้เข้าถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงาน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ในระดับมาก ช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน และที่สำคัญช่วยลดเอกสารในการนำเสนอส่งแผนกต่าง ๆ ได้

### สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด ซึ่งเป็นระบบการขายสินค้าหน้าร้านเพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลสินค้า รายการขายสินค้า รายงานการขายสินค้า โดยใช้ระบบสารสนเทศทางการขายในการดำเนินการ และแก้ไขปัญหาที่พบ พร้อมข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ และการใช้ระบบ เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและยังสะดวกรวดเร็วต่อการใช้งานอีกด้วย โดยแสดงข้อมูล ดังนี้

จากการออกแบบและพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด โดยพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน และแบ่งการทำงาน ได้แก่

- 1) ระบบการ Login เข้าสู่ระบบ
- 2) ระบบการจัดการข้อมูลสินค้า
- 3) ระบบการขายสินค้า
- 4) ระบบจัดการสินค้าคงคลัง และ
- 5) ระบบรายงานสรุปยอดขาย โดยมีผู้ใช้งานระบบแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ 1) ผู้ดูแลระบบ (admin) 2) ผู้ใช้งาน (user)

การดำเนินงานพัฒนาระบบใช้งานระบบ จากแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบการขายสินค้าหน้าร้าน พบว่า ระบบระบบการขายสินค้าหน้าร้าน มีประสิทธิภาพในการใช้งานตามหลักการของระบบสารสนเทศ ตรงความต้องการของผู้ใช้ ทำงานตอบสนองผู้ใช้ได้ดี

ง่ายต่อการใช้งานทำให้พนักงานสามารถเรียนรู้ได้รวดเร็ว และมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลเป็นอย่างดี

การดำเนินงานพัฒนาระบบใช้งานระบบ จะพบว่าประสิทธิภาพของระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด จากการสอบถามความพึงพอใจ มีผล 5 ด้าน ดังนี้

1. ด้านตรงตามความต้องการ (function requirement) ได้มีการนำความต้องการของผู้ใช้ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ มาวิเคราะห์เพื่อออกแบบให้ตรงความต้องการของผู้ใช้ และเป็นไปตามลักษณะการทำงานให้มากที่สุด ได้รับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.57$ , S.D.=0.20)

2. ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (function) ได้ออกแบบให้ระบบมีการทำงานที่ถูกต้อง ทั้งการเพิ่ม ลบ ปรับปรุงข้อมูล และการทำงานของระบบผ่านเครือข่าย internet ได้อย่างถูกต้อง ได้รับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.80$ , S.D.=0.31)

3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (usability) เป็นการออกแบบให้มีการใช้งานง่าย เรียนรู้ไม่ยาก ใช้เวลาเรียนรู้สั้นๆ เนื่องจากระบบการขายสินค้าหน้าร้านเองมีการทำงานหลายฟังก์ชัน การเข้าถึงที่ง่าย เครื่องคอมพิวเตอร์เข้าใช้ได้เพียงแค่ต่ออินเทอร์เน็ตได้ ไม่ต้องมีการติดตั้งโปรแกรมเพิ่มเติม รูปแบบหน้าจอที่เป็นทั่วไป ไม่ซับซ้อน และมีลักษณะการใช้งานคล้าย ๆ โปรแกรมทั่วไป ผู้ใช้คุ้นเคยได้ง่าย ได้รับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.43$ , S.D.=0.29)

4. ด้านประสิทธิภาพ (performance) ได้ออกแบบให้ใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่เป็นรูปแบบ SaaS (software as a service) ใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตได้ทุกที่ ทุกเวลา ทำให้การดำเนินการขายสินค้า หรือจัดการสินค้าสามารถดำเนินการได้ทันที ได้รับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ( $\bar{x}=4.43$ , S.D.=0.15)

5. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล (Security) มีการกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้ ทำให้ระบบเกิดความปลอดภัยในการใช้งาน โดยแต่ละผู้ใช้จะมี username และ password ของตัวเอง ระบบการขายสินค้าหน้าร้าน ที่ใช้ผ่านโปรแกรม TreeSoft.io นั้น มีการรับรองความปลอดภัยของระบบเครือข่ายได้ตามมาตรฐาน ด้วยการเข้ารหัสลับข้อมูลด้วย การใช้ Secure Socket Layer (SSL) protocol ซึ่ง TreeSoft.io ได้ใช้ 256 bit SSL Encryption มาตรฐาน

สากล โดยในส่วนของารรักษาความปลอดภัยของข้อมูลนั้นได้รับความพึงพอใจระดับระดับมาก ( $\bar{x}=4.47$ , S.D.=0.24)

### ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1) เมื่อมีการใช้งานระบบการขายสินค้าหน้าร้าน บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด อย่างเต็มรูปแบบ ส่งผลให้พนักงานอาจไม่ยอมรับในการใช้เทคโนโลยี อาจส่งผลการความรู้สึกของพนักงานที่เกี่ยวข้อง โดยไม่สามารถใช้งานในลักษณะเดิมได้ โดยในช่วงการดำเนินการระยะแรก ให้ใช้ลักษณะการทำงานเดิมควบคู่กับระบบใหม่ เพื่อปรับตัว และเรียนรู้ในการใช้งานระบบ

2) ระบบการขายสินค้าหน้าร้าน บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด ถูกออกแบบให้ใช้งานผ่านระบบออนไลน์ ไม่สามารถดำเนินการย้อนหลังได้ ดังนั้นการใช้งานในระบบ ต้องใช้พนักงานบันทึกข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน ดังนั้นต้องสร้างความเข้าใจในหลักการใช้งาน และการทำงานให้ผู้ขายสินค้าหน้าร้านให้สอดคล้องกันทั้งหมด

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) องค์กรหรือหน่วยงานสามารถวางแผนเพื่อพัฒนาระบบอื่น ๆ ที่สามารถต่อยอดจากระบบเดิมที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อให้ทั้งบริษัทมีการดำเนินการลักษณะ ERP เต็มรูปแบบ

2) สามารถพัฒนาการใช้งานในรูปแบบ Application ที่ใช้กับอุปกรณ์ Mobile เช่น Smartphone Tablet เพื่ออนาคตที่องค์กรมีการขยายตัว และมีการนำเอาอุปกรณ์ใหม่ ๆ เข้ามาใช้ที่เป็น Mobile มากยิ่งขึ้น

3) สามารถพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน ที่เป็นของบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด โดยเฉพาะ ไม่ต้องพึ่งพาระบบสารสนเทศทางการขายทั่วไป ซึ่งจะทำให้ข้อมูลการดำเนินการทั้งหมดนั้น เพื่อป้องกันการรั่วไหลของข้อมูล ทำให้มีความเป็นส่วนตัวมากยิ่งขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด ที่เอื้ออำนวยความสะดวกงานวิจัยนี้ ดำเนินการได้สำเร็จไปได้ด้วยดี



## เอกสารอ้างอิง

- กองโลจิสติกส์. (2562). *ปรับตัวและรับมืออย่างไรในยุคอุตสาหกรรม 4.0*. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2565, จาก <https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-10-09-07>.
- ชรินทร์ฉัตร ตั้งอำไพสกุล และ บรรดิษฐ์ พระประทานพร. (2564). ทักษะคิดต่อการปรับเปลี่ยนระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภายในองค์กร ที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้งานระบบ SAP ของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสวนดุสิต*, 17(2), 1–16.
- มณฑล นิรัติศัยดสีกุล, ดารารดา วีระพันธ์ และ วิวัฒน์ ชินนาทศิริกุล. (2564). การพัฒนาระบบร้านขายนาฬิกาออนไลน์. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 2(1), 63 – 73.
- รัตนา ลีรุ่งนาวรัตน์ และ เพียรทิพย์ ศรีสุธรรม. (2562). การพัฒนาระบบจำหน่ายสินค้าออนไลน์ด้วยเว็บแอปพลิเคชันแบบเรชสปอนด์ซีฟ กรณีศึกษา ร้านขายเสื้อผ้า. *วารสารแม่ใจเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยแม่ใจ*, 5 (1), 1 – 14.
- สหเทพ คำสุริยา, ปิยะ แก้วบัวดี และ ชูติกร ปรงเกียรติ. (2558). *ความพึงพอใจ ปัญหาและสาเหตุในการใช้บริการระบบบริการการศึกษาและกลางทะเบียนวิชาเรียนผ่านระบบ Internet ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการจัดการ*. น. 295-303. ใน: การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติครั้งที่ 3 และการสัมมนาวิชาการราชชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 7 “งานวิจัย ช่วยไทย เศรษฐกิจอุดม สังคมยั่งยืน”. วันที่ 8–9 กรกฎาคม 2558. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร, สุรินทร์.



## การออกแบบและสร้างระบบไฮโดรโปนิกส์สำหรับแตงโมที่สังเคราะห์แสงเทียม DESIGN AND CONSTRUCTION OF HYDROPONICS SYSTEM FOR ARTIFICIAL PHOTOSYNTHETIC WATERMELONS.

นิติพงษ์ สมไชยวงศ์\*, ธนวรรณ วงศ์ชติย์ และ วัชรภาพร ยศมาน

Nitipong Somchaiwong\*, Thanawat Wongkat and Wacharaporn Yotman

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai

Received: 23 June 2023

Revised: 25 August 2023

Accepted: 30 August 2023

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบควบคุมสารละลายอัตโนมัติ สำหรับแปลงปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ และเลือกใช้แตงโม (WATERMELON) ในการทดสอบ เนื่องจากการปลูกในระบบโรงเรือนได้ผลผลิตดี และได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ตลาดให้ความสนใจและยังลดการใช้สารเคมี กำจัดแมลง โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช และสารละลายสำหรับปรับค่า pH 2) ออกแบบชุดควบคุมสารละลายอัตโนมัติ 3) ชุดควบคุมการให้แสงแก่ต้นแตงโม ในช่วงวันที่ 15–60 วันของระยะการปลูก โดยดำเนินการวัดและส่งค่า EC และ pH ในแปลงปลูกไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการควบคุม โดยได้แบ่งเป็น 3 ช่วง คือช่วงที่ 1 วันที่ 1–7 ทำการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วง 0.50–1.00 mS/cm ช่วงที่ 2 วันที่ 8–14 ทำการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วง 1.10–1.60 mS/cm และช่วงที่ 3 วันที่ 15–60 วัน ทำการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วง 1.70–2.40 mS/cm และ pH ของสารละลายที่อยู่ในระบบให้เหมาะสมอยู่ที่ 5.5–6.5 กับตลอดระยะเวลาการปลูก และได้เพิ่มการให้แสงขนาด 90 lux ในช่วงเวลา 22.00–01.00 น. ในช่วงวันที่

\* Corresponding author: นิติพงษ์ สมไชยวงศ์

E-mail: nitipongs@gmail.com

15–60 ผลจากการทดลองพบว่า ระบบวัดและควบคุมสารละลาย pH และ สารละลาย EC สามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่ได้ทำงานออกแบบไว้

**คำสำคัญ:** ระบบควบคุมอัตโนมัติ, การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์, แสงเทียม

### Abstract

The purposes of this research were to study the automatic solutions control system used in hydroponics. And choose Watermelons to experiment. Watermelons produced by greenhouse systems performed well and they were well-liked by consumers. According to the market, using less chemical insecticide was experimented including 3 steps; 1) nutrient solutions and nitric acid were prepared, 2) the automatic solutions control system was designed, 3) lighting control system was launched during 15–60 days of planting. Electrical Conductivity (EC) and potential of Hydrogen ion (pH) were measured and sent to microcontroller in order to compare with the measurement that set during 3 stages of planting. The first stage was 1–7 days of planting and EC was set to be 0.50–1.00mS/cm. The second stage was 8–14 days of planting and EC was set to be 1.10–1.60mS/cm. The third stage was 15–60 days of planting and EC was set to be 1.70–2.40mS/cm. For pH, it was set to be in appropriate level which was 5.5–6.5 for the whole period. Moreover, the lighting was increased to be 90 lux from 10 pm to 1 am. It was found that the automatic solutions control system which was used to measure EC and pH was working efficiently as designed and expected during 15–60 days of planting. The result of the experiment showed that the lighting control system which controlled the light for watermelons was well operated as planned.

**Keywords:** Automatic Control Systems, Hydroponics, Photosynthetic

## บทนำ

ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมการปลูกพืชลงบนสารละลายให้รากพืชจะสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารโดยตรง ซึ่งเรียกว่า “การปลูกพืชด้วยไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics)” การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์เป็นวิธีการที่ใช้ระบบแตกต่างจากการใช้ดินในการปลูก โดยใช้ น้ำ และสารอาหารทั้งหมดเท่าที่พืชต้องการ ระบบสามารถหมุนเวียนสารอาหารกลับได้ (Re-circulating) จึงทำให้กระบวนการปลูกพืชดังกล่าวในระยะยาวช่วยลดต้นทุนสารเคมีต่างๆ ลงได้ ซึ่งเป็นข้อแตกต่างจากการใช้ดินในการปลูก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) และยังมีมีการพัฒนารูปแบบการปลูกด้วยการนำแนวทางการปลูกในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม (Controlled Environment Agriculture, CEA) ซึ่งหมายถึงวิธีการปลูกพืชเพื่อให้พืชได้รับสารอาหารจากสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืช โดยพืชที่ปลูกจะต้องปลูกลงบนวัสดุปลูกหรือไม่ต้องมีวัสดุปลูกก็ได้ รวมไปถึงการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิดที่ทำการปลูกด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อม (จารุกิตติ์ สายสิงห์ และ โกวิทย์ แสนพงษ์, 2563) สารละลายสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ นอกจากการควบคุม ค่าความนำไฟฟ้า (EC) แล้วยังการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายให้มีความเหมาะสม สำหรับการปลูกพืช รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมตามความต้องการพืชที่ปลูกในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม (นพพล เขาวนกุล และคณะ, 2561) อ้างอิงถึง สุวรรณ ภูษัย และคณะ (2563) ทำการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ โดยกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมของแสงอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,200 ลักซ์ ภายในโรงเรือนที่ซึ่งแสงอาทิตย์อาจมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ด้วยการเพิ่มแหล่งกำเนิดแสงนอกเหนือจากแสงอาทิตย์ที่สามารถช่วยเพิ่มความเข้มแสงหรือความสว่างภายในโรงเรือนหรือพื้นที่เพาะปลูกได้

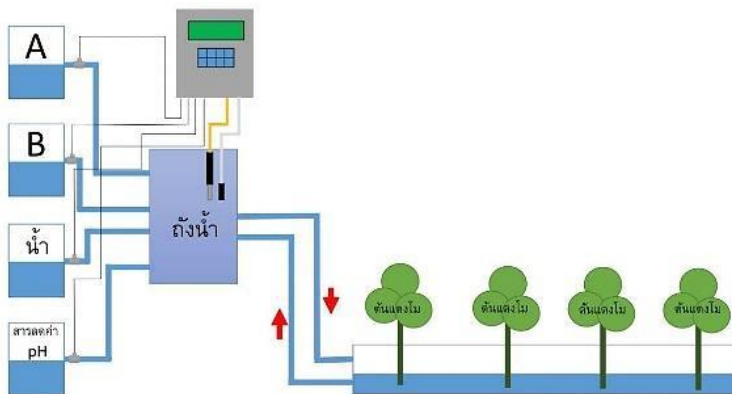
ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาแนวทางการปลูกแตงโมในระบบไฮโดรโปนิคส์แบบน้ำวนที่สังเคราะห์แสงอาทิตย์เทียม โดยการศึกษาการควบคุม ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลาย และแสงเทียมให้มีความเหมาะสมตามความต้องการพืช เพื่อการพัฒนาแบบไฮโดรโปนิคส์แบบน้ำวนที่สังเคราะห์แสงอาทิตย์เทียม ในเชิงพาณิชย์ ช่วยลดต้นทุนการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ (เขมิกา เกลี้ยงไธสง และ กฤตติกา แสนโภชน, 2564) สำหรับเกษตรกรสามารถทำผลผลิตนอกฤดู ลดปัญหาพื้นที่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ สภาพ

อากาศที่แปรปรวนอันก่อให้เกิดศัตรูพืช และก่อให้เกิดผลผลิตที่ด้อยคุณภาพ ไม่สม่ำเสมอ อันส่งผลโดยตรงต่อราคาของผลผลิตโดยตรง

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดการดำเนินงานวิจัยของระบบไฮโดรโปนิคส์น้ำวนสำหรับแปลงโมที่สี่เคราะห์แสงอาทิตย์เทียม ทำการปลูกในโรงเรือนขนาด 5 x 6 เมตร เปรียบเทียบแปลงที่ 1 รับแสงเทียมร่วมกับแสงธรรมชาติ และแปลงที่ 2 รับเพียงแสงธรรมชาติ โดยมีวิธีดำเนินงานโดยใช้ระบบควบคุมค่า EC และ pH ร่วมกันทั้ง 2 แปลงปลูกดังนี้

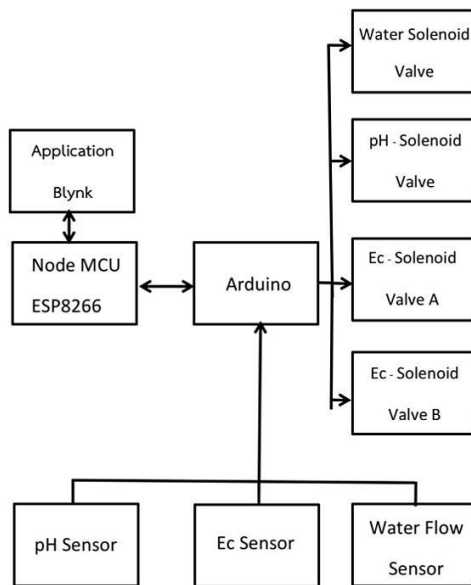
การปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์แบบน้ำบาง (Nutrient Film Technique: NFT) เป็นการปลูกพืชโดยให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำโดยตรง โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านราง และรากพืช และเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์แบบน้ำบาง

สารละลายที่ใช้จะประกอบไปด้วยแร่ธาตุอาหารต่างๆ ที่พืชต้องการ โดยทำการควบคุมความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหาร และสภาพความเป็นกรด-ด่าง ให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช (จารุกิตติ์ สายสิงห์ และ โกวิทย์ แสนพงษ์, 2563) ความเข้มข้นของสารละลายแร่ธาตุจะใช้ค่า EC เป็นเกณฑ์ในการวัดความเข้มข้นโดยค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 1.2-1.5 มิลลิซีเมนตต่อเซนติเมตร (mS/cm) และค่า pH จะใช้ค่าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 5.5-6.5 (นพพล เซาวนกุล และคณะ, 2561)

การทำงานของระบบให้สารอาหารโดยแบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อยคือ 1) ระบบตรวจสอบ และปรับค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) 2) ระบบตรวจสอบ และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยมีกระบวนการปั๊มสารละลายผ่านอุปกรณ์สำหรับวัดค่า pH และค่า EC ตลอดระยะเวลาปลูก



รูปที่ 2 แสดงการออกแบบระบบควบคุมการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์

จากรูปที่ 2 แสดงการออกแบบระบบควบคุมการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ โดยสามารถเลือกกำหนดค่า pH ของสารละลายที่อยู่ในระบบให้เหมาะสมอยู่ที่ 5.5–6.5 ตลอดระยะเวลาการปลูก ค่า EC ของสารละลายอยู่ในช่วง 2.0–4.0 mS/cm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศไทยจะใช้ค่า EC อยู่ในช่วง 1.5–2.5 mS/cm ซึ่งจะเหมาะสมกับพืชท้องถิ่นภายในประเทศ ในงานวิจัยนี้ทำการควบคุม EC ของสารอาหารให้แตกต่างกันตามช่วงการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| ช่วงที่ 1 วันที่ 1–7 วัน   | ควบคุมค่า EC 0.50–1.00 mS/cm |
| ช่วงที่ 2 วันที่ 8–14 วัน  | ควบคุมค่า EC 1.10–1.60 mS/cm |
| ช่วงที่ 3 วันที่ 15–60 วัน | ควบคุมค่า EC 1.70–2.40 mS/cm |

### ตารางที่ 1 pH และ EC สำหรับการปลูกพืชแต่ละชนิด

ที่	ชนิดของพืช	ค่า pH	ค่า EC
1	แตงกวา	5.5 – 6.0	1.0 – 2.5
2	แตงโม	5.8 – 6.2	1.7 – 2.5
3	มะเขือเทศ	5.5 – 6.5	2.0 – 5.0
4	เมล่อน	5.5 – 6.0	2.0 – 2.5
5	สับปะรด	5.5 – 6.0	2.0 – 2.4

ที่มา: ดิเรก ทองอร่าม (2550)

จากตารางที่ 1 แสดงค่า pH และ EC สำหรับการปลูกพืชแต่ละชนิด ในการทดลองทำการลดค่า และการเพิ่มค่า EC และ pH ระบบปรับค่า EC โดยเริ่มจากการรับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) อุปกรณ์ประมวลผลทำการหาค่าเฉลี่ย ถ้าค่าที่ได้มีค่ามากกว่า 1.2 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระบบจะไม่ทำการคำนวณหาปริมาณปุ๋ยแต่จะออกไปตรวจสอบค่า pH ทันที แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1.2 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ระบบจะคำนวณหาปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ (ดิเรก ทองอร่าม, 2550) โดยสมการเติมสารละลาย A และ B คือ

$$= \frac{\text{สารละลาย A และ B ที่เติม} \times \text{ค่า EC ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (1)$$

และจะได้สมการการเติมน้ำลดค่า EC คือ

$$= \frac{\text{น้ำลดความเป็นกรด-ด่าง} \times \text{ค่า EC ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (2)$$

เมื่อระบบทำการปรับปรุ่ค่า EC แล้วเสร็จ ระบบจะทำการตรวจสอบค่า pH ต่อไป โดยระบบจะปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่าอยู่ระหว่าง 5.5–6.0 โดยเริ่มจากการรับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด อุปกรณ์ประมวลผลทำการหาค่าเฉลี่ย เริ่มจากการเก็บค่าที่ได้จากเซนเซอร์แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เมื่อได้ ค่าเฉลี่ยแล้วจะนำค่าเฉลี่ยมาตรวจสอบว่ามีมากกว่า 6.50 หรือไม่ ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 6.50 จะทำการปรับปรุ่ค่า pH โดยการปรับเพิ่มค่า pH จะใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวปรับค่าน้ำในถังสารละลายจากกรดจัดให้กลับมามีค่าอยู่เป็นสภาพกรดอ่อนๆ หรือกลาง ในส่วนการปรับลดค่า pH จะใช้สารละลายกรด



ไนตริกเจือจาง 6.8% เป็นตัวปรับค่าน้ำในถังสารละลายจากเบสจัดให้กลับมาอยู่เป็นสภาพเบสอ่อนๆ หรือกลาง จะได้สมการการเติมสารละลายเพิ่มค่า pH คือ

$$= \frac{\text{สารละลายเพิ่มค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (3)$$

และจะได้สมการการเติมสารลดค่า pH คือ

$$= \frac{\text{สารละลายลดค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}} \quad (4)$$

ระบบจะทำการหาค่าปริมาณการส่องสว่างโดยการใช้เส้นโค้งการกระจายกำลังการส่องสว่างของดวงโคมไฟฟ้าในการทดลองใช้หลอดแอลอีดี ฟูลสเปกตรัม (Full Spectrum) 6 ดวง ขนาด 250 วัตต์ สามารถปรับความเข้มแสงได้ วางตามแนวยาวห่างกัน 2 เมตร สำหรับแปลงทดสอบที่ 1 และใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแสงจำนวน 14 ตัว จากสูตรการคำนวณแบบจุดต่อจุด (ยิงสวีสต์ ไชยะกุล, 2563)

$$E = \frac{I_1}{H^2} \quad (5)$$

เมื่อ  $E$  คือ ความส่องสว่างในแนวตั้งฉากกับแสงจากดวงโคม (ลักซ์, ฟุตแคนเดิล)

$I_1$  คือ ความเข้มแสงในแนวตั้งฉาก (แคนเดลา)

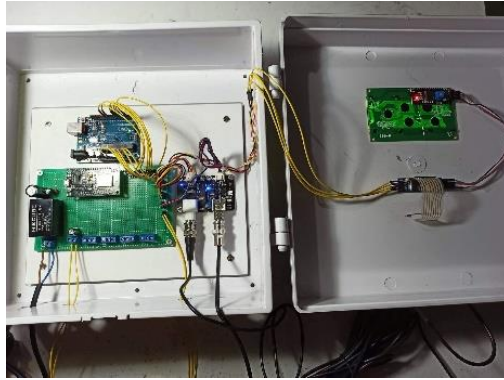
$H$  คือ ความสูงดวงโคมในแนวตั้งไปยังพื้นงาน (เมตร, ฟุต)

จากสมการการคำนวณหาค่าปริมาณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุด ซึ่งใช้คำนวณหาปริมาณของแสงที่ให้แก่แตงโม โดยค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจากเครื่องวัดแสงหรือลักซ์มิเตอร์ที่ 180 ลักซ์

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ระบบให้สารอาหารแก่พืชไฮโดรโปนิกส์แบบนี้วน ออกแบบให้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระบบย่อย คือระบบปรับค่า EC และระบบปรับค่า pH โดยระบบที่หนึ่งจะทำงานให้เสร็จก่อน ระบบที่สองจึงจะทำงานต่อเนื่อง เหตุที่ต้องทำระบบที่หนึ่งก่อนเพราะการปรับค่า EC จะมีผลทำให้ค่า pH ลดลงตามไปด้วยระบบปรับค่า EC มีส่วนควบคุมการทำงาน

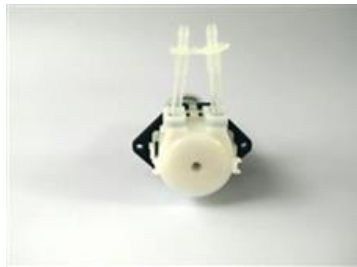
ตามรูปที่ 3 รับค่าความเข้มข้นของสารอาหารและค่าความเป็น กรด-ด่าง ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด รูปที่ 4(ก), (ค) ระบบจะทำการประมวลผลแล้วส่งให้ปั๊มในรูปที่ 4(ข) จ่ายธาตุอาหารที่คำนวณ ได้เพื่อปรับค่า ความเข้มข้นของสารละลาย



รูปที่ 3 ชุดประมวลผลระบบไฮโดรโปนิคส์น้ำวนสำหรับแปลงโมที่สังเคราะห์แสงอาทิตย์เทียม



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4 (ก) เซนเซอร์วัดค่าความนำไฟฟ้า (ข) ปั๊มน้ำขนาดเล็ก  
(ค) เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง



รูปที่ 5 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล

จากรูปที่ 5 ระบบประมวลผลสามารถแสดงค่า EC, ค่า pH, ระยะเวลาการปลูก และค่าอัตราการไหลของสารละลายในแปลงปลูก

### 1. ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัด

#### 1.1 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเป็น กรด-ด่าง

ทำการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่า pH ด้วยการทดลองเติมสารละลายลด และเพิ่มค่าความเป็น กรด-ด่าง ครั้งละ 100 ml ในถังขนาด 50 ลิตร สำหรับแปลงปลูก แดงโมระบบไฮโดรโปนิคส์แบบน้ำวน ผลที่ได้ตามตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเติมสารละลาย ลดค่าความเป็น กรด-ด่าง

ที่	ปริมาณสารละลายลด pH	ค่า pH
1	100 ml	1.67
2	100 ml	1.6
3	100ml	1.65
4	100 ml	1.66
5	100 ml	1.62
	ค่าเฉลี่ย	1.64

จากตารางที่ 2 นำค่า pH ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าใน สมการที่ 4 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลายลดค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการ

$$= \frac{100 \times 1}{1.64}$$

$$= 60.97 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า pH ลดลง 1.00 หน่วย ให้เติมสารลดค่า pH 60.97 ml

**ตารางที่ 3** ผลการทดลองเติมสารละลาย ลดค่าความเป็น กรด-ด่าง

ที่	ปริมาณสารละลายเพิ่ม pH	ค่า pH
1	100 ml	0.19
2	100 ml	0.21
3	100ml	0.18
4	100 ml	0.19
5	100 ml	0.18
	ค่าเฉลี่ย	0.19

จากตารางที่ 3 นำค่าความเป็น กรด-ด่าง ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการที่ 3 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลายเพิ่มค่า pH ที่เติม} \times \text{ค่า pH ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการ

$$= \frac{100 \times 1}{0.19}$$

$$= 526.31 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า pH เพิ่มขึ้น 1.00 หน่วย ให้เติมสารเพิ่มค่า pH 526.31 ml

**1.2 การทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเข้มข้นสารละลาย**

ทำการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความ EC ด้วยการ ทดลองเติมสารละลายลดและเพิ่มค่า EC ครั้งละ 100 ml ในถังขนาด 50 ลิตร ผลที่ได้ตามตารางที่ 4 และตารางที่ 5

**ตารางที่ 4** ผลการทดลองเติมสารละลาย เพิ่มค่าความเข้มข้นของสารละลาย

ที่	ปริมาณสาร A	ปริมาณสาร B	ค่า EC
1	60ml	40ml	0.36
2	60ml	40ml	0.38
3	60ml	40ml	0.35
4	60ml	40ml	0.32
5	60ml	40ml	0.39
	ค่าเฉลี่ย		0.36

จากตารางที่ 4 นำค่า EC ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการที่ 1 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลาย A และ B ที่เติม} \times \text{ค่า EC ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการ

$$= \frac{100 \times 1}{0.36}$$

$$= 277.77 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า EC เพิ่มขึ้น 1.00 mS/cm ให้เติมสารละลาย A และ B เท่ากับ 277.77 ml

**ตารางที่ 5** ผลการทดลองเติมสารละลาย ลดค่าความเข้มข้นของสารละลาย

ที่	ปริมาณสารละลายลดค่า EC	ค่า EC
1	100 ml	0.16
2	100 ml	0.16
3	100 ml	0.19
4	100 ml	0.13
5	100 ml	0.15
	ค่าเฉลี่ย	0.158

จากตารางที่ 5 นำค่า EC ที่ได้จากการเติมสารละลายนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนค่าในสมการที่ 2 จะได้

$$= \frac{\text{สารละลายลด EC} \times \text{ค่า EC ที่กำหนด}}{\text{ค่าเฉลี่ยของสารที่วัดได้}}$$

แทนค่าในสมการจะได้ ดังนี้

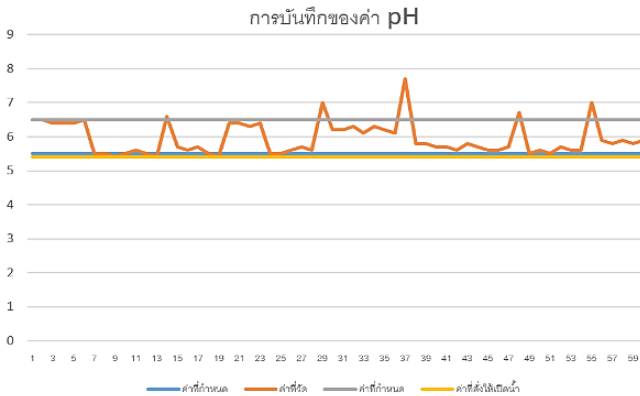
$$= \frac{100 \times 1}{0.158}$$

$$= 3,417.72 \text{ ml}$$

ถ้าต้องการให้ค่า EC ลดลง 1.00 mS/cm ให้เติมน้ำ 3,417.72 ml

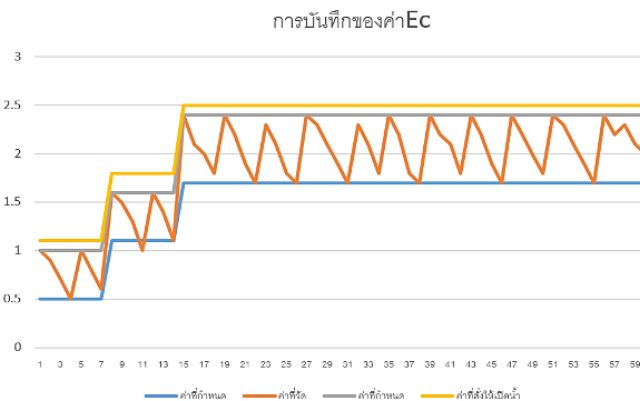
### 1.3 ผลการทดลองการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ทำการบันทึกข้อมูลออกเป็น 3 ช่วง เมื่อต้นแตงโมมีอายุ 1-7 , 8-14, และ 15-60 วัน หลังเพาะเมล็ด ทำการบันทึกผลการทดลองระบบการควบคุมค่า EC และค่า pH



รูปที่ 6 ค่าความเป็น กรด-ด่าง ตลอดช่วงการปลูกแตงโม

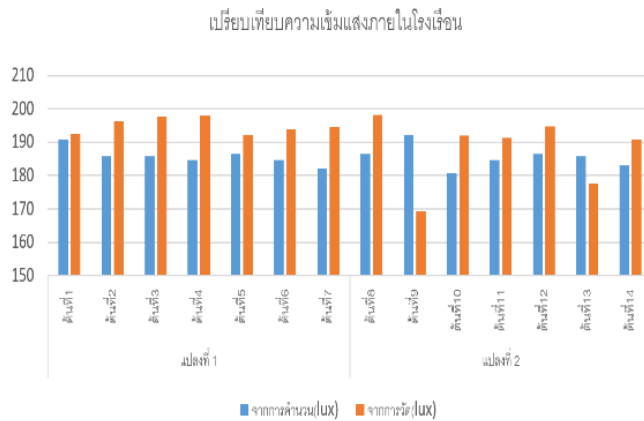
จากรูปที่ 6 แสดงค่า pH ที่ได้จากการวัดในระบบควบคุมค่า pH ตลอดช่วงการปลูกเป็นเวลา 60 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า pH อยู่ในจะอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ ค่า pH จะอยู่ที่ 5.5-6.5 โดยพบความผิดพลาดที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข เนื่องจากระบบควบคุมทำงานผิดพลาด ต้องทำการรีเซ็ตระบบจึงสามารถทำให้เข้าสู่การควบคุมปกติได้



รูปที่ 7 ค่าความเข้มข้นของสารละลาย ตลอดช่วงการปลูกแตงโม

จากรูปที่ 7 จะแสดงค่า EC ที่ได้จากการวัดในระบบควบคุมค่า EC ตลอดช่วงการปลูกเป็นเวลา 60 วัน โดยแบ่งช่วงการควบคุมความเข้มข้นของสารละลาย 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 จะทำการให้ค่า EC ที่ 0.5–1.0 mS/cm ช่วงที่ 2 จะทำการให้ค่า EC ที่ 1.1–1.6 mS/cm ช่วงที่ 3 จะทำการให้ค่า EC ที่ 1.7–2.4 mS/cm พบว่าการควบคุมค่า EC สามารถควบคุมอยู่ในช่วงที่กำหนดได้

การควบคุมค่าความเข้มข้น โดยการออกแบบโดยใช้ดวงโคมจำนวน 6 ดวง ขนาด 250 วัตต์ สามารถปรับความเข้มข้นได้ และใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแสงจำนวน 14 ตัว กำหนดตำแหน่งความสูงตามยอดต้นแตงโมที่ทำการทดลอง ผลที่ได้ตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความเข้มแสงภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 8 แสดงผลที่ได้จากการทดลอง โดยออกแบบให้มีค่าความเข้มแสงที่มากกว่า 180 ลักซ์ ที่ได้มีการคำนวณนำค่าเฉลี่ยจากการคำนวณแทนค่าในสมการที่ 5 หาค่าความสูงของตำแหน่งดวงโคม ทำการวัดค่าจากอุปกรณ์ตรวจวัด แสดงผลเป็นความเข้มแสงในแต่ละตำแหน่ง พบว่าค่าที่ได้มีค่าเฉลี่ยในแปลงปลูกแตงโม มีค่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้คือ ไม่ต่ำกว่า 1,800 ลักซ์ การเจริญเติบโตแปลงที่ 1 ที่ควบคุมปริมาณความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 1,800 ลักซ์ จะมีการเจริญเติบโตดีกว่าแปลงที่ 2 ได้รับแสงจากธรรมชาติ

## สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมการให้สารอาหารสำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์แบบน้ำวน ทำการควบคุมค่า EC แบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงที่ 1 วันที่ 1–7 วัน ควบคุมค่า EC=0.50–1.00 mS/cm, ช่วงที่ 2 วันที่ 8–14 วัน ควบคุมค่า EC=1.10–1.60 mS/cm และช่วงที่ 3 วันที่ 15–60 วัน ควบคุมค่า EC=1.70–2.40 mS/cm ระบบควบคุมสารละลายสามารถทำงานได้ดีตามเงื่อนไขที่กำหนด ในส่วนของการควบคุมค่า pH ของสารละลาย ได้กำหนดให้ระบบควบคุมทำการควบคุมค่า pH จะอยู่ที่ 5.5–6.5 ระบบควบคุมสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด ด้วยการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ โดยกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมของแสงอยู่ระหว่าง 1,100 ถึง 1,200 ลักซ์ ภายในโรงเรือนที่ซึ่งแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ด้วยการเพิ่มแหล่งกำเนิดแสงที่ช่วยเพิ่มความเข้มแสงหรือความสว่างภายในโรงเรือนหรือพื้นที่เพาะปลูก ในงานวิจัยได้กำหนดความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 1,700–1,900 ลักซ์ เป็นไปตามความต้องการของแตงโมโดยความเข้มแสงเฉลี่ยช่วงเวลา 10.00 น.–16.00 น. ความเข้มแสงเฉลี่ยที่ 1600 ลักซ์ จึงทำการทดสอบการให้แสงเทียมโดยแปลงที่ 1 กำหนดค่าความความเข้มแสงอยู่ที่ 1,800 ลักซ์ แปลงที่ 2 ปล่อยให้รับแสงจากธรรมชาติ ซึ่งระบบควบคุมความเข้มแสงในแปลงที่ 1 สามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้แสงเทียมร่วมกับแสงธรรมชาติได้ค่าความเข้มแสงไม่น้อยกว่า 1,800 ลักซ์ ซึ่งต้นแตงโมเมื่อได้รับแสงที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้ต้นแตงโมมีการเจริญเติบโตได้ดี

## เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). *การปลูกผักไฮโดรโปนิคส์*. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: สำนักพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- เขมิกา เกลี้ยงไรสง และ กฤตติกา แสนโภชน์. (2564). แนวทางการลดต้นทุนการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ปลอดภัย ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 9(2), 86-96.
- จารุกิตต์ สายสิงห์ และ โกวิท แสนพงษ์. (2563). การพัฒนากระเช้าปลูกผักสลัดอัจฉริยะ. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 6(1), 38-47.
- ดิเรก ทองอร่าม. (2550). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).



- นพพล เขาวนกุล, ก้องภพ ลาลูน และ ชนาธิป บุตรบุญ. (2561). ระบบควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของสารอาหารอัตโนมัติสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์. *วารสารโครงการวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 4(1), 67-72.
- ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. (2563). วิธีคำนวณแสงสว่างโดยวิธีลูเมนอย่างง่ายสำหรับโคมกระจายแสง. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 18(1), 83-98.
- สุวรรณ ภูเขย, ธนโชติ ทับขาวนา, กิตติพงษ์ มาตรักชาติ และ เตือนแรม แผงเกี่ยว. (2563). ผู้ควบคุมการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยแสงเทียมและเทคโนโลยีนาโนบับเบิล. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม*, 3(2), 1-10.



Udon Thani Rajabhat University  
Journal of Science and Technology

Vol.11 Issue.2 (2023)

ISSN 2287 – 0083

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000  
โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702 เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>  
เว็บไซต์: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru>  
อีเมล: [scjournal@udru.ac.th](mailto:scjournal@udru.ac.th)

