Kalasin University
Journal of Science Technology and Innovation

KALASIN UNIVERSITY

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Kalasin University Journal of Science Technology and Innovation

ISSN : 2821-9406 (Online)

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2565)
Vol.1 No.2 (July - December 2022)

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Kalasin University Journal of Science Technology and Innovation

วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุปรสงค์เพื่อเป็นผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยเผยแพร่บทความวิจัย (research article) บทความปริทัศน์ (review article) ในสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่

1.1 วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science) ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.2 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Biological Science) ได้แก่ ชีววิทยา สัตววิทยา พฤกษศาสตร์ พันธุศาสตร์ เกษตรศาสตร์ อุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.3 วิทยาศาสตร์สุขภาพ (Health Science) ได้แก่ สาธารณสุขศาสตร์ อนามัยสิ่งแวดล้อม สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์การกีฬา อาชีวอนามัยและความปลอดภัย โภชนาการ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.4 วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ (Engineering and Architecture) ได้แก่ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมชลประทาน วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ การผังเมือง สถาปัตยกรรมศาสตร์ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์จิระพันธ์ ห้วยแสน	อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชยุทธ จันทะรี	รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
รองศาสตราจารย์ ดร.กตัญญู แก้วหานาม	ผู้ช่วยอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติมา นรโภค	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ห้วยแสน	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คคนางค์ รัตนานิคม	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.ธนัชพงษ์ วังคำหาญ	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการวารสาร

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาก	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยเอก ดร.คงเดช พะสีนาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พจนา สีขาว	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกยูร ดวงอุปมา	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญณรงค์ ชมนาวัง	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชชาภรณ์ วันโย	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ เจียมสาธิต	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทิมา ฑีฆะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัมปนาจ เภสัชชา	มหาวิทยาลัยนครพนม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักษณา ดูบาส จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพจน์พัทธ์ เมืองโคตร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ดร.รณกร สร้อยนาค มหาวิทยาลัยพะเยา
อาจารย์ ดร.เกศวรา สิทธิโชค มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน)
อาจารย์ ดร.แก้วตา สูตรสุวรรณ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำวารสาร

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โกศล เรืองแสน มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหลาหา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิโรรัตน์ พัฒนไพโรจน์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวรุจน์ อิ่มโพ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคประสม มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา กาวีวงศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีล้านนา พิษณุโลก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา ปราการกมานันท์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัญญรินทร์ สมพร มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระยศ แข็งขัน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อนงค์นาถ โรจนกรวังคำหาญ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.วรกร วิชัยโย มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
อาจารย์ ดร.ทองปักษ์ ดอนประจำ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.นุจรี สอนสะอาด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

เลขานุการ

นางสาวนภัทรธิดา พรมดีราช มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Copy Editor

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศาตรา สหัสทัศน์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
2. Mr.Jonathan Wary มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
3. อาจารย์ นฤตา หงษ์ษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ออกแบบปกวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ เนียมสา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับปฐมฤกษ์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม ปีพุทธศักราช 2565 จัดทำขึ้นตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์ของการดำเนินงานตามแนวทางการพัฒนาและขับเคลื่อนของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ซึ่งวารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย สนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ และผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเสนอผลงานวิชาการ นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน

ในโอกาสนี้ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งบทความมาลงตีพิมพ์เผยแพร่และขอขอบพระคุณผู้อ่านทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านคงได้รับประโยชน์จากผลงานทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ห้วยแสน)

บรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2565)

บทบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ห้วยแสน

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก 1-13

คงเดช พะสีนาม และธันวมาส กาศสนุก

การจัดการโลจิสติกส์ท่องเที่ยวและแพต้นแบบความปลอดภัย หมู่บ้านท่าเรือภูสิงห์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 14-26

ธนดล จันทร์ก้อน ชนาธิป นาคะอินทร์ กรรณิการ์ ภูแก้ว และจุฬาพร จันใด

ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโกและตัวแบบอารีมา 27-40

ทอรุ้ง ประนิล และยลดา ถินวิสัย

เครื่องถอดเข็มฉีดยาแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดระยะเวลาในการถอดเข็มฉีดยา 41-52

ชาญชัย เหลาหา กฤช ตราชู ณรงค์ บุญเสนอ ชัชชล เปรมชัย สวัสดิ์ ณัฐกิติ จันทหาร และธีรวัฒน์ ประนามโก

การทดสอบผลผลิตเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมปรับปรุงใหม่ในพื้นที่จังหวัดพะเยา 53-70

อุเทน ยมทุ่งก้อง สุริยศักดิ์ อุ่นตาล และ บุญฤทธิ์ สินค้างาม

บทความวิจัย (Research Article)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก

Performance Testing on a Small Diesel Engine Using Diesel Mixed with Waste Plastic Diesel

คงเดช พะสีนาม[1*] และ ธันวมาส กาศสนุก[2]
Khongdet Phasinam[1*] and Thanwamas Kassanuk[2]

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
11 ตุลาคม 2565	9 พฤศจิกายน 2565	9 พฤศจิกายน 2565

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีนโยบายสนับสนุนการผลิต การใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ การนำขยะพลาสติกมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กับปัญหาด้านพลังงานภายในประเทศ เพื่อสร้างความมั่นใจว่าน้ำมันที่ได้จากเชื้อเพลิงขยะพลาสติกสามารถนำมาทดแทนได้จริง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ผสมกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก และเปรียบเทียบผลที่ได้กับน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ จากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่สัดส่วนต่างๆ พบว่า เครื่องยนต์ที่ใช้นำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีค่ากำลังเบรกลดลง 7% แรงบิดลดลง 3% และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมากกว่า 1% โดยสรุปน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเป็นพลังงานทางเลือกที่มีศักยภาพนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ได้โดยไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์

คำสำคัญ : สมรรถนะของเครื่องยนต์, เครื่องยนต์ดีเซล, น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก

[1,2] คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[1,2] Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

[*] Corresponding author; email: phasinam@psru.ac.th

Abstract

Thailand has had policies supporting the production and use of renewable and alternative energies in order to reduce its imports of fuels from other countries. Producing the fuels from plastic waste can lower the pollution and energy problems in the country in order to ensure that the fuels can actually be alternatives. The purpose of this research is to study the performance of a single-cylinder diesel engine using waste plastic diesel mixed with commercial diesel. The outcomes were then compared to those obtained using commercial diesel. According to the results of a performance test on diesel engines using different ratios of commercial diesel and waste plastic diesel, it was found that waste plastic diesel causes an engine's brake power to decrease by 7%, brake torque to decrease by 3%, and brake specific fuel consumption to increase by more than 1%. It was concluded that waste plastic diesel offered an alternative energy source with the potential of commercial diesel that could be used without modifying the engines.

Keywords: engine performance, diesel engine, waste plastic diesel

บทนำ

ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศเป็นหลัก พบว่าร้อยละ 60 ของความต้องการพลังงานเชิงพาณิชย์ขั้นต้นมาจากการนำเข้า จากข้อมูลในปี 2562 พบว่ามีสัดส่วนการนำเข้าน้ำมันดิบสูงถึงร้อยละ 87 เมื่อเทียบกับการจัดหาน้ำมันดิบในประเทศ และยังมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเพราะไม่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตปิโตรเลียมในประเทศได้ทันกับความต้องการ [1] การพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกอย่างจริงจังจะช่วยลดการพึ่งพาและนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ทางรัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกที่ผลิตได้ภายในประเทศ ประกอบด้วย พลังงานลม แสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ ชีวมวล ขยะ ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายที่ร้อยละ 30 ในปี 2580 [2] ดังนั้นการผลักดันให้ใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพิ่มขึ้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

นอกจากนี้ การขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วทำให้พฤติกรรมการบริโภคของประชาชนภายในประเทศเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยตามมาภายในประเทศ โดยปี 2564 มี

ขยะมูลฝอยมีปริมาณมากถึง 24.98 ล้านตัน หรือประมาณ 68,434 ตันต่อวัน [3] ซึ่งการกำจัดขยะมูลฝอยส่วนใหญ่ยังไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน [4] อย่างไรก็ตาม ขยะมูลฝอยเหล่านี้มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงาน [5] ดังนั้นการนำขยะมาเพิ่มมูลค่าเป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ไฟฟ้า ความร้อน หรือเชื้อเพลิง เป็นต้น จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมและแก้วิกฤตด้านพลังงานของประเทศได้อีกด้วย [6]

ขยะพลาสติกมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเช่นเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิง จึงสามารถนำมาแปรสภาพให้กลับเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้โดยการเปลี่ยนโมเลกุลให้เล็กลงเพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงเหลว โดยต้องผ่านกระบวนการที่เรียกว่ากระบวนการไพโรไลซิส หรือ Thermal Treatment [7] ซึ่งเป็นกระบวนการแตกตัวของสารที่มีมวลโมเลกุลสูงด้วยความร้อนภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน โดยความร้อนที่ใช้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 450–600 °C [8] ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด จำแนกตามสถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ [9] ซึ่งของเหลวที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสมีคุณสมบัติคล้ายกับน้ำมันดีเซล [10]-[11] จึงสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้

จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำน้ำมันจากขยะพลาสติกมาทดสอบสมบัติและทดสอบการใช้งานกับเครื่องยนต์เบื้องต้น พบว่าน้ำมันจากขยะพลาสติกมีค่าความร้อน ค่าเลขซีเทน ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความหนืด และจุดวาบไฟสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซลเล็กน้อย โดยการทดสอบกับเครื่องยนต์สามารถสร้างกำลังที่ภาระสูงสุดได้มากกว่า มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่า 5–8% และการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าใกล้เคียงกัน สมบัติและการทดสอบน้ำมันจากขยะพลาสติกมีความใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล [12]–[15] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าน้ำมันที่ได้เหล่านี้จะมีศักยภาพนำมาทดแทนน้ำมันเชิงพาณิชย์ได้ แต่คุณภาพที่ได้แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น เทคโนโลยีที่ใช้ ระบบการผลิต และวัตถุดิบ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้มีความมั่นใจและใช้น้ำมันจากขยะพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีข้อมูลสนับสนุนทั้งด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์ การสึกหรอของเครื่องยนต์ และการปลดปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ ซึ่งจะสามารถนำน้ำมันจากขยะพลาสติกมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวเมื่อใช้น้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก

วิธีดำเนินการวิจัย

1) น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ

น้ำมันดีเซลที่ใช้ในการทดสอบนี้จะใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ ตามมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงาน [16] และน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก (Waste Plastic Diesel : WPD) จากกระบวนการไพโรไลซีสที่นำมาจากโรงกลั่นน้ำมันจากขยะพลาสติกของศูนย์ความเป็นเลิศทางชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ผลิตได้ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นไปตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน ยกเว้นค่าการกลั่น และจัดอยู่ในน้ำมันดีเซลประเภทรอบหมุนเร็ว ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งการทดสอบจะใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ผสมกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกในอัตราส่วนต่างๆ โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันดีเซลที่กลั่นได้เปรียบเทียบกับคุณลักษณะของน้ำมันดีเซลตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน [17]

ลำดับ	คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ	น้ำมันดีเซลที่กลั่นได้	อัตราสูง-ต่ำ	กรมธุรกิจพลังงาน	
					หมุนเร็ว	หมุนช้า
1	Specific Gravity at 15.6/15.6 °C	ASTM D1298	0.81	ไม่ต่ำกว่า	0.81	-
				ไม่สูงกว่า	0.87	0.92
2	Cetane Number	ASTM D613	66.1	ไม่ต่ำกว่า	50	45
3	Calculated Cetane Index	ASTM D976	65.8	ไม่ต่ำกว่า	50	45
4	Gross Calorific Value (MJ/kg)	ASTM D240	46.04	-	-	-
5	Kinematic Viscosity @ 40°C (cSt)	ASTM D445	3.103	ไม่ต่ำกว่า	1.8	-
				ไม่สูงกว่า	4.1	8
6	Flash Point (°C)	ASTM D93	50.5	ไม่ต่ำกว่า	52	52
7	Pour Point (°C)	ASTM D97	15	ไม่ต่ำกว่า	10	16
8	การกัดกร่อนแผ่นทองแดง	ASTM D130	หมายเลข 1	ไม่สูงกว่า	หมายเลข 1	-
9	เสถียรภาพต่อการเกิดออกซิเดชั่น (g/m^3)	ASTM D2274	17.8	ไม่สูงกว่า	25	-
10	กำมะถัน (% w/w)	ASTM D2622	0	ไม่สูงกว่า	0.005	1.5
11	กากถ่าน (% w/w)	ASTM D189	<0.10	ไม่สูงกว่า	0.05	-
12	เถ้า (% w/w)	ASTM D482	0.005	ไม่สูงกว่า	0.01	0.02
13	การกลั่น (อุณหภูมิของส่วนที่กลั่นได้โดยปริมาตรในอัตรา 90% (°C)	ASTM D86	371.9	ไม่สูงกว่า	357	-
14	โพลิเมอร์อะโรมาติก (% w/w)	ASTM D2425	3.1	ไม่สูงกว่า	11	-
15	น้ำ (% w/w)	ASTM D2709	0	ไม่สูงกว่า	0.05	0.3
16	คุณสมบัติการหล่อลื่น (μm)	CEC F-06-96	350	ไม่สูงกว่า	460	-

ตารางที่ 2 น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ [18]

ลำดับ	สัดส่วนโดยปริมาตร (WPD : Diesel)	ชนิดเชื้อเพลิง
1	0 : 100	Diesel
2	25 : 75	WPD25
3	50 : 50	WPD50
4	75 : 25	WPD75
5	100 : 0	WPD

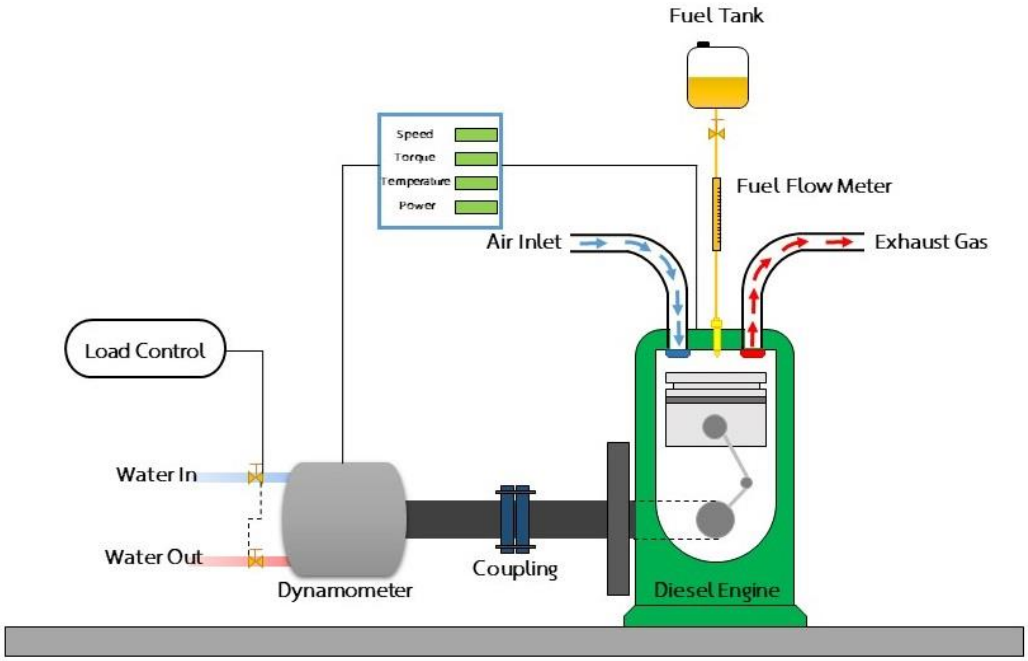
2) เครื่องยนต์ดีเซลและชุดทดสอบสมรรถนะ

เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องยนต์ดีเซลใหม่สูบเดียว ยี่ห้อ Honmar รุ่น DH850E ที่มีสภาพพร้อมใช้งาน และชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อ Essom รุ่น MT502HD (ภาพที่ 1) โดยข้อมูลทางเทคนิคต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลแสดงในตารางที่ 3 และชุดอุปกรณ์การทดสอบและการติดตั้งเครื่องมือวัดต่าง ๆ เพื่อทำการตรวจวัดค่าสมรรถนะของเครื่องยนต์ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 1 เครื่องยนต์ดีเซลและชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

ตารางที่ 3 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ [19]

Specifications	Honmar Model DH850E
Horse Power (hp)	6.7 at 3,600 rpm
Engine Type	Single-cylinder, 4-stroke
Cooling System	Air Cooled Type
Combustion System	Direct Injection
Cylinder Bore x Stroke (mm x mm)	78x62
Cylinder Volume (cm^3)	296
Engine Start System	Recoil
Fuel Capacity (liter)	3.5
Fuel Type	Diesel
Engine Oil Capacity (liter)	1.1
Engine Dimension (mm)	427x383x450
Weight (kg)	33



ภาพที่ 2 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

3) มาตรฐานและการทดสอบ

การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 1550:2016 Internal Combustion Engine–Determination and Method for the Measurement of Engine Power–General Requirements [20] ซึ่งเป็นมาตรการทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ทั่วไปที่ใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในเกือบทุกชนิด ทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ Honmar รุ่น DH850E สำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอ้างอิงและเปรียบเทียบผลกับการทดสอบเครื่องยนต์เดียวกันแต่เปลี่ยนเป็นใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะพลาสติกอัตราส่วนต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 เพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ ได้แก่ กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Engine Brake Power) แรงบิดของเครื่องยนต์ (Engine Brake Torque) และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake Specific Fuel Consumption) ที่ความเร็วรอบต่างๆ (1,900–2,700 rpm)

วิธีการทดสอบเริ่มด้วยการอุ่นเครื่องยนต์เดินเบาที่ 1,000 รอบต่อนาที โดยการหมุน Loading Valve บนไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ทวนเข็มนาฬิกาเพื่อปลดภาระ (แรงบิด) ที่อยู่ในไดนาโมมิเตอร์ให้หมดไปหรือเหลือน้อยที่สุด และให้คงสภาวะนั้นไว้จนเครื่องยนต์มีอุณหภูมิในการทำงานคงที่ประมาณ 70°C จากนั้นปรับตั้งความเร็วรอบของเครื่องยนต์ไปที่ 2,700 รอบต่อนาที (75% ของตำแหน่งเปิดสุด) และเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ด้วยการหมุน Loading Valve บนไดนาโมมิเตอร์ตามเข็มนาฬิกาจนความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลดลง และบันทึกค่าแรงบิด กำลังเบรก และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (BSFC) ทุกความเร็วรอบที่ลดลง 100 รอบต่อนาที จนกระทั่งรอบเครื่องยนต์ลดลงเหลือ 1,900 รอบต่อนาที จึงยุติการทดสอบ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และแสดงผลในรูปของกราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Performance Curves) ตามมาตรฐานสากล [21]

4) สมการที่เกี่ยวข้อง

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \tag{1}$$

$$T = F \times r \tag{2}$$

$$BSFC = \frac{\gamma \times mf}{P} \tag{3}$$

เมื่อ P = กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (kW)

T = แรงบิดของเครื่องยนต์ (Nm)

BSFC = ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (g/kw-hr)

F = แรงหรือภาระงานกระทำที่ระยะรัศมี (N)

r = ระยะรัศมีภาระกระทำ (m)

n = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (rpm)

γ = ความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/m^3)

mf = อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (g/s)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

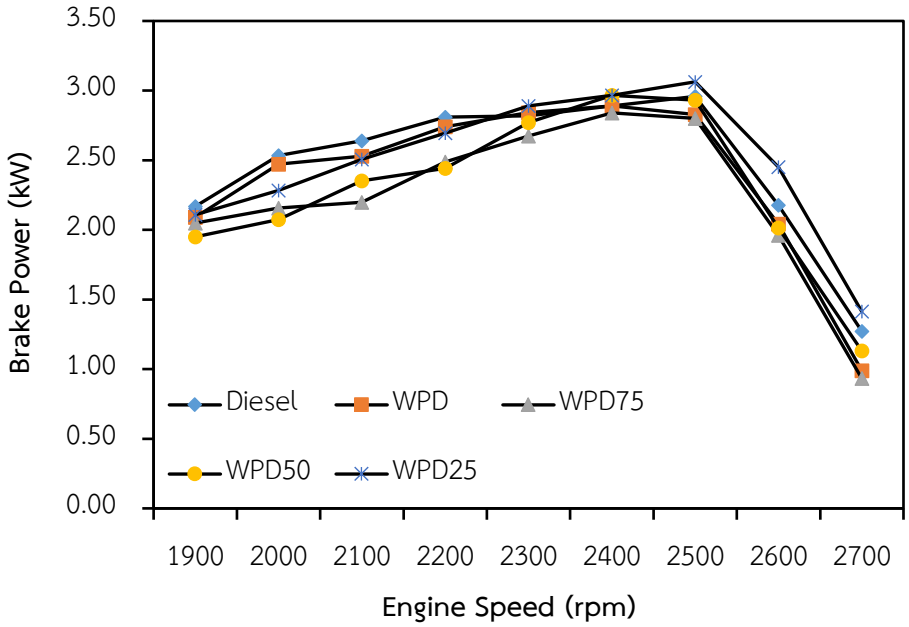
การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ Honmar รุ่น DH850E โดยใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่ความเร็วรอบต่าง ๆ พบว่า กราฟแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงกำลังเบรก แรงบิด และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์ตามความเร็วรอบต่าง ๆ มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วราคม [22] และ Phasinam and Kassanuk [23] โดยกำลังเบรกและแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ได้จากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่สัดส่วนต่าง ๆ จะน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีความถ่วงจำเพาะที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้เครื่องยนต์สามารถฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากหัวฉีดโดยมวลต่อวัฏจักรได้มากขึ้น และอิทธิพลของความแตกต่างของค่าความร้อนไม่แสดงผลต่อแรงบิดและกำลังเบรกของเครื่องยนต์ เนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันดีเซลน้อยกว่าน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเพียงเล็กน้อย แต่การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงในหนึ่งครั้งของน้ำมันดีเซลมีมวลมากกว่า ซึ่งอาจจะชดเชยกันได้ ดังนั้นความแตกต่างของค่าความร้อนจึงไม่ได้แสดงผลต่อแรงบิดและกำลังเบรกของเครื่องยนต์ออกมา

จากภาพที่ 3 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน ซึ่งกำลังเบรกสูงสุดของเครื่องยนต์จะอยู่ในช่วงความเร็วรอบ 2,400–2,500 rpm โดยน้ำมันเชื้อเพลิง WPD25 ให้ค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์สูงสุดที่ 3.06 kW รองลงมาเป็นน้ำมันดีเซล WPD50 WPD75 และ WPD ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิง WPD25 มีค่าความร้อนสูงกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย และมีสัดส่วนการผสมระหว่างน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกน้อยกว่า WPD50 WPD75 และ WPD จึงส่งผลให้กำลังเบรกของเครื่องยนต์สูงสุด อย่างไรก็ตามในช่วงความเร็วรอบ 1,900–2,300 rpm กำลังเบรกของเครื่องยนต์ที่ได้จากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่สัดส่วนต่าง ๆ จะน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์เฉลี่ย 7%

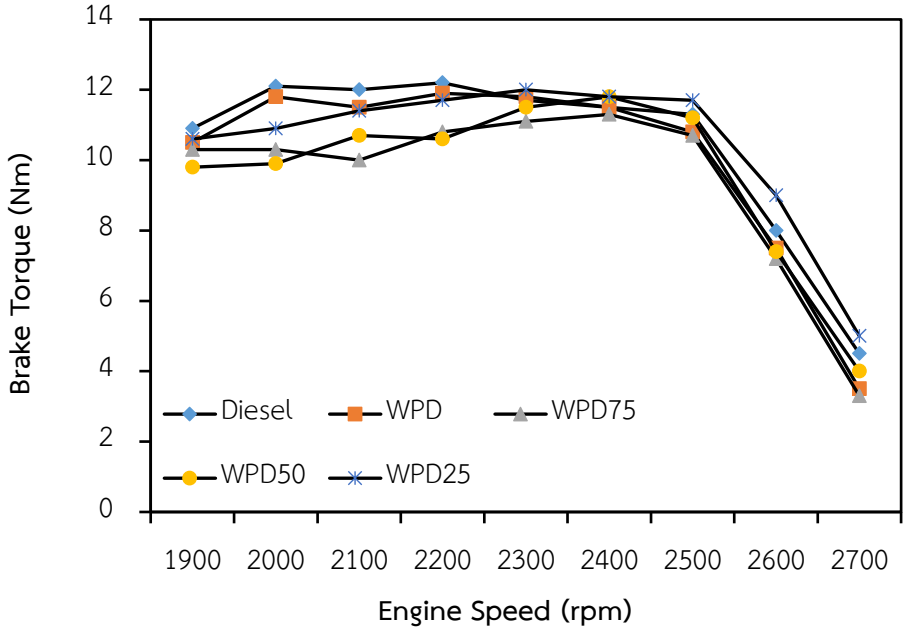
เมื่อพิจารณาแรงบิดของเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่สัดส่วนต่างๆ มีแรงบิดต่ำกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์เล็กน้อย (ภาพที่ 4) โดยเฉพาะในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,000–2,400 rpm ซึ่งเป็นช่วงทำงานปกติของเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,200 rpm ให้ค่าแรงบิดสูงสุด 12.2 Nm ส่วนเครื่องยนต์

ที่ใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่สัดส่วนต่าง ๆ ที่ช่วงการทำงานปกติของเครื่องยนต์จะให้ค่าแรงบิดน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์เฉลี่ย 3%

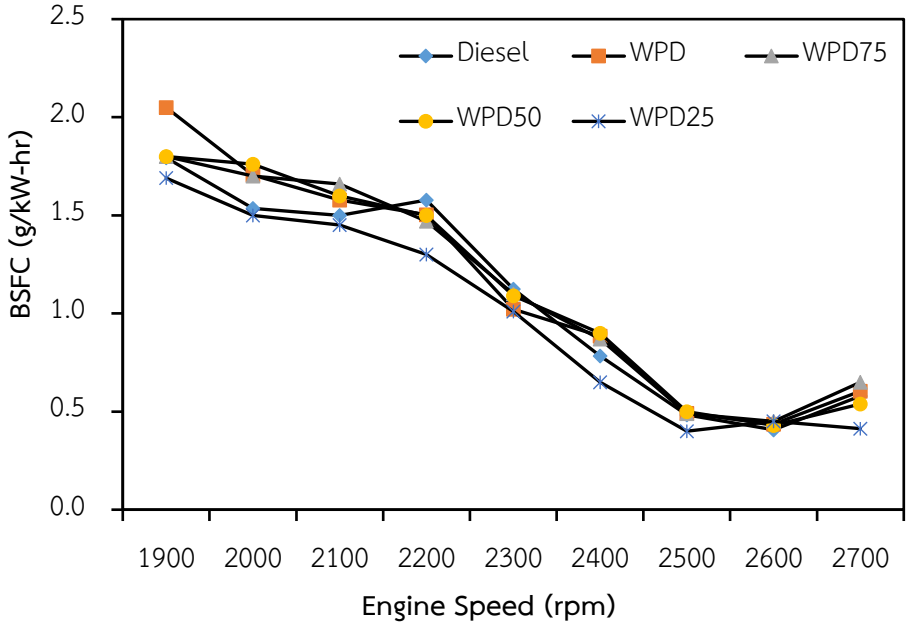
สำหรับอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (ภาพที่ 5) เครื่องยนต์ที่ทดสอบโดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด ในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ใช้งานจริง 2,000–2,600 rpm ให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกันมาก โดยเครื่องยนต์ใช้น้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่สัดส่วนต่าง ๆ มีค่า BSFC มากกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์เพียง 1% ซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกมีกำลังเบรกของเครื่องยนต์ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล ส่งผลให้อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 ผลของความเร็วรอบต่อกำลังเบรคเมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก



ภาพที่ 4 ผลของความเร็วรอบต่อแรงบิดเมื่อใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก



ภาพที่ 5 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่างๆ

สรุปผล

จากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์กับน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติกที่สัดส่วนต่างๆ โดยปริมาตร (0:100 25:75 50:50 75:25 100:0) ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เล็กน้อย โดยทำให้กำลังลดลง ~7% แรงบิดลดลง ~3% และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะมากกว่า ~1% ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำมันดีเซลที่กลั่นได้จากขยะพลาสติกมีศักยภาพที่จะนำมาทดแทนน้ำมันดีเซลเชิงพาณิชย์ได้ โดยไม่ต้องมีการปรับแต่งเครื่องยนต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่สนับสนุนทุนวิจัย และศูนย์ความเป็นเลิศทางชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนน้ำมันดีเซลจากขยะพลาสติก

เอกสารอ้างอิง

1. กรมเชื้อเพลิงพลังงาน กระทรวงพลังงาน. พลังงานเพื่อทุกคน. [Internet] 2562 [มกราคม 28, 2565]. ค้นหาจาก: https://dmf.go.th/public/list/data/index/menu/668.
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2561–2580. [Internet] 2563 [มกราคม 28, 2565]. ค้นหาจาก: www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=54495.
3. สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 9 (อุดรธานี). รายงานสถานการณ์ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564. [Internet] 2564 [ตุลาคม 2, 2565]. ค้นหาจาก: www.mnre.go.th/reo09/th/information/more/425.
4. Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z. and Yoshikawa, K. Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. Energy Procedia. 2014; 47: 180–188.
5. Kommana, S., Chowdary, P., G. and Madhuri, A.H.R. Optimization of Injection Pressure and Compression Ratio of VCR CI Engine Fueled with Waste Plastic Oil Blended with Diesel. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2020; 10(3): 2585–2600.

6. สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. น้ำมันเชื้อเพลิงผลผลิตจากขยะพลาสติก. [Internet] 2559 [ตุลาคม 2, 2565]. ค้นหาจาก: www.parliament.go.th/library.
7. Walendziewski, J. Engine Fuel Derived from Waste Plastics by Thermal Treatment. Fuel. 2002; 81: 473-481.
8. Beld, B.V., Holle, E. and Florijn, J. The Use of Pyrolysis Oil and Pyrolysis Oil Derived Fuels in Diesel Engines for CHP Applications. Applied Energy. 2013; 102: 190–197.
9. จิรพัฒน์พงษ์ เสนาบุตร อมรรัตน์ ปิ่นชัยมูล และ กนกพงษ์ ศรีเที่ยง. การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสพลาสติกพอลิพรอพิลีนเป็นเชื้อเพลิงโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซิลิกาอสัณฐานที่ทำการสกัดได้จากแกลบข้าว. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 2560; 10(2): 12–23.
10. Banar, M., Akyıldız, A., Özkan, A., Çokaygil, Z. and Onay, Ö. Characterization of Pyrolytic Oil Obtained from Pyrolysis of TDF (Tire Derived Fuel). Energy Conversion and Management. 2012; 62: 22–30.
11. Ramanathan, A. and Santhoshkumar, A. Feasibility Analysis of Pyrolysis Waste Engine Oil in CRDI Diesel Engine. Energy Procedia. 2019; 158: 755–760.
12. คณิต วัฒนวิเชียร และ อรวรรณ กรรณิกา. เชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากขยะพลาสติก: การแปรรูปและผลการใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28. 2557; 155–168.
13. Gopidesi, R.K., Sankar, G.R., Kumar, A.D.P., Kumar, A.S. and Srimal, B. Evaluating the Performance and Emission Characteristics of CI Engine with Waste Plastic Oil. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2019; 9(3): 1015–1020.
14. Jatadhara, G.S., Chandrashekar, T.K. and Kumar, N.K. Experimental Study on Characteristics of Direct Injection Compressed Ignition Engine using Waste Plastic Oil and Biodiesel Blends. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2020; 10(3): 2085–2094.
15. Daniel, M.P., Kumar, K.V., Prasad, B.D. and Puli, R.K. Performance and Emission Characteristics of Diesel Engine Operated on Plastic Pyrolysis Oil with Exhaust Gas Recirculation. International Journal of Ambient Energy. 2017; 38(3): 295–299.

16. กรมธุรกิจพลังงาน. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันดีเซล. [Internet] 2563 [ตุลาคม 5, 2565]. ค้นหาจาก: http://elaw.doeb.go.th/document_doeb/TH/699TH_0001.pdf.
17. Arjharn, W., Liplap, P., Maithomklang, S., Thammakul, K., Chuepeng, S., and Sukjit, E. Distilled Waste Plastic Oil as Fuel for a Diesel Engine: Fuel Production, Combustion Characteristics, and Exhaust Gas Emissions. ACS Omega. 2022; 7(11), 9720–9729.
18. ธวัชชัย ทรายขาว ทรงศักดิ์ สุวรรณศรี และ รัชพล สันติวรากร. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันจากขยะพลาสติกและผลกระทบ เมื่อใช้กับเครื่องยนต์ CI ขนาดเล็ก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ระดับชาติครั้งที่ 2. 2558; 60–69.
19. บริษัท เอสซอม จำกัด. คู่มือการใช้และการทดลอง MT502HD ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์. กรุงเทพฯ: บริษัท เอสซอม จำกัด; 2555. 65.
20. International Organization for Standardization. ISO 15550: 2016 Internal Combustion Engines–Determination and Method for the Measurement of Engine Power–General Requirements. [Internet] 2016 [January 26, 2022]. Available: www.iso.org/standard/70030.html.
21. Phasinam, K., Nikhomchaiprasert, K., Arjharn, W., and Kassanuk, T. Performance and Wearing of a Diesel Engine with Blends of Biodiesel and High Speed Diesel. Life Sciences and Environment Journal. 2021; 22(1): 48–61.
22. วราคม วงศ์ชัย. ผลกระทบของอัตราส่วนผสมน้ำมันไพโรไลซิสและน้ำมันดีเซลต่อสมรรถนะและก๊าซไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 2557; 10(2): 72–84.
23. Phasinam, K., and Kassanuk, T. Long-term Wear and Performance Testing in Small Diesel Engines Using Waste Plastic Diesel. International Journal of Mechanical Engineering. 2022; 7(1): 1562–1567.

บทความวิจัย (Research Article)

การจัดการโลจิสติกส์ท่องเที่ยวและแพต้นแบบความปลอดภัย หมู่บ้านท่าเรือภูสิงห์ จังหวัดกาฬสินธุ์

Logistics Management and Safety Prototype Tourism Rafts of Ban Tha Ruea Phu Sing, Kalasin Province

ธนดล จันทร์ก้อน[1*] ชนาธิป นาคะอินทร์[2] กรรณิการ์ ภูแก้ว[3] และจุฬาพร จันใด[4]
Thanadon Jankon[1*], Chanatip naka-in[2], Khannika Phookeaw[3] and Juraporn jandai[4]

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
22 พฤศจิกายน 2565	08 ธันวาคม 2565	15 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

การจัดการโลจิสติกส์ท่องเที่ยวและแพต้นแบบความปลอดภัย หมู่บ้านท่าเรือภูสิงห์ จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นการร่วมมือกันระหว่างนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และเทคโนโลยีขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์กับ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาบ้านท่าเรือภูสิงห์ในพื้นที่อำเภอสหัสขันธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวฯ เพื่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น และส่งเสริมแพท่องเที่ยวต้นแบบเรื่องความปลอดภัย การศึกษาวิจัยได้นำเอาการจัดการห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ท่องเที่ยวมาประยุกต์ใช้ จากการร่วมหารือกับกลุ่มวิสาหกิจฯ เพื่อวิเคราะห์ วางแนวทางและแนวปฏิบัติในการส่งเสริมการตลาดเพื่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น พบว่ากลุ่มวิสาหกิจฯ ยังขาดการเคลื่อนที่ของสารสนเทศ (Information Flow) ทีมวิจัยจึงได้ออกแบบและจัดทำป้ายประชาสัมพันธ์ทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์เพื่อเพิ่มช่องทางในการประชาสัมพันธ์ให้กับนักท่องเที่ยวได้มากขึ้น และยังมีการส่งเสริมเรื่องความปลอดภัยให้กับวิสาหกิจฯ เพื่อตรวจสอบความพร้อมก่อนทำการรับรองนักท่องเที่ยว และมีการเก็บข้อมูลจำนวนลูกค้าก่อน-หลังการทำการประชาสัมพันธ์พบว่า สามารถส่งผลให้สามารถเพิ่มรายได้แก่กลุ่มวิสาหกิจฯ ถึง 8,000 บาท

[1, 2, 3, 4] คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[1, 2, 3, 4] Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University
* Corresponding author; email: chanatip.na@ksu.ac.th

ต่อเดือน เพิ่มขึ้นร้อยละ 40 และสามารถเป็นต้นแบบของแพท่องเที่ยวที่ปลอดภัยแก่วิสาหกิจชุมชนใกล้เคียง และพื้นที่อื่นในลักษณะเดียวกันได้

คำสำคัญ: ห่วงโซ่อุปทาน, การประชาสัมพันธ์, ความปลอดภัย

Abstract

Logistics Management and Safety Prototype Tourism Rafts of Ban Tha Ruea Phu Sing, Kalasin Province. Which is a collaboration between students in Logistics Engineering and Transportation Technology, faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University with local entrepreneurs in Sahatsakhan district. The objective of the study is to create tourism public relations to generate more income and promote tourism rafts as a model for safety. The research study applied supply chain management and tourism logistics in consultation with the Group of Enterprises to analyze, lay out guidelines and practices for promoting marketing in order to generate more revenue, it was found that the group of enterprises lacked information flow. The research team has designed and created signage both online and offline to increase the channels of publicity for tourists. There is also a promotion of safety for enterprises to check their readiness before certifying tourists. Data collected on the number of customers before and after the public relations operation showed that it could result in an increase in revenue for enterprises by 8,000 baht per month, an increase of 40 percent, and could serve as a model of safe tourism rafts for nearby community enterprises and other similar areas.)

Keywords: Supply chain, Publicity, Safety

บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีแนวโน้มการเติมโตสูงมากขึ้นในอนาคต ทั้งนี้เพราะการท่องเที่ยวสามารถทำรายได้มหาศาล ในสภาวะที่ประเทศประสบปัญหาภัยแล้ง ภาวะซบเซาในภาคการส่งออก ความผันผวนของตลาด และปัญหาทางการเมือง การท่องเที่ยวได้ทำหน้าที่เป็นสิ่งขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีนักท่องเที่ยวเดินทางเข้ามาเที่ยวในประเทศกว่า 35 ล้านคน ทำรายได้ให้กับประเทศกว่า 1,824 ล้านบาท ส่วนรายได้จากการท่องเที่ยวภายในประเทศกว่า 930 ล้านบาท และแนวโน้มการท่องเที่ยวในปี พ.ศ. 2561 คาดว่าประเทศไทยจะมีรายได้จากการท่องเที่ยวทั้งชาวไทย

และชาวต่างชาติกว่า 3 ล้านล้านบาท [1] โดยกระตุ้นการท่องเที่ยวในท้องถิ่นภายใต้แคมเปญ Amazing Thailand Go Local หรือ เที่ยวท้องถิ่นไทย ชุมชนเติบใหญ่ เมืองไทยเติบโต ทั้งนี้ เพื่อกระจายโอกาสในเชิงพื้นที่ คือ การเพิ่มจำนวนนักท่องเที่ยวเข้าสู่เมืองรองและชุมชนไม่น้อยกว่า 10 ล้านคน [2] แต่ในปัจจุบันสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตของประชาชนเป็นอย่างมาก อาทิเช่น การเว้นระยะห่างทางสังคม การป้องกันด้านสุขอนามัย การเดินทาง เงื่อนไขการใช้ระบบขนส่งสาธารณะและการท่องเที่ยว เป็นต้น ซึ่งกระทบกับการท่องเที่ยวโดยตรง เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมหลักที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ

จังหวัดกาฬสินธุ์เป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจประกอบด้วย พระธาตุยาคู พิพิธภัณฑ์สิรินธร พระพุทธสถานภูปอ หาดดอกเกด เมืองฟ้าแดดสูงยาง เขื่อนลำปาว และหมู่บ้านวัฒนธรรมโนนสง่า เป็นต้น สถิติทางการท่องเที่ยวในจังหวัดกาฬสินธุ์ ได้ถูกรวบรวมโดยกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา พบว่าในปี 2562 มีข้อมูลจำนวนผู้เข้าพัก ผู้เยี่ยมเยือนทั้งที่เป็นคนไทยและชาวต่างชาติ ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ถึง 1,241.89 ล้านบาท ต่อมาในปี 2563 พบว่ารายได้จากการท่องเที่ยวลดลง 58.11% รวมทั้งจำนวนผู้เข้าพักลดลงถึง 52.92% [3] ปัญหาที่เกิดขึ้นจากรายได้ที่ลดลงก่อให้เกิดผลกระทบต่อธุรกิจการท่องเที่ยวภายในจังหวัดกาฬสินธุ์เป็นอย่างมาก

ชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์ ตั้งอยู่ที่ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งได้มีกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาบ้านท่าเรือภูสิงห์ รวมทั้งกลุ่มที่ทำธุรกิจท่องเที่ยวเชิงวิถีตั้งอยู่ ก่อนหน้าจะมีสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 การดำเนินการธุรกิจแพท่องเที่ยวในชุมชนได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง มีหน่วยงานทั้งทางภาครัฐและเอกชนเข้ามาช่วยสนับสนุน จัดอบรมเพื่อเพิ่มองค์ความรู้และร่วมพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูป ระบบบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนการท่องเที่ยวแพสะดุ้งปลา แพตกปลา แพพักอาศัย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์แปรรูปปลาซึ่งเป็นของฝากประจำถิ่น จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 ได้ระบาดต่อเนื่องทำให้ปัจจุบันธุรกิจได้ประสบปัญหาขาดแคลนนักท่องเที่ยว รายได้ลดลง นอกจากนี้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาบ้านท่าเรือภูสิงห์ที่มีการทำธุรกิจแพท่องเที่ยวด้วยนั้น ยังประสบปัญหาเรื่องการขาดการ ประชาสัมพันธ์ โดยเฉพาะในปัจจุบันคือยุค New normal ที่สะดวกที่สุดคือช่องทางออนไลน์ อีกทั้งยังขาดแคลนอุปกรณ์ป้องกันและดูแลความปลอดภัยแก่นักท่องเที่ยวที่ใช้บริการแพท่องเที่ยว

การจัดการโลจิสติกส์ เป็นการวางแผน ปรับปรุง และควบคุมการไหลของสินค้า การจัดเก็บสินค้า ให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล ตั้งแต่ต้นทางของสินค้าจนถึงปลายทาง คือถึงมือผู้บริโภค [4] และนอกจากการไหลของของสินค้าทางกายภาพแล้ว ยังมีความเกี่ยวข้องกับการไหลของข้อมูลซึ่งสนับสนุนให้เกิดประสิทธิภาพในกระบวนการทางด้านโลจิสติกส์ ประกอบด้วย การขนส่ง การจัดการสินค้าคงคลัง การจัดการวัตถุดิบและการบรรจุหีบห่อ [5]-[6] นอกจากนี้ยังมีการกล่าวว่า โลจิสติกส์

ไม่ได้มีเฉพาะการบริหารจัดการ แต่ในปัจจุบันยังได้มีการนำมาบูรณาการกับอุตสาหกรรมด้านอื่นๆ ด้วย อาทิ โลจิสติกส์การท่องเที่ยว (Tourism logistics) [7] การพิจารณารูปแบบการจัดการโลจิสติกส์ด้านการท่องเที่ยว มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำความเข้าใจในห่วงโซ่อุปทานของการท่องเที่ยว เนื่องจากแนวคิดและรูปแบบการจัดการโลจิสติกส์เป็นการบริหารจัดการ การไหลเวียนภายในห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งประกอบด้วย กายภาพ การเงิน และสารสนเทศ เป็นต้น ดังนั้นโลจิสติกส์สำหรับการท่องเที่ยว คือ การประยุกต์ใช้ศาสตร์ด้านการจัดการเคลื่อนที่อย่างมีระบบแบบแผน ประกอบด้วย การจัดการเคลื่อนที่ทางกายภาพ (Physical Flow) การเคลื่อนที่ของสารสนเทศ (Information Flow) และการเคลื่อนที่ทางการเงิน มาประยุกต์ใช้กับการจัดการท่องเที่ยวเพื่อให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด [6], [8]-10]

เถกิงศักดิ์ ชัยชาญ [9] ได้กล่าวไว้ว่า การเคลื่อนที่ของสารสนเทศ (Information Flow) คือ การให้ข้อมูลข่าวสารแก่นักท่องเที่ยว เช่น ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว ป้ายบอกทาง ป้ายแนะนำสถานที่ คำแนะนำข้อควรปฏิบัติในสถานที่ คำเตือนระวังภัย เป็นต้น ซึ่งในข้อเสนอแนะในมุมมองของผู้ที่เกี่ยวข้องด้านการเคลื่อนที่ของสารสนเทศ เน้นเรื่องการจัดทำเวปไซต์ในการประชาสัมพันธ์ผ่านระบบออนไลน์ จัดทำป้ายบอกทาง แผนที่การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดความสนใจแก่นักท่องเที่ยวมากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ อดิศัย วรรธนะภูติและคณะ [6] ยังกล่าวถึงการไหลข้อมูลสารสนเทศ การสร้างแอพลิเคชั่นในการให้บริการนักท่องเที่ยวที่เป็นมาตรฐาน เพื่ออำนวยความสะดวกในการท่องเที่ยวและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับการท่องเที่ยว ทั้งยังเป็นส่วนช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและตลาดสินค้าในจังหวัดได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำรูปแบบการประชาสัมพันธ์เพื่อเป็นการเสริมสร้างกลยุทธ์ในการสร้างมูลค่าเพิ่ม ส่งเสริมการท่องเที่ยว [11], [12] แต่การศึกษาส่วนมากเป็นไปในลักษณะของความพึงพอใจ การรับรู้ของนักท่องเที่ยว เพื่อจัดทำและเสนอแนะนโยบายเพื่อการพัฒนาการท่องเที่ยว และจัดทำประชาสัมพันธ์ให้ขยายไปในวงกว้างมากขึ้น แต่ยังไม่เคยมีการนำมาใช้กับกล่มผู้ประกอบการถึงผลที่ได้จากการจัดทำการประชาสัมพันธ์และวัดผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของรายได้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจและยังคงมีการศึกษาน้อย

จากสถานการณ์การท่องเที่ยวที่ลดลงเนื่องจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด 19 ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องได้รับการพิจารณาแก้ไขเพื่อฟื้นฟูอย่างเร่งด่วน และการนำห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวมาใช้ในการศึกษาและช่วยแก้ไขปัญหาจากงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนมากเสนอแนะเรื่องการไหลข้อมูลสารสนเทศ ทำให้คณะผู้จัดทำโครงการฯ เล็งเห็นแนวทางในการช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว อีกช่องทางหนึ่งคือการเพิ่มศักยภาพในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและเกิดการสร้างรายได้ โดยการนำหลักการจัดการโลจิสติกส์มาช่วยเพิ่มศักยภาพการให้บริการนักท่องเที่ยวไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ

ได้เป็นอย่างดี โดยการนำข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวเชิงวิถีของหมู่บ้านท่าเรือภูสิงห์มาศึกษาห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยว จัดทำช่องทางประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์เพื่อเข้าถึงกลุ่มลูกค้าให้มากยิ่งขึ้น พร้อมพัฒนาแพท่องเที่ยวต้นแบบเรื่องความปลอดภัยให้แก่ลูกค้าและชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจัดทำการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงวิถีให้กับชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์ เพื่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น

2. เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

ทีมวิจัยได้เลือกกลุ่มเป้าหมาย 1 ชุมชนคือ ชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์ ตั้งอยู่ที่ ตำบลภูสิงห์ อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งมีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลา บ้านท่าเรือภูสิงห์ เพื่อรวมกลุ่มในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูป การทำธุรกิจท่องเที่ยวแพสะดุ้งปลา แพตกปลา แพพักอาศัย เป็นต้น โดยที่สมาชิกในกลุ่มฯ มีจำนวน 30 คน

2. เครื่องมือในการวิจัย

ทีมผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการดำเนินการทางโลจิสติกส์ คือ เข้าไปศึกษาข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มวิสาหกิจบ้านท่าเรือภูสิงห์ เพื่อศึกษาห่วงโซ่อุปทานของการท่องเที่ยวของวิสาหกิจชุมชนฯ ดังกล่าว โดยจะแบ่งเป็น ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ของกลุ่มเป้าหมายนี้

ในส่วนของข้อมูลนักท่องเที่ยว ทีมวิจัยได้รวบรวมจากวิสาหกิจชุมชนฯ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทีมผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์เชิงบรรยายเป็นข้อความในการอธิบายห่วงโซ่อุปทาน การวางแผนการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงวิถีให้กับชุมชนบ้านท่าเรือภู โดยการจัดทำการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวแบบ Online และ Offline และนำผลที่ได้จากการเสนอแนะแนวทางคำนวณออกมาในรูปแบบร้อยละ เนื่องจากมีการพิจารณาเรื่องรายได้ที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ ยังได้มีการส่งเสริมมาตรการด้านความปลอดภัยให้แก่นักท่องเที่ยว ให้เป็นแพต้นแบบเรื่องความปลอดภัย และสรุปผลการศึกษาวิจัย

ผลการวิจัย

1. การศึกษาห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวเชิงวิถีชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์

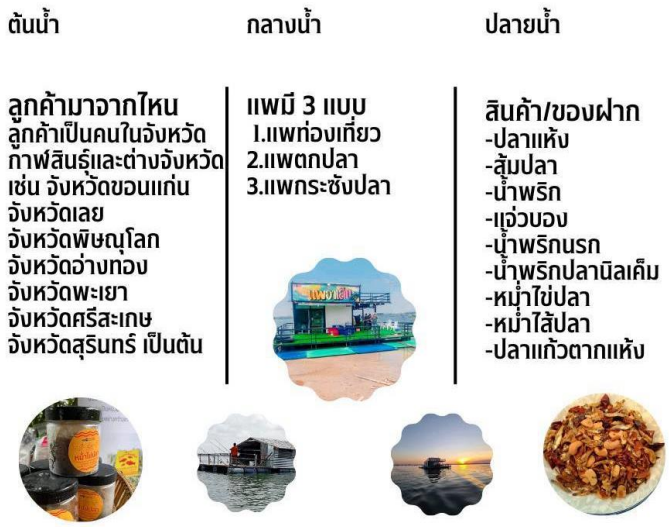
ข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เพื่อศึกษาห่วงโซ่อุปทาน เป็นการพัฒนารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการจัดการห่วงโซ่ อุปทานการท่องเที่ยว เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน มีองค์ประกอบ 3 ด้าน [13-15] ดังนี้

1) สภาพห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวเกี่ยวกับปัจจัยทางด้านต้นน้ำ มี 2 ตัวแปร คือ นักท่องเที่ยวในจังหวัดกาฬสินธุ์ และนักท่องเที่ยวที่มาจากจังหวัดต่างๆ ทั่วทุกภาค ได้แก่ ขอนแก่น เลย พิษณุโลก อ่างทอง พะเยา ศรีสะเกษ และสุรินทร์

2) สภาพห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวเกี่ยวกับปัจจัยทางด้านกลางน้ำมี 3 ตัวแปร คือ แพท่องเที่ยว แพตกปลา และกระชังปลา

3) สภาพห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวเกี่ยวกับปัจจัยทางด้านปลายน้ำ มี 2 ตัวแปร คือ ความปลอดภัยของนักท่องเที่ยว และสินค้า/ของฝาก

แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวเชิงวิถีชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์

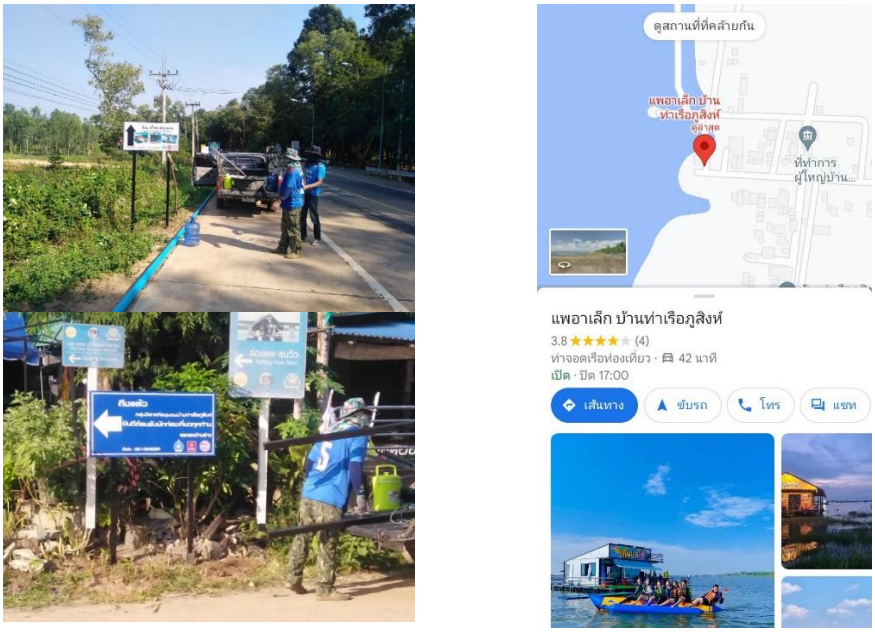
2. การประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงวิถีให้กับชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์

ทีมผู้วิจัยได้ร่วมหารือกับประชาชนในชุมชนฯ วิเคราะห์ วางแนวทางและแนวปฏิบัติในการส่งเสริมการตลาดเพื่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่า ชุมชนฯ ขาดการประชาสัมพันธ์ ไม่เป็นที่รู้จัก เพราะหากกล่าวถึงการท่องเที่ยวบริเวณเขื่อนลำปาว สะพานเทพสุดา จะนึกถึงแค่แพขายอาหาร แต่แพท่องเที่ยว แพตกปลา และกระชังปลา ที่เป็นการท่องเที่ยวเชิงวิถีชุมชนฯ ยังไม่เป็นที่รู้จัก เพื่อให้รู้จักในวงกว้างให้ประชาชนในจังหวัดกาฬสินธุ์ และจังหวัดอื่นๆ ทั้งที่เคยเป็นลูกค้าเก่า และสร้างฐานข้อมูลลูกค้าใหม่ ผ่านช่องทางการประชาสัมพันธ์ โดยมีแนวทางดังต่อไปนี้

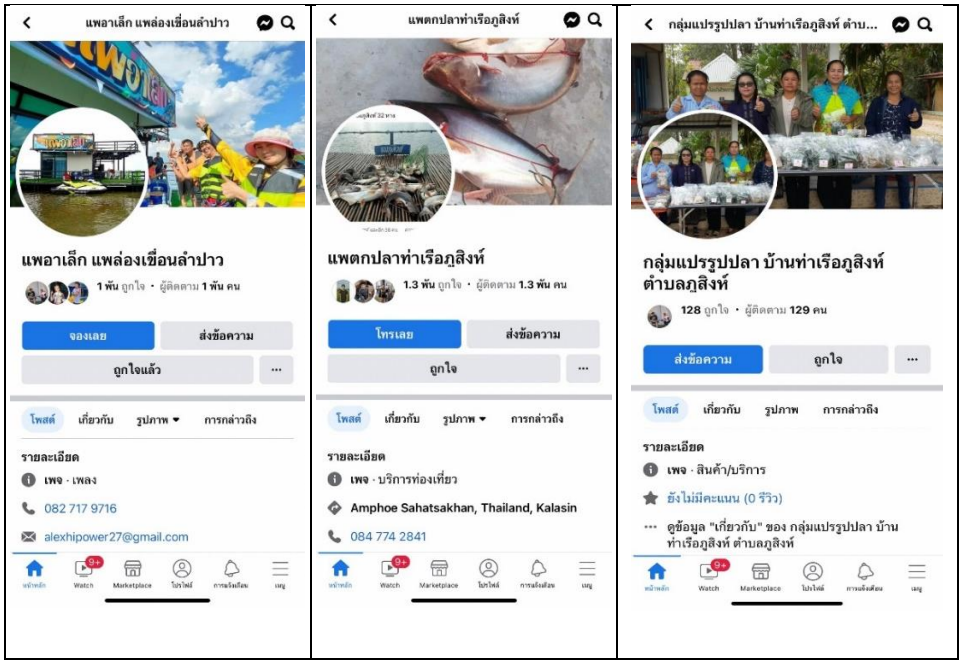
1) รูปแบบ Offline โดยการจัดทำป้ายประชาสัมพันธ์เส้นทางการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว และระบุตำแหน่งที่ตั้งของกลุ่มวิสาหกิจฯ บ้านท่าเรือภูสิงห์

2) รูปแบบ Online โดยการใช้ช่องทาง Facebook, Page การท่องเที่ยว

โดยผลการดำเนินงานเป็นไปตามภาพที่ 2 (1) และ 2 (2)



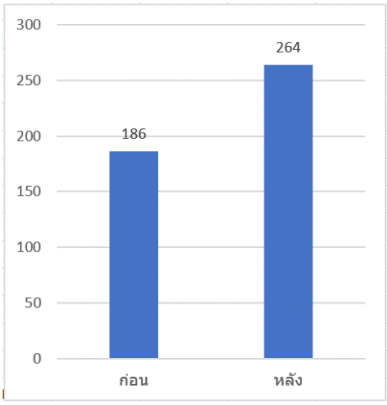
ภาพที่ 2 (1) ป้ายประชาสัมพันธ์เส้นทางการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว และระบุตำแหน่งที่ตั้ง



ภาพที่ 2 (2) การประชาสัมพันธ์ในรูปแบบ Online

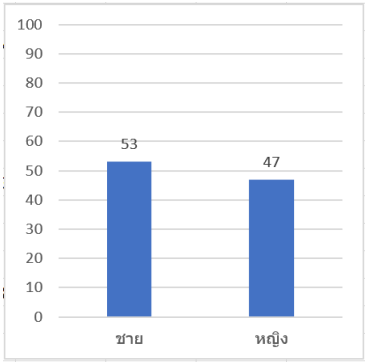
3. ผลการวิเคราะห์การเพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์

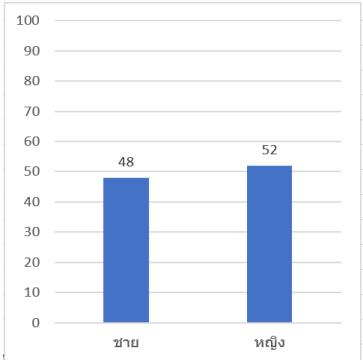
ทีมผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์จากกลุ่มวิสาหกิจฯ ซึ่งพบว่านักท่องเที่ยวก่อนประชาสัมพันธ์มีจำนวนอยู่ที่ 186 คน (มีนาคม 2565 – มิถุนายน 2565) หลังจากประชาสัมพันธ์ไปแล้ว (กรกฎาคม 2565 – พฤศจิกายน 2565) ข้อมูลนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นเป็น 264 คนคิดเป็นร้อยละ 41.9 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 จำนวนนักท่องเที่ยวก่อนและหลังประชาสัมพันธ์ฯ

ก่อนการประชาสัมพันธ์นักท่องเที่ยวฯ จำแนกเป็นเพศ ชาย และ หญิง โดยเพศชายคิดเป็นร้อยละ 53 และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 47 เทียบ จากข้อมูลนักท่องเที่ยว 186 คน ในขณะที่หลังทำการประชาสัมพันธ์พบว่านักท่องเที่ยวที่มาใช้บริการท่องเที่ยวจำแนกเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 48 และเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 52 เทียบจากข้อมูลนักท่องเที่ยว 264 คน แสดงได้ดังภาพที่ 4

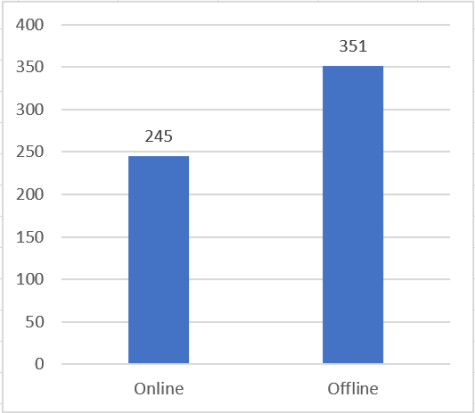




ข้อมูลของนักท่องเที่ยวก่อนประชาสัมพันธ์ฯ ข้อมูลของนักท่องเที่ยวหลังประชาสัมพันธ์ฯ

ภาพที่ 4 จำนวนนักท่องเที่ยวก่อนและหลังประชาสัมพันธ์ฯ

ข้อมูลนักท่องเที่ยวเมื่อมีการจำแนกเป็นรูปแบบ Online และ Offline ที่มาใช้บริการแพท่องเที่ยวโดยข้อมูลนักท่องเที่ยวก่อน 245 คน และข้อมูลนักท่องเที่ยวหลัง 351 คน แสดงได้ดังแผนภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ข้อมูลนักท่องเที่ยวแบ่งเป็น Online Offline

จากผลของการจัดการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงวิถีให้กับชุมชนบ้านท่าเรือภูสิงห์ทั้ง 2 รูปแบบ สามารถเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจฯ ซึ่งผลการดำเนินโครงการฯ เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินผลสัมฤทธิ์โดยการเปรียบเทียบ ก่อน-หลัง ทำการประชาสัมพันธ์

ตัวชี้วัด	ก่อน (บาท)	หลัง (บาท)	เปรียบเทียบก่อน-หลัง (บาท)	คิดเป็นร้อยละ
รายได้	20,000	28,000	8,000	40

ซึ่งผลจากตารางที่ 1 พบว่า การประชาสัมพันธ์ทั้ง 2 รูปแบบ สามารถเพิ่มรายได้จากค่าเช่าแพท่องเที่ยว ซึ่งจะรวมการนั่งแพตกปลาและแพกระชังปลาด้วยเป็นกิจกรรมเดียวกัน ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจฯ ถึง 8,000 บาทต่อเดือน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับรายได้ก่อนทำการประชาสัมพันธ์

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการร่วมมือกันระหว่างนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และเทคโนโลยีขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์กับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแปรรูปปลาบ้านท่าเรือภูสิงห์ในพื้นที่อำเภอสหัสขันธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวฯ เพื่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น และส่งเสริมแพท่องเที่ยวต้นแบบเรื่องความปลอดภัย การศึกษาวิจัยได้นำเอาการจัดการห่วงโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ท่องเที่ยวมาประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการไหลของสารสนเทศ (Information flow) [6, 8-10] เน้นเรื่องการจัดทำการประชาสัมพันธ์

การลงพื้นที่สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มวิสาหกิจบ้านท่าเรือภูสิงห์ เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจบ้านท่าเรือภูสิงห์ทางคณะผู้วิจัยจึงทราบว่า ปัญหาของกลุ่มวิสาหกิจบ้านท่าเรือภูสิงห์คือการไม่เป็นที่รู้จัก หรือการขาดการประชาสัมพันธ์ คณะผู้จัดทำโครงการจึงทำการแก้ไขปัญหานี้ด้วยการจัดทำการประชาสัมพันธ์ทั้งแบบ Online และ Offline อีกทั้งยังส่งเสริมเรื่องความปลอดภัยให้แกกลุ่มวิสาหกิจบ้านท่าเรือภูสิงห์โดยการจัดทำ Check list ให้กับกลุ่มวิสาหกิจบ้านท่าเรือภูสิงห์เพื่อทำการตรวจสอบความพร้อมของแพก่อนที่จะรับลูกค้า ทำให้กลุ่มวิสาหกิจบ้านท่าเรือภูสิงห์มีผู้คนรู้จักมากขึ้นส่งผลทำให้เกิดรายได้เข้ามาในชุมชน ไม่ว่าจะเป็นรายได้จากการเช่าแพ สินค้า OTOP หรือแม้แต่สินค้าของชาวบ้านที่นำมาขายให้กับนักท่องเที่ยวเกิดการสร้างรายได้

ให้กับชุมชน และผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีการเก็บข้อมูลการเพิ่มขึ้นของนักท่องเที่ยวก่อนและหลังการประชาสัมพันธ์ ซึ่งพบว่า มีนักท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 41.9 และก่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 40 ซึ่งต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งไม่ได้มีการศึกษาเรื่องการเพิ่มขึ้นของผลที่เกิดขึ้นจากการทำการประชาสัมพันธ์ โดยที่งานวิจัยที่ผ่านมา อาทิ เถกิงศักดิ์ ชัยชาญ [9], อดิศัย วรรธนะภูติ และคณะ [6] ตลอดจน ฐิติพร คณาวงษ์ [12] และ ฐิติพร คณาวงษ์ [12] ศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพจากกลุ่มนักท่องเที่ยว โดยเน้นความพึงพอใจ การรับรู้ และการภักดีต่อสถานที่ท่องเที่ยว และนำเสนอในรูปแบบแนวทางในการสร้างนโยบายและความพึงพอใจแก่นักท่องเที่ยว

การศึกษาวิจัยนี้นอกจากจะเป็นประโยชน์ในด้านการนำเอาศาสตร์ความรู้ด้านโลจิสติกส์ท่องเที่ยวมาประยุกต์ใช้กับวิสาหกิจชุมชนแล้ว แต่ก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องของการรวบรวมข้อมูล เนื่องจากการศึกษาและร่วมมือของกลุ่มผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการที่เป็นสมาชิกในวิสาหกิจชุมชนเท่านั้น ไม่ได้มีการออกแบบและเก็บข้อมูลในส่วนของนักท่องเที่ยว ทำให้ขาดมุมมองในฐานะนักท่องเที่ยวต่อการประชาสัมพันธ์ ในการศึกษาวิจัยครั้งถัดไปอาจจะต้องมีการเพิ่มการศึกษาทั้งส่วนของนักท่องเที่ยวและผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยว เพื่อหาจุดสมดุลในความพึงพอใจและอาจช่วยเพิ่มรายได้หรือประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านโลจิสติกส์ท่องเที่ยว ในส่วนของการไหลทางกายภาพ และการไหลของการเงินด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. สถิตินักท่องเที่ยว ปี 2560 (Tourism Statistics 2017) 2560 Available from: https://www.mots.go.th/news/category/504. .
2. การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. Amazing Thailand Go Local 2561 [Available from: https://www.tat.or.th/th.
3. กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. กองเศรษฐกิจการท่องเที่ยวและกีฬา 2564
4. Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). The Glossary of Terms. 2012 January 25.
5. Kasikorn Asset Management. Annual Report Gold Property Fund (Lease Hold) Since 1 January 2018 – 31 December 2018.; 2017.
6. อดิศัย วรรธนะภูติ, จันทนา แสนสุข, จันทิมา บุญอนันต์วงค์, อัจฉราพร โชตน์วรกาญจน์. การจัดการโลจิสติกส์เพื่อการท่องเที่ยวส่งผลต่อประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์และความภักดีของนักท่องเที่ยวในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารการจัดการสมัยใหม่. 2563;18 (2) :15.
7. Banomyong R. Measuring Logistics and Supply Chain Performance Textbook. Bangkok: ITL Trade Media; 2016.
8. ชัยธวัช ทองอินทร์. กระบวนทัศน์ของการจัดการโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไทย 2549 [Available from: http://www.thailog.org/research.html.
9. เถกิงศักดิ์ ชัยชาญ. การจัดการโลจิสติกส์สำหรับการท่องเที่ยวในอำเภอวังน้ำเขียวจังหวัดนครราชสีมา. Suranaree Journal of Social Science (Suranaree J Soc Sci: SJSS). 2555;6(2):18.
10. สวิตต์ จันทร์ธาดารัตน์, ซูลกิฟลี มาหะมะ. การบริหารจัดการโลจิสติกส์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาหมู่บ้านคีรีวง: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2562.
11. กุสุมา ภูเสตว์. การประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553.
12. ฐิติพร คณาวงษ์. สัมฤทธิผลการประชาสัมพันธ์เพื่อการส่งเสริมการท่องเที่ยวโครงการ "12 เมืองต้องห้ามพลาด" ของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2558.
13. Jooste CJ. Marketing management in the tourism establishment. Pretoria r, editor: Van Schaik Publishers; 2005.

14. Tapper R, Font X, editors. Tourism supply chains. Report of a Desk Research Project for the Travel Foundation2004.
15. Sagaroon T. An Analytical Framework of Sustainability Supply Chain Management. การประชุมเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ครั้งที่ 8, 2011.

บทความวิจัย (Research Article)

ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโก

EFFECTS OF DRYING METHODS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF *CNIDOSCOLUS ACONITIFOLIUS* LEAVES

ทอรุ้ง ประนิล[1*] และ ยลดา ถินวิสัย[2]
Thorung Pranil[1*] and Yonlada Thinvisai[2]

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
25 พฤศจิกายน 2565	25 ธันวาคม 2565	26 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการทำแห้ง 3 วิธี คือ การทำแห้งแบบถาด การทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ และการทำแห้งแบบระเหิด ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโกผง พบว่า ใบคะน้าเม็กซิโกที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดจะมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด (4.07±0.11%) มีค่าความสว่าง และค่าสีเขียวสูงสุด (L^*=49.01±1.34 และ b^*=19.67±1.50) นอกจากนี้ ใบคะน้าเม็กซิโกที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุด (16.02±0.21 mg GAE /g และ 123.33±11.96 mg Qucertin/g) รวมถึงมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP Assay สูงที่สุด (80.61±0.53 mg/g) เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งแบบถาด (71.32±0.31 mg/g) และการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (59.66±0.22 mg/g) อย่างไรก็ตาม วิธีการอบแห้งไม่มีผลต่อสารพฤกษเคมีในใบคะน้าเม็กซิโก ดังนั้น การทำแห้งแบบระเหิดจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพทางด้านกายภาพ และทางเคมีของคะน้าเม็กซิโก

คำสำคัญ: คะน้าเม็กซิโก, การทำแห้ง, สารประกอบฟีนอลิก, สารประกอบฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

[1,2] คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[1,2] Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University
[*] Corresponding author; email: Thorung.pr@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of three different drying methods (tray drying, drum drying, and freeze drying) on physicochemical properties and antioxidant activity of *Cnidoscolus aconitifolius* leaves. Freeze-drying resulted in the dried *Cnidoscolus aconitifolius* leaves showing the lowest moisture content (4.07±0.11%) and the highest lightness and green color (L*=49.01±1.34 and *b**=19.67±1.50). In addition, freeze-dried *Cnidoscolus aconitifolius* leaves had higher contents of phenolic compounds, flavonoid compounds (16.02±0.21 mg GAE /g and 123.33±11.96 mg Qucertin/g), and antioxidant activity (FRAP Assay) (80.61±0.53 mg/g) than *Cnidoscolus aconitifolius* leaves dried by tray drying (71.32±0.31 mg/g) and drum drying (59.66±0.22 mg/g). However, phytochemicals were not affected by the different drying methods. Therefore, freeze-drying the leaves of *Cnidoscolus aconitifolius* gave higher values in physicochemical properties and antioxidant activity.

Keywords: *Cnidoscolus aconitifolius* leaves, Drying method, Phenolic compound, Flavonoid compound and Antioxidant activity

1. บทนำ

คะน้าเม็กซิโกหรือผักชายา หรือต้นผงชูรส มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศเม็กซิโก และแพร่กระจายไปยังพื้นที่เขตร้อนและกึ่งร้อน รวมถึงประเทศไทยที่นิยมปลูกเป็นผักในครัวเรือน เนื่องจากปลูกง่าย ทนฝนทนแล้ง ทนต่อแมลงศัตรูพืช มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี และยังเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน เบต้าคาโรทีน วิตามิน แคลเซียม โพแทสเซียม และธาตุเหล็ก [1] คะน้าเม็กซิโกอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีหลายชนิด เช่น สารกลุ่มอัลคาลอยด์ สเตียรอยด์ สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ, ฤทธิ์ต้านการอักเสบ, ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด และเพิ่มภูมิคุ้มกัน เป็นต้น [2,3] อย่างไรก็ตามคะน้าเม็กซิโกมีสารพิษในกลุ่มไฮโดรไซยานิก ไกลโคไซด์ (hydrocyanic glycosides) ซึ่งสารดังกล่าวสามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน [4] ดังนั้นการแปรรูประดับครัวเรือนจึงนำไปผ่านการลวกก่อนรับประทาน หรือทำไปอบแห้ง แต่กระบวนการอบแห้งที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เช่น การทำแห้งด้วยอุณหภูมิที่สูงและระยะเวลานานอาจส่งผลต่อสี และปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการทำแห้ง 3 วิธี ประกอบด้วย การทำแห้งแบบถาด (tray drying) การทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (drum drying) และการทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ (สี) และทางเคมี (ความชื้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารพฤกษเคมีเบื้องต้น) รวมถึงกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโกผง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโกผง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. การเตรียมใบคะน้าเม็กซิโก

คะน้าเม็กซิโก (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst) ที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ได้ถูกเก็บรวมรวมจากพื้นที่บ้านดอนสนวน ตำบลหลุบ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยจะคัดเลือกเฉพาะส่วนของใบสมบูรณ์ ไม่ช้ำ ไม่เน่าเสีย และมีสีที่เสมอกัน นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ก่อนนำไปลวกในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที และนำไปทำให้เย็นด้วยน้ำแข็ง หลังจากนั้นใช้มีดหั่นเป็นชิ้นตามขวางกว้าง 2 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ดังนี้

3.1.1. การทำแห้งแบบถาด (tray drying) โดยการอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง จากนั้นนั้นนำมาปั่นละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช บรรจุในถุงสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส จนถึงการนำมาทดลอง [5]

3.1.2. เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (drum drying) โดยการนำใบคะน้าเม็กซิโกไปผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนนำมาปั่นละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช บรรจุในถุงสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส จนถึงการนำมาทดลอง [6]

3.1.3. เครื่องทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) โดยการนำใบคะน้าเม็กซิโกไปแช่แข็ง (-50 องศาเซลเซียส) ก่อนนำเข้าเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง) นำมาปั่นละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช บรรจุในถุงสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส จนถึงการนำมาทดลอง [7]

3.2. การเตรียมสารสกัดใบคะน้าเม็กซิโก

ชั่งตัวอย่างใบคะน้าเม็กซิโกผง 0.5 กรัม เติมเอทานอลร้อยละ 80 ปริมาตร 9.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำมากรองผ่านกระดาษกรองแยกส่วนใส ใส่ขวดป้องกันแสง และเก็บในตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส [8]

3.3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

3.3.1. วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Color flex รุ่น Hunter Lab) ในระบบ CIE *L*, a*, b** โดยค่า *L** คือความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) จนถึง 100 (สีขาว) ค่า +*a** หมายถึง ความเป็นสีแดง (redness), –*a** หมายถึง ความเป็นสีเขียว (greenness) ค่า, +*b** หมายความเป็นสีเหลือง (yellowness), –*b** หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน (blueness)

3.3.2. วิเคราะห์ปริมาณความชื้น [9]

3.3.3. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total phenolic content) [10] เทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) (50-200 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

3.3.4. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบสารฟลาโวนอยด์ [11] (Total flavonoid content) เทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานเควอซิทิน (Quercetin) (100-800 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

3.3.5. วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธี ได้แก่

3.3.5.1. DPPH Radical scavenging activity รายงานผลเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Trolox (150-900 ไมโครโมลาร์) [12]

3.3.5.2. ABTS radical cation decolorization (150-900 ไมโครโมลาร์) [13]

3.3.5.3. ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP ; ferric reducing antioxidant power assay) (100-800 ไมโครโมลาร์) [14]

3.4. การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

3.4.1. การตรวจสอบสารประกอบฟีนอลิค (Phenolic compounds) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นด้วยเครื่อง water bath นาน 5 นาที เติมสารเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบสารในกลุ่มฟีนอลิก [15]

3.4.2. การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่าและใส่ลวดแมกนีเซียมชิ้นเล็ก 1 ชิ้น จึงหยดกรดไฮดรอลิกเข้มข้นเข้มข้นจำนวน 5 หยด เขย่าแล้วนำไปอุ่นด้วยเครื่อง water bath นาน 5 นาที ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์ [16]

3.4.3. การตรวจสอบสารแอนทราควิโนน (Anthraquinones) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 10% H_2SO_4 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่าแล้วนำไปอุ่นด้วยเครื่อง water bath นาน 5 นาที แล้วปล่อยให้เย็น จึงเติมสารละลายแอมโมเนียม (10% NH_3) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร แล้วเขย่า ถ้าปรากฏสารเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบสารแอนทราควิโนน [16]

3.4.4. การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins) ในการทดสอบการเกิดฟอง โดยดูดสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นด้วยเครื่อง water bath นาน 5 นาที เขย่าแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน [8]

3.4.5. การตรวจสอบแทนนิน (Tannins) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นด้วยเครื่อง water bath นาน 5 นาที เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด แล้วเขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบสารแทนนิน [16]

3.4.6. การตรวจสอบสเตอรอยด์ (Steroids) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร ละลายสารด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร แล้วเขย่า ค่อยๆ เติมกรดแกลเชียลอะซิติก (glacial acetic acid) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) จำนวน 3 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียวแสดงว่าพบสารสเตอรอยด์ [16]

3.4.7. การตรวจสอบสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (Cardiac glycosides) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร ละลายด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด เขย่าแล้วเติมกรดแกลเชียลแอซิติก (glacial acetic acid) จำนวน 5 หยด เขย่าและค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ [16]

3.4.8. การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร ละลายสารด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบเทอร์พีนอยด์ [16]

3.5. การวางแผนการทดลอง

ผลการทดลองจะแสดงเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design:

CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของดันแคน (Duncan's multiple range test) เพื่อทดสอบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P <0.05

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของใบคะน้าเม็กซิโกผง

ผลการศึกษาจากคุณสมบัติทางกายภาพของใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การทำแห้งแบบถาด (tray drying) การทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (drum drying) และการทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาด และแบบลูกกลิ้งคู่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p>0.05) (L^*=39.30 และ 39.08, a^*=-4.03 และ -4.21, b^*=7.51 และ 6.98 ตามลำดับ) ในขณะที่ใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงสุด (L^*=49.01, a^*=-9.78 และ b^*=19.67 ตามลำดับ) ซึ่งความแตกต่างของค่าสีของใบคะน้าเม็กซิโกผงอาจได้รับผลกระทบจากความร้อนระหว่างกระบวนการทำแห้ง เนื่องจากการทำแห้งแบบถาด และแบบลูกกลิ้งคู่ เป็นการทำแห้งด้วยอุณหภูมิสูง (55 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง และ 110 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ตามลำดับ) สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่รายงานว่ากระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกันส่งผงต่อสีและเนื้อสัมผัสของผัก เช่น หน่อไม้ฝรั่ง พริกเขียว ฟักทอง แอปเปิ้ล กล้วย แครอท และมันฝรั่ง เป็นต้น [17–19]

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของใบคะน้าเม็กซิโกผง

วิธีการทำแห้ง	วัดค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
เครื่องทำแห้งแบบถาด	39.30±0.63^b	-4.03±0.19^a	7.51±0.38^b
เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	39.08±0.51^b	-4.21±0.16^a	6.98±0.13^b
เครื่องทำแห้งแบบระเหิด	49.01±1.34^a	-9.78±0.76^b	19.67±1.50^a

หมายเหตุ :ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษร a, b หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของใบคะน้าเม็กซิโกผง

วิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันยังส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้นของใบคะน้าเม็กซิโกผงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทางสถิติ โดยใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด

มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด คือ 4.07% ในขณะที่ใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องแบบถาดและแบบลูกกลิ้งคู่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.57 และ 8.97 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.2) เนื่องจากกระบวนการทำแห้งทั้ง 3 วิธี (เครื่องทำแห้งแบบถาด, เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ และเครื่องทำแห้งแบบระเหิด) ใช้อุณหภูมิ เวลา และกระบวนการส่งผ่านความร้อนที่แตกต่างกัน จึงส่งผลต่อปริมาณความชื้น [20] อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีมีความชื้นต่ำกว่า 10% ซึ่งปลอดภัยต่อการสูญเสียคุณภาพทางโภชนาการ และยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย [21]

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของใบคะน้าเม็กซิโกผง

วิธีการทำแห้ง	ปริมาณความชื้น (%)
เครื่องทำแห้งแบบถาด	6.57± 1.20^{b}
เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	8.97± 1.04^{a}
เครื่องทำแห้งแบบระเหิด	4.07± 0.11^{c}

หมายเหตุ :ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษร a, b, c หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับการศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของใบคะน้าเม็กซิโกผง พบว่า วิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของใบคะน้าเม็กซิโกผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด คือ 16.02 mg GAE/g และ 123.33 mg Qucertin/g ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ในขณะที่ใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องแบบลูกกลิ้งคู่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด คือ 13.17 mg GAE /g และ 88.83 mg Qucertin/g ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธีทำแห้งที่แตกต่างกันไม่ได้ส่งผลกระทบแค่สี และความชื้นของใบคะน้าเม็กซิโกผง (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) แต่ยังส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางเคมี โดยกระบวนการทำแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูง อากาศ และแสง ล้วนส่งผลต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์ [22–24] นอกจากนี้ความคงตัวระหว่างกระบวนการทำแห้งยังขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ ขนาด รวมถึงการเตรียมตัวอย่างก่อนทำแห้ง เช่น ควินัวสีขาวมีความคงตัวต่ออุณหภูมิขณะทำแห้งมากกว่าควินัวสีแดง และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สามารถป้องกันการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิ 45 และ 60 องศาเซลเซียส [25] ใบฝรั่งที่ผ่านการทำ

แห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงกว่าใบฝรั่งที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส [26]

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของใบคะน้าเม็กซิโกผง

วิธีการทำแห้ง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg GAE /g)	ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (mg Qucertin /g)
เครื่องทำแห้งแบบถาด	14.56 ± 0.72^{b}	108.00 ± 12.33^{b}
เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	13.17 ± 0.78^{c}	88.83 ± 12.43^{c}
เครื่องทำแห้งแบบระเหิด	16.02 ± 0.21^{a}	123.33 ± 11.96^{a}

หมายเหตุ :ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษร a, b, c หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลองด้วยวิธี DPPH, $ABTS^{\bullet+}$ และ FRAP ของใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้ง พบว่า วิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโกผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ตารางที่ 4.4) แต่อย่างไรก็ตาม วิธีวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธี ให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน

สำหรับการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับกับโลหะ Fe^{2+} (FRAP) พบว่า ใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดมีคุณสมบัติในการจับกับโลหะ (Fe^{2+}) ได้ดีที่สุด 80.61±0.53 mg Fe^{2+}/g และใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่จะมีคุณสมบัติในการจับกับโลหะ (Fe^{2+}) ได้ต่ำที่สุด 59.66±0.22 mg Fe^{2+}/g ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองก่อนหน้านี้ (ตารางที่ 4.3) ที่รายงานว่าการทำแห้งด้วยอุณหภูมิสูงสามารถทำลายสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในใบคะน้าเม็กซิโก ซึ่งการลดลงของสารดังกล่าวส่งผลต่อการลดลงของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ [27]

อย่างไรก็ตาม การศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH และ อนุมูล ABTS พบว่า ใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดมีค่าการการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด 16.65±0.62 mg Trolox/g และ 20.30 ± 0.35^{b} mg

Trolox/g ตามลำดับ ในขณะที่ใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งแบบถาด และแบบลูกกลิ้งคู่กลับมีค่าการต้านอนุมูล DPPH และ อนุมูล ABTS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) 17.80±0.48 mg Trolox/g และ 23.02±0.48 mg Trolox/g ตามลำดับ (เครื่องทำแห้งแบบถาด) และ 17.44±0.61 mg Trolox /g และ 23.07±0.65 mg Trolox/g ตามลำดับ (เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่) ผลของการทดลองที่ไม่สอดคล้องกันในการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลองด้วยวิธี DPPH, $ABTS^{\bullet+}$ และ FRAP อาจเกิดจากการทดสอบแต่ละวิธีมีกลไกในการเกิดปฏิกิริยาต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS เป็นการทดสอบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการดักจับอนุมูลอิสระ โดยให้ไฮโดรเจนอะตอม (DPPH) และการดักจับอนุมูลอิสระชนิดเปอร์ออกซี (ABTS) ในขณะที่การวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP Assay คือการวิเคราะห์ความสามารถในการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้นภายในระบบ โดยอาศัยการวัดปฏิกิริยารีดิวซ์เฟอริกของสารต้านอนุมูลอิสระ โดยการจับกับโลหะ (Fe^{2+}) ซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งในการต้านอนุมูลอิสระ [12–14] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [28] ที่ตรวจสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพรด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP พบว่าสมุนไพรที่มีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมเพื่อการดักจับอนุมูลอิสระ (DPPH) ได้ดีที่สุด คือ สารสกัดดอกกานพลู โกศพุงปลา และบัวเผื่อน ตามลำดับ สำหรับสมุนไพรที่มีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระชนิดเปอร์ออกซี (ABTS) ได้ดีที่สุด คือ สารสกัดโกศพุงปลา อบเชย และดอกกานพลู ตามลำดับ ในขณะที่สมุนไพรที่มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ (FRAP) ได้ดีที่สุด คือ ดอกกานพลู โกศพุงปลา และอบเชย ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการทดสอบแต่ละวิธีอาจได้ผลการทดลองที่ไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากแต่ละวิธีมีกลไกในการเกิดปฏิกิริยาต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโกผง

วิธีการทำแห้ง	DPPH assay	ABTS assay	FRAP assay
	Trolox (mg Trolox/g)	Trolox (mg Trolox/g)	$FeSO_4.7H_2O$ (mg Fe^{2+}/g)
เครื่องทำแห้งแบบถาด	17.80±0.48[a]	23.02±0.48[a]	71.32±0.31[b]
เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	17.44±0.61[a]	23.07±0.65[a]	59.66±0.22[c]
เครื่องทำแห้งแบบระเหิด	16.65±0.62[b]	20.30±0.35[b]	80.61±0.53[a]

หมายเหตุ :ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อักษร a, b, c หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของใบคะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย การทำแห้งแบบถาด (tray drying) การทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (drum drying) และการทำแห้งแบบระเหิด (freeze drying) พบว่า วิธีทำแห้งที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อสารพฤกษเคมีของสารสกัดจากใบคะน้าเม็กซิโกผง (ตารางที่ 4.5) โดยสารสกัดจากใบคะน้าเม็กซิโกที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน จะประกอบด้วยสารพฤกษเคมี 6 ชนิด คือ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน สเตอรอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ และเทอร์พีนอยด์ แต่ตรวจไม่พบแอนทราควิโนนและซาโปนิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [5] ที่รายงานว่าสารสกัดหยาบใบคะน้าเม็กซิโกทั้งแบบสดและแบบแห้งตรวจพบเพียงสารพฤกษเคมี 7 กลุ่ม คือ ฟลาโวนอยด์ คูมาริน แทนนิน โฟลบาแทนนิน เทอร์ปีนอยด์สเตียรอยด์ และคาร์ดิแอคไกลโคไซด์ แต่ตรวจไม่พบ แอลคาลอยด์ แอนทราควิโนน และซาโปนิน

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบสารพฤกษเคมีของสารสกัดจากใบคะน้าเม็กซิโกผง

สารพฤกษเคมี	เครื่องทำแห้งแบบถาด	เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	เครื่องทำแห้งแบบระเหิด
ฟีนอลิก	+	+	+
ฟลาโวนอยด์	+	+	+
แอนทราควิโนน	-	-	-
ซาโปนิน	-	-	-
แทนนิน	+	+	+
สเตอรอยด์	+	+	+
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	+	+	+
เทอร์พีนอยด์	+	+	+

หมายเหตุ: -หมายถึง ตรวจสอบไม่พบ +หมายถึง ตรวจสอบพบ

5. สรุปผล

จากการศึกษาผลของวิธีที่ใช้ในการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของใบคะน้าเม็กซิโกผง พบว่า การทำแห้งแบบถาด และแบบลูกกลิ้งคู่ทำให้ใบคะน้าเม็กซิโกผงเกิดสีคล้ำ และยังส่งผลต่อการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ของใบคะน้าเม็กซิโกผง ในขณะที่การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิดสามารถลดความชื้นได้ต่ำสุด และยังคงสีเขียวของใบคะน้าเม็กซิโกผงไว้ได้ นอกจากนี้ใบ

คะน้าเม็กซิโกผงที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุด ดังนั้น การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับการทำแห้งใบคะน้าเม็กซิโกผง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้การสนับสนุนด้านอาคารสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

1. Jiménez-Arellanes MA, García-Martínez I, Rojas-Tomé S. Potencial biológico de especies medicinales del género Cnidoscolus (Euphorbiacea). Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas [Internet]. 2014;45(4):1–6. Available from: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57940028003
2. Padilla-Camberos E, Torres-Gonzalez OR, Sanchez-Hernandez IM, Diaz-Martinez NE, Hernandez-Perez OR, Flores-Fernandez JM. Anti-Inflammatory Activity of Cnidoscolus aconitifolius (Mill.) Ethyl Acetate Extract on Croton Oil-Induced Mouse Ear Edema. Applied Sciences [Internet]. 2021;11(20). Available from: https://www.mdpi.com/2076-3417/11/20/9697
3. Quintal Martínez JP, Segura Campos MR. Cnidoscolus Aconitifolius (Mill.) I.M. Johnst.: A Food Proposal Against Thromboembolic Diseases. Food Reviews International [Internet]. 2021 Jun 10;1–34. Available from: https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1934002
4. Bautista-Robles V, Reyes G, Sánchez-Torres G, Parada-Luna J, Barrios-Gutiérrez J, Vázquez-Cerero D, et al. Cnidoscolus aconitifolius: therapeutic use and phytochemical properties. Literature review Cnidoscolus aconitifolius: usos terapéuticos y propiedades fitoquímicas. Revisión de la literatura. Rev Fac Med Univ Nac Colomb. 2020 Oct 1;68:446–52.

5. Buachoon N. Phytochemical Screening Antioxidant Activities α-Amylase and α-Glucosidase Inhibitory Activities of Cnidoscolus aconitifolius Extracts. Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology). 2020;15(1):118–32.
6. Wiriyawattana P, Suwonsichon S, Suwonsichon T. Effects of drum drying on physical and antioxidant properties of riceberry flour. Agriculture and Natural Resources. 2018;52(5):445–50.
7. Ratti C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. J Food Eng. 2001;49(4):311–9.
8. Ayoola GA, Coker HA, Adesegun SA, Adepoju-Bello AA, Obaweya K, Ezennia EC, et al. Phytochemical screening and antioxidant activities of some selected medicinal plants used for malaria therapy in Southwestern Nigeria. Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 2008;7(3):1019–24.
9. AOAC. Official method 925.10: Solids (total) and moisture in foodstuffs (air oven method). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 2000;
10. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic. 1965;16(3):144–58.
11. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 1999;64(4):555–9.
12. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology. 1995;28(1):25–30.
13. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic Biol Med. 1999;26(9–10):1231–7.
14. Benzie IFF, Strain JJ. [2] Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. In: Methods in enzymology. Elsevier; 1999. p. 15–27.
15. Seekhaw P, Chuaboonmee R, Surayot P, Chadpan S, Thurnkul N. Evaluation of Phytochemical Screening, Antioxidant and Antimicrobial Activities from Ethanolic

Extracts of the Flacourtia indica (Burm.f.) Merr. Fruits. Journal of Applied Research on Science and Technology (JARST). 2020;19(1):124–36.

16. Boonnaum P, Kabae N, Hayeemasalaeh R, Marde W, Suwannarat P, Noipha K. Phytochemical Study, Total Phenolic, and Antioxidant Activity of Boesenbergia Pandurata Holtt Extract for Development of Paper Hand Soap. Research and Development Health System Journal. 2021;14(3):152–65.
17. Krokida MK, Tsami E, Maroulis ZB. KINETICS ON COLOR CHANGES DURING DRYING OF SOME FRUITS AND VEGETABLES. Drying Technology [Internet]. 1998 Jan 1;16(3–5):667–85. Available from: https://doi.org/10.1080/07373939808917429
18. Jokic S, Mujic I, Martinov M, Velić D, Bilic M, Lukinac J. Influence of Drying Procedure on Colour and Rehydration Characteristic of Wild Asparagus. Czech Journal of Food Sciences. 2009 Jan 1;27:171–7.
19. Guiné R, Barroca M. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). Food and Bioproducts Processing - FOOD BIOPROD PROCESS. 2012 Jan 31;90.
20. Seremet (Ceclu) L, Botez E, Nistor OV, Andronoiu DG, Mocanu GD. Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. Food Chem [Internet]. 2016;195:104–9. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615005063
21. Afolabi I. Moisture Migration and Bulk Nutrients Interaction in a Drying Food Systems: A Review. Food Nutr Sci. 2014 Jan 1;5:692–714.
22. Rababah T, Aludatt M, Alhamad M, Al-Mahasneh M, Ereifej K, Andrade J, et al. Effects of drying process on total phenolics, antioxidant activity and flavonoid contents of common mediterranean herbs. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2015 Jan 1;8:145–50.
23. Gao Y, Xia W, Shao P, Wu W, Chen H, Fang X, et al. Impact of thermal processing on dietary flavonoids. Curr Opin Food Sci [Internet]. 2022;48:1–10. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799322001175
24. Snoussi A, Essaidi I, ben Haj Koubaier H, Zrelli H, Alsafari I, Živoslav T, et al. Drying methodology effect on the phenolic content, antioxidant activity of Myrtus communis L. leaves ethanol extracts and soybean oil oxidative stability. BMC Chem [Internet]. 2021;15(1):1–11. Available from: https://doi.org/10.1186/s13065-021-00753-2

25. Złotek U, Gawlik-Dziki U, Dziki D, Świeca M, Nowak R, Martinez E. Influence of Drying Temperature on Phenolic Acids Composition and Antioxidant Activity of Sprouts and Leaves of White and Red Quinoa. Barreca D, editor. J Chem [Internet]. 2019;4:1–8. Available from: https://doi.org/10.1155/2019/7125169
26. Nguyen QV, Huyen B, Thi B, Tran MĐ, Nguyen MT, Doan MD, et al. Impact of Different Drying Temperatures on In Vitro Antioxidant and Antidiabetic Activities and Phenolic Compounds of Wild Guava Leaves Collected in the Central Highland of Vietnam. Nat Prod Commun [Internet]. 2022 Apr 1;17(4):1–10. Available from: https://doi.org/10.1177/1934578X221095349
27. Alide T, Wangila P, Kiprop A. Effect of cooking temperature and time on total phenolic content, total flavonoid content and total in vitro antioxidant activity of garlic. BMC Res Notes [Internet]. 2020;13(1):564. Available from: https://doi.org/10.1186/s13104-020-05404-8
28. Manok S, Limcharoen P. Investigating Antioxidant Activity by DPPH, ABTS and FRAP Assay and Total Phenolic Compounds of Herbal Extracts in Ya-Hom Thepphachit. Advanced Science. 2015;15:106–17.

บทความวิจัย (Research article)

เครื่องถอดเข็มฉีดยาแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดระยะเวลาในการถอดเข็มฉีดยา
Semi-Automatic Syringe Removal Machine to shorten the time

ชาญชัย เหลาหา[1*] กฤช ตราชู ณรงค์[2] บุญเสนอ ชัชชล[3] เปรมชัย สวัสดิ์[4]
ณัฐกิติ จันทหาร[5] และธีรวัฒน์ ประนามโก[6]
Chanchai Laoha[1*], Krit tashoo[2], Narong Boonsaner[3], Shutchon Premchaisawatt[4]
Nutkiti Juntahan[5] and Thirawat Pranamko[6]

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
25 พฤศจิกายน 2565	20 มกราคม 2566	24 มกราคม 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการจัดสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยากึ่งอัตโนมัติเพื่อลดระยะเวลาในการถอดเข็มฉีดยา เพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการถอดเข็มฉีดยา และเพื่อเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่อง การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัยเองคือบุคลากรทางการแพทย์แผนกอายุรกรรมจำนวน 4 คน สำหรับทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลระหว่างวิธีเดิมกับวิธีใหม่ โดยทดสอบวิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม) จำนวน 2 คน และทดสอบวิธีวิธีการถอดเข็มฉีดยา ด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่) จำนวน 2 คน คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมโดยการบันทึกเวลา ต้นทุนการวัสดุที่ใช้งานและพลังงาน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าระยะเวลาในการถอดเข็มด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่) น้อยกว่าระยะเวลาในการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม) ร้อยละ 52.4 ต้นทุนการถอดเข็มด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่) น้อยกว่าต้นทุนการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม) ร้อยละ 44.2 ความพึงพอใจการถอดเข็มด้วยเครื่องถอดเข็มฉีดยาพิ่มขึ้นหากเปรียบเทียบระหว่างการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาลจากระดับดีเป็นระดับดีมาก

คำสำคัญ : แนวคิดแบบลีน, เข็มฉีดยา, ต้นทุน, การลดระยะเวลา, ความพึงพอใจ

[1,2,3,4,5,6] คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
[1,2,3,4,5,6] Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen campus
* Corresponding author; email: chanchai.la@rmuti.ac.th

Abstract

This research aims to establish a semi-automatic syringe removal machine to shorten the time it takes for removing the syringe and reduce the costs associated with removing syringes and increase user satisfaction. A selection of samples is based on the decision of the researchers themselves, namely, four internal medicine department healthcare workers. The data about time, cost of materials and energy consumption were collected and compared between the conventional method and new method in quantitative and quantitative aspects. The results showed that the duration of needle removal with a semiautomatic machine (new method) was 52.4 percent less than the time of needle removal with a nursing staff (old method). The cost of removing needles with a semiautomatic machine (new method) was 44.2 percent less than the cost of removing needles with nursing staff (old method). The satisfaction of removing needles with syringe removers increases if comparisons between removing needles with nursing staff go from good to very good levels.

Keywords: Lean Thinking, Syringe, Cost, Time Reduction, Satisfaction

บทนำ

การถอดเข็มฉีดยาออกจากกระบอกฉีดยา (Syringe) เป็นขั้นตอนในการแยกขยะทางการแพทย์ที่จำเป็นต้องดำเนินการ กระบอกฉีดยาที่ใช้แล้วต้องคัดแยกตั้งแต่แหล่งกำเนิด ไม่ทิ้งปะปนรวมกับมูลฝอยหรือขยะประเภทอื่นๆ และหากมีเลือดปะปนต้องบรรจุวัตถุไม่ฉีกขาดง่ายแล้วนำไปกำจัดโดยการเผา เข็มฉีดยาอยู่ในหมวดของขยะติดเชื้อที่ต้องไปกำจัดโดยการเผาเช่นเดียวกันกับกระบอกฉีดยาที่ปะปนเลือด [1] ซึ่งก่อนนำไปยังเตาเผา เข็มฉีดยาที่ใช้แล้วต้องจัดเก็บโดยทิ้งลงในถังพลาสติกหนาที่เข็มไม่สามารถแทงทะลุได้ อุปสรรคหนึ่งของการกำจัดเข็มฉีดยาที่ใช้แล้วคือ การคัดแยกเข็มฉีดยาออกจากกระบอกฉีดยาโดยต้องใช้มือดึงระหว่างที่เข็มเข้ากับถังทิ้งเข็มของมีคมติดเชื้อสีแดง หรือใช้เครื่องเก็บปลายเข็ม ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการโดนทิ่มที่มือ และยุ่งยากมาก โดยปลดหัวเข็มฉีดยาตามร่องผิวเรียบแล้วดึง (สำหรับเข็มชนิดสวม) หรือสอดในร่องที่เป็นฟันปลาแล้วหมุน (สำหรับเข็มชนิดเกลียว) ให้หัวเข็มหลุมจากกระบอกฉีดยา และตกลงไปในถังกระบอกฉีดยาทิ้งต่างหาก ถังทิ้งเข็มของมีคมติดเชื้อสีแดงมีต้นทุนและใช้แล้วต้องทิ้ง โดยนำไปเผาพร้อมเข็มและที่สำคัญปริมาณการใช้มีจำนวนมาก

โรงพยาบาลชุมชน (ต่ำกว่า 100 เตียง) จังหวัดขอนแก่น [2] ซึ่งต้องการพัฒนาระบบการรักษาให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้รับบริการและชุมชนในพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาล การลดต้นทุนการจัดการขยะทางการแพทย์เป็นกระบวนการเป้าหมายในการลดต้นทุนการดำเนินงาน เพื่อลดงบประมาณจากทางราชการ โรงพยาบาลต้องใช้งบประมาณในการจัดซื้อถังทิ้งเข็มของมีคมติดเชื้อสีแดงไม่ต่ำกว่าปีละ 12,000 บาท [3] โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีกิจกรรมการฉีดวัคซีนป้องกันโรค

โควิด 19 โรงพยาบาลชุมชนจำเป็นต้องจัดหาถังทิ้งเข็มของมีคมติดเชื้อสีแดงเพิ่มมากขึ้น โรงพยาบาลมีแนวทางการลดปริมาณการใช้ถังทิ้งเข็มของมีคมติดเชื้อสีแดงโดยการให้เจ้าหน้าที่พยาบาลดำเนินการสวมเข็มเข้ากับปลอกด้วยมือเดียว เพื่อป้องกันเข็มทิ่มตำ [4] แล้วจากนั้นก็ใช้ 2 มือถอดเข็มกับกระบอกฉีดยาด้วยแรงตัวเอง เพื่อแยกเข็มฉีดยาและกระบอกฉีดยาจัดเก็บก่อนนำไปทำลาย ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวใช้เวลานานในช่วงสวมเข็มเข้ากับปลอก ในบางครั้งหากเจ้าหน้าที่พยาบาลต้องเร่งรีบอาจทำให้เกิดเข็มทิ่มตำได้ [5] ทำให้ขาดขวัญและกำลังใจในการทำงาน

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยาแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยนำแนวคิดแบบลีนเป็นแนวทางในการสร้างเครื่อง เพื่อระยะเวลาในการถอดเข็ม ลดต้นทุน และสร้างความพึงพอใจให้เจ้าหน้าที่และผู้ใช้บริการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการจัดสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยากึ่งอัตโนมัติเพื่อแก้ปัญหาดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เพื่อลดระยะเวลาในการถอดเข็มฉีดยา
2. เพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการถอดเข็มฉีดยา
3. เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้เครื่อง

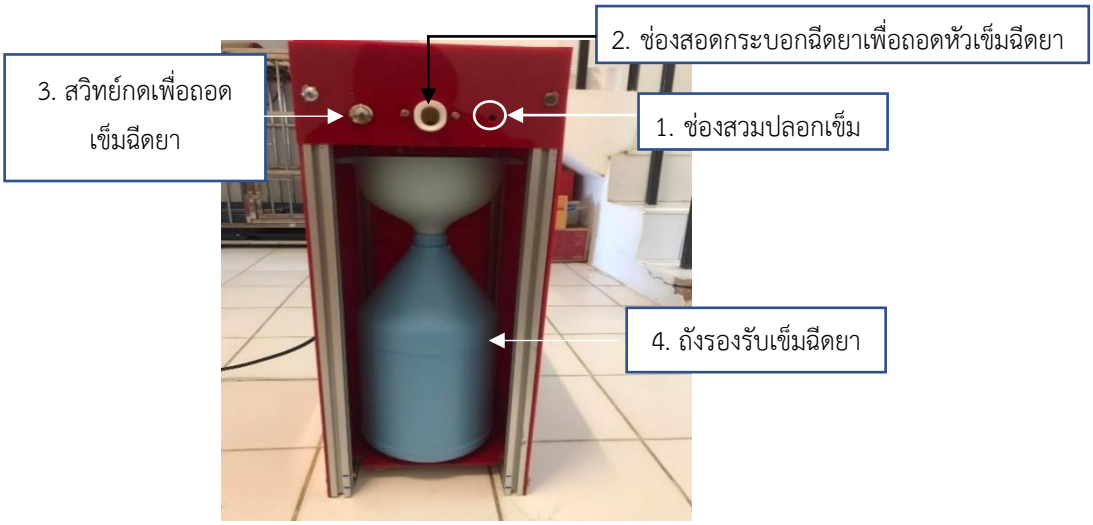
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาในโรงพยาบาลชุมชน (ต่ำกว่า 100 เตียง) จังหวัดขอนแก่น ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2564 จนถึง 30 กันยายน 2565 การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัยเองคือบุคลากรทางการแพทย์แผนกอายุรกรรม โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1) วิธีการสรางเครื่อง

คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องถอดเข็มฉีดยามีขนาด 200x300x540 มิลลิเมตร
2. ระบบ Arduino เป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์ DC 12 V ส่งกำลังไปยังลูกสูบที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเพื่อดึงหัวเข็มฉีดยาออกจากกระบอกฉีดยา (Syringe)
3. นำถังน้ำยาถูพื้น (Reuse) นำกลับมาใช้ทดแทนถังขยะติดเชื้อ



ภาพที่ 1 เครื่องถอดเข็ม

2) วิธีการใชเครื่อง

เจ้าหน้าที่พยาบาลนำกระบอกฉีดยา (Syringe) ที่มีเข็มฉีดยาใช้แล้วมาสวมปลอกโดยสอดเข้าไปที่ช่องหมายเลข 1 ช่องสวมปลอก จากนั้นนำกระบอกฉีดยา (Syringe) ที่มีเข็มอยู่ในปลอกแล้วสอดเข้าช่องหมายเลข 2 ช่องสอดกระบอกฉีดยาเพื่อถอดหัวเข็มฉีดยา โดยกดปุ่มที่หมายเลข 3 จากนั้นเข็มฉีดยาจะตกลงถังรองรับเข็มฉีดยา

3) วิธีการประเมินผล

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมโดยการบันทึกเวลา ต้นทุนการวัสดุที่ใช้งานและพลังงาน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การประเมินเชิงปริมาณในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ระยะเวลาการถอดเข็ม และการประเมินต้นทุนการผลิตเครื่องถอดเข็มกับถังขยะทิ้งเข็มของมีคมและติดเชื้อสีแดง การประเมินด้านปริมาณ คือเวลาการถอดเข็ม คณะผู้วิจัยเลือกเข็มเบอร์ 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, และ 26 เจ้าหน้าที่พยาบาลจำนวน 2 คน สำหรับการถอดเข็มฉีดยาด้วยมือเปล่า และเจ้าหน้าที่พยาบาลจำนวน 2 คนสำหรับถอดเข็มด้วยเครื่อง จำนวนการทดสอบ 3 ครั้งต่อหมายเลขเข็มต่อวิธีการ

การถอดเข็มฉีดยาด้วยมือเปล่าเริ่มจับเวลาตั้งแต่พยาบาลนำเข็มฉีดยาที่ติดกับกระบอกฉีดไปสอดเข้าปลอกเข็มโดยใช้มือที่ถนัด ส่วนมืออีกข้างมือไขว้หลังไว้ในขณะสวมเข็มเข้าปลอก เมื่อเข็มสวมปลอกแล้วให้ใช้มือที่ไขว้หลังไว้ถอดเข็มออกแล้วนำเข็มและกระบอกฉีดยาไปทิ้งถังขยะติดเชื้อ

การถอดเข็มฉีดยาด้วยเครื่องเริ่มนับเวลาตั้งแต่นำเข็มมาสวมปลอกโดยสอดเข้าไปที่ช่องหมายเลข 1 จนสุด โดยกดปุ่มที่หมายเลข 3 เพื่อถอดหัวเข็มฉีดยา หัวเข็มที่ถูกถอดออกตกลงไปยังด้านล่าง แล้วกดหยุดเวลา ทำการจดบันทึกค่าที่อ่านได้ แล้วนำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับการถอดเข็มโดยใช้เจ้าหน้าที่พยาบาล การเปรียบเทียบต้นทุนเครื่องถอดเข็มกับกล่องแดง รวมทั้งค่ากระแสไฟฟ้า

สูตรการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า

หน่วยไฟฟ้าใช้ (จำนวนหน่วยต่อวัน)

= (กำลังไฟฟ้า(วัตต์) x จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า/1000) x จำนวนชั่วโมงใช้งาน [1]

การประเมินด้านคุณภาพ คณะผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ผู้ประเมินมีจำนวน 5 คน ได้แก่ หัวหน้าพยาบาล 1 คน พยาบาล 2 คน และบุคลากรทางการแพทย์ 2 คน ดำเนินการจำนวนถอดเข็มฉีดยาจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นนำผลคะแนนความพึงพอใจมาหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อแปลผลระดับความพึงพอใจ มีลักษณะเป็นแบบมาตราวัดแบบ Likert

5 ระดับ โดยกำหนดค่าน้ำหนักของคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง พอใจมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง พอใจมาก

คะแนน 3 หมายถึง พอใจปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง พอใจน้อย

คะแนน 1 หมายถึง พอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม กำหนดไว้ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง ดีมาก

3.51 – 4.50 หมายถึง ดี

2.51 – 3.50 หมายถึง พอใช้

1.51 – 2.50 หมายถึง ต้องปรับปรุง

ต่ำกว่า 1.50 หมายถึง ต้องปรับปรุงเร่งด่วน

หัวข้อการประเมินตามคุณลักษณะเฉพาะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1. สมรรถนะ (Performance) คือ ผลิตภัณฑ์มีความสามารถช่วยแก้ปัญหาในการทำงานได้ (ถอดเข็มได้รวดเร็ว)
2. หน้าที่เสริม (Special features) คือ ผลิตภัณฑ์ควรมีความโดดเด่นรวมทั้งมีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากสินค้าชนิดอื่นๆ (ใช้ร่วมกับถังบรรจุเคมีเปล่า)
3. ตรงกับข้อกำหนดมาตรฐาน (Conformance) คือ รับรองการออกแบบ ราคาและคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกัน (การใช้วัตถุที่ได้มาตรฐาน การทำงานที่เป็นมาตรฐาน ผู้สร้างมีความรู้ เครื่องจักรที่ใช้สร้างมีมาตรฐาน)

4. ความคงทน (Durability) คือ ระยะเวลาหรืออายุการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ยาวนานในระดับหนึ่ง (สินค้ายังเป็นที่นิยมในอีก 10 ข้างหน้า)
5. ความน่าเชื่อถือได้ (Reliability) คือ ผลิตภัณฑ์ควรใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ (ความถี่ที่ผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้)
6. การบริการหลังการขาย (After Sale Service) คือ การบำรุงรักษาด้วยตัวเอง หรืออาจจะบริการหลังการขายที่ดีและต่อเนื่องแก่ผู้บริโภค ในการคงคุณสมบัติและการทำงานของผลิตภัณฑ์ให้มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพ รวมไปถึงมีการรับฟังความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (การบำรุงรักษา การขนย้ายใช้งานและการจัดเก็บ การใช้งานที่สะดวก)
7. ความสวยงาม (Aesthetics) คือ สินค้ามีลักษณะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการทำงานทั้งด้านกลิ่น รสชาติ รูปร่าง ผิวสัมผัส สีสัน (เห็นแล้วอยากเป็นเจ้าของ)
8. ความปลอดภัย (Safety) คือ มีความเสี่ยงอันตรายในการใช้ผลิตภัณฑ์ต่อผู้ใช้งานน้อยที่สุด (ลดการทิ่มแทงมือ ป้องกันการแผร่กระจายของเชื้อโรค)
9. คุณค่าที่รับรู้ (Perceived quality) คือ ผลิตภัณฑ์มีภาพลักษณ์ที่ดี และสามารถสร้างความประทับใจ แก่ผู้บริโภคได้ (ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อลดระยะเวลาในการถอดเข็มฉีดยา พบว่าเครื่องถอดเข็มฉีดยาแบบกึ่งอัตโนมัติถูกนำไปทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น และผลการดำเนินการดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระยะเวลาการถอดเข็มของพยาบาลและเครื่อง

ขนาดเข็มและความยาว	พยาบาล		เครื่อง	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
ขนาดเข็มเบอร์ 18 ยาว 1.5 นิ้ว	15.9	0.3	7.2	0.1
ขนาดเข็มเบอร์ 20 ยาว 1 นิ้ว	15.9	0.3	7.2	0.2
ขนาดเข็มเบอร์ 21 ยาว 1 นิ้ว	15.7	0.5	7.2	0.1
ขนาดเข็มเบอร์ 22 ยาว 1 นิ้ว	15.9	0.6	7.8	0.1
ขนาดเข็มเบอร์ 23 ยาว 1 นิ้ว	16.4	0.9	7.2	0.3
ขนาดเข็มเบอร์ 24 ยาว 1 นิ้ว	15.8	0.8	7.6	0.2
ขนาดเข็มเบอร์ 25 ยาว 1 นิ้ว	15.7	0.9	7.2	0.1
ขนาดเข็มเบอร์ 26 ยาว 1/2 นิ้ว	15.6	0.6	7.2	0.3

จากการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถถอดหัวเข็มฉีดยาออกจากกระบอกฉีดยา (Syringe) ตกลงไปยังถังน้ำยาถูพื้นที่อยู่ด้านล่างมีระยะเวลาเฉลี่ยนานที่สุดด้วยเครื่อง 7.8 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.1 และเจ้าหน้าที่พยาบาล 16.4 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.9 ตารางที่ 1 พบว่าระยะเวลาในการถอดเข็มด้วยเครื่องน้อยกว่าระยะเวลาในการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาลร้อยละ 50 โดยเฉลี่ย สามารถลดระยะเวลารอคอยที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้ สอดคล้องกับ . Dallinger F และคณะ[8] ที่สามารถลดระยะเวลาการผลิตด้วยแนวคิดระบบการผลิตแบบลีน และแสดงวิธีการกำจัดความสูญเปล่าเพื่อลดระยะเวลาในการผลิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jana P, Tiwari M. [9] มุ่งประยุกต์เครื่องมือระบบการผลิตแบบลีนในลดระยะเวลาการผลิตเพื่อกำจัดความสูญเปล่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเครื่องถอดเข็มฉีดยาแบบกึ่งอัตโนมัติไม่ต้องออกแรงดันเข็มออกจากกระบอกฉีดยา ประกอบกับเจ้าหน้าที่พยาบาลไม่ต้องกลัวว่าเข็มจะถูกนิ้วมือขณะสวมปลอกและไม่ต้องเสียเวลาเล็งตำแหน่งสวมปลอกเข็ม ทำให้เกิดความมั่นใจ ดังนั้นการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยากึ่งอัตโนมัติจะส่งผลให้ลดระยะเวลาได้

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อลดต้นทุนการถอดเข็มฉีดยา พบว่าการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนระหว่างการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาลกับเครื่องถอดเข็มแสดงรายละเอียดตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างใช้เครื่องถอดเข็มฉีดยากับกล่องแดง

ต้นทุนวิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม)	วิธีการถอดเข็มฉีดยา ด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่)
ถังทิ้งเข็มฉีดยา ต้นทุนต่อปี 27,000 บาทต่อปี (ถังทิ้งเข็มฉีดยาสีแดงราคากล่องละ 75 บาท x 30 วัน x 12 เดือน เท่ากับ 27,000 บาทต่อปี)	รวมต้นทุน 11,942 บาท ต้นทุนเครื่องเท่ากับ 11,900 บาท ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อปี 41.64 หรือ 42 บาทต่อปี (หน่วยไฟฟ้าบอร์ด Arduino กินกระแสไฟ 0.27 วัตต์ และ มอเตอร์ดึงเข็มฉีดยากินกระไฟ 3 วัตต์ ดังนั้น (3.26/1000) x 8 ชัวโมง x 30 วัน x 12 เดือน x 4.4217 บาทต่อหน่วย)

หมายเหตุ: ค่าเกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) หน่วยละ 4.4217 บาท (ข้อมูล ณ 12/12/65)

การวิเคราะห์การถอดเข็มทั้ง 2 วิธีพบว่า ต้นทุนการถอดเข็มด้วยเครื่องถอดเข็มฉีดยาโดยใช้ต้นทุนการสร้างเครื่องและต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณโดยใช้สูตร [1] น้อยกว่าต้นทุนการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาลโดยคิดต้นทุนถังทิ้งเข็มฉีดยาร้อยละ 44.2 ต้นทุนต่อปี ต้นทุนการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม) 27,000 บาทต่อปี แต่ต้นทุนการถอดเข็มด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติต้นทุนเครื่อง (วิธีใหม่) เท่ากับ 11,900 บาท ซึ่งสามารถลดปริมาณวัตถุดิบคงคลัง สอดคล้องกับ da Silva JC และคณะ [6] ที่สามารถลดต้นทุนการดำเนินการเช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยาแบบกึ่งอัตโนมัติมีชิ้นส่วนไม่มาก ส่งผลให้ต้นทุนการสร้างเครื่องต่ำ ประกอบกับอุปกรณ์ที่นำมาประกอบการถอดเข็มฉีดยากิน

กระแสไฟฟ้าไม่มาก และที่สำคัญเป็นการลงทุนครั้งแรกเท่านั้น ดังนั้นการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยากึ่งอัตโนมัติจะส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการถอดเข็มฉีดยาได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ที่ 3 เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้อง พบว่าคณะผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามตามคุณลักษณะเฉพาะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจ

หัวข้อประเมิน	การเปรียบเทียบ			
	วิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม)		วิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่)	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
ความรวดเร็วในการถอดเข็มฉีดยา	2.6	0.55	4.6	0.55
สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์หรือวัสดุRecycle (ถังน้ำยาถูพื้นเปล่า) เพื่อรองรับเข็มฉีดยา	1.6	0.55	4.8	0.45
การใช้วัตถุ การทำงาน ผู้สร้างมีความรู้ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างวิธีการนั้นมีมาตรฐาน	3.6	0.55	3.8	0.45
อุปกรณ์ที่ผลิตสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในอีก 5-10 ปีข้างหน้า	2.6	0.55	4.8	0.45
จำนวนครั้งที่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้งาน	3.8	0.45	4	0.71
การดูแลรักษาด้วยตัวเอง เช่นทำความสะอาด แก้ปัญหาวิธีการดังกล่าวเมื่อมีปัญหาได้ง่าย	4	0.00	3.8	0.45
ลักษณะทางกายภาพ รูปร่าง ขนาด น้ำหนักและสีของวิธีการที่นำเสนอมีความเหมาะสม (เห็นสิ่งนั้นแล้วอยากใช้งาน)	2.6	0.55	4.4	0.55
วิธีการดังกล่าวไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานจนเกิดการติดเชื้อโรค	2.6	0.89	4.6	0.55
หน่วยงานของผู้สร้างนำเสนอวิธีการมีความน่าเชื่อถือ	4	0.00	4.4	0.55

หัวข้อประเมิน	การเปรียบเทียบ			
	วิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม)		วิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่)	
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ย	S.D.
ความพึงพอใจโดยภาพรวม	3.8	0.45	4.8	0.45

จากตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจโดยภาพรวมของบุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาล ซึ่งผู้ประเมินมีจำนวน 5 คน ได้แก่ หัวหน้าพยาบาล 1 คน พยาบาล 2 คน และบุคลากรทางการแพทย์ 2 คน ที่มีต่อวิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม) จาก 3.8 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 4.8 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 3.8 คือ การใช้วัตถุ การทำงาน ผู้สร้างมีความรู้ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างวิธีการนั้นมีมาตรฐาน (4M) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเป็นเครื่องต้นแบบ และการดูแลรักษาด้วยตัวเอง เช่น ทำความสะอาด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการติดตั้งอุปกรณ์เป็นลักษณะปิดทึบทำให้ทำความสะอาดยาก

ตารางที่ 4 ระดับความพึงพอใจ

ข้อที่	หัวข้อประเมิน	การเปรียบเทียบ	
		วิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม)	วิธีการถอดเข็มฉีดยา ด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่)
1	ความรวดเร็วในการถอดเข็มฉีดยา	พอใจ	ดีมาก
2	สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์หรือวัสดุ Recycle (ถังน้ำยาถูพื้นเปล่า) เพื่อรองรับเข็มฉีดยา	ต้องปรับปรุง	ดีมาก
3	การใช้วัตถุ การทำงาน ผู้สร้างมีความรู้ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างวิธีการนั้นมีมาตรฐาน	ดี	ดี
4	อุปกรณ์ที่ผลิตสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในอีก 5-10 ปีข้างหน้า	พอใช้	ดีมาก
5	จำนวนครั้งที่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้งาน	ดี	ดี
6	การดูแลรักษาด้วยตัวเอง เช่นทำความสะอาด แก้ปัญหาวิธีการดังกล่าวเมื่อมีปัญหาได้ง่าย	ดี	ดี
7	ลักษณะทางกายภาพ รูปร่าง ขนาด น้ำหนักและสีของวิธีการที่นำเสนอมีความเหมาะสม (เห็นสิ่งนั้นแล้วอยากใช้งาน)	พอใช้	ดี
8	วิธีการดังกล่าวไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานจนเกิดการติดเชื้อโรค	พอใช้	ดีมาก
9	หน่วยงานของผู้สร้างนำเสนอวิธีการมีความน่าเชื่อถือ	ดี	ดี
10	ความพึงพอใจโดยภาพรวม	ดี	ดีมาก

ตารางที่ 4 แสดงความพึงพอใจของบุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาลที่มีต่อเครื่องถอดเข็มฉีดยา ซึ่งโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ความพึงพอใจการถอดเข็มด้วยเครื่องถอดเข็มฉีดยาเพิ่มขึ้นเปรียบเทียบระหว่างการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าข้อที่ 8 วิธีการดังกล่าวไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานจนเกิดการติดเชื้อโรค งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความพึงพอใจการ

ใช้งานสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งมีระดับมากกว่างานวิจัย ณรงค์ชัย เหมะ [10] ที่สำรวจความพึงพอใจของลูกค้าต่อชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องจักรในการใช้งานสำหรับการผลิต ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์มีความเสี่ยงในการได้รับเชื้อโรคต่างๆ มากมายในขณะปฏิบัติหน้าที่ ดังนั้นหากมีเครื่องมือหรืออุปกรณ์อะไรที่สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุหรือป้องกันได้ พวกเขาจะมีความพึงพอใจมากที่สุด รวมทั้งข้อที่ 1 วิธีการที่นำเสนอมีความรวดเร็วในการถอดเข็มฉีดยา ข้อที่ 2 วิธีการที่นำเสนอสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์หรือวัสดุ Recycle (ถังน้ำยาถูพื้นเปล่า) เพื่อรองรับเข็มฉีดยา ข้อที่ 4 วิธีการที่นำเสนอยังเป็นที่ต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไปอีก 5-10 ปีข้างหน้า รวมทั้งความพึงพอใจโดยรวมดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะบุคลากรทางการแพทย์ต้องการให้การถอดเข็มที่ใช้แล้วเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อให้บริการคนไข้คนต่อไป เพื่อลดปริมาณคนไข้ที่รอรับบริการอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยากึ่งอัตโนมัติจะส่งผลให้บุคลากรมีขวัญและกำลังใจในการทำงานเนื่องจากเครื่องดังกล่าวช่วยลดความเสี่ยงในการติดเชื้อทางเลือดและยังเพิ่มความสะดวกในการทำงานมากยิ่งขึ้น

สรุปผล

การถอดเข็มฉีดยาออกจากกระบอกฉีดเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญกับเจ้าหน้าที่พยาบาลอย่างมากทั้งในเรื่องความปลอดภัยในการป้องกันการโดนเข็มแทงมือและความรวดเร็วในการทำงาน การวิจัยครั้งนี้ศึกษาในโรงพยาบาลชุมชน (ต่ำกว่า 100 เตียง) จังหวัดขอนแก่น กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรทางการแพทย์แผนกอายุรกรรม คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยา เพื่อลดระยะเวลาในการถอดเข็มฉีดยา เพื่อลดต้นทุนการถอดเข็มฉีดยา และเพื่อเพิ่มความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ผลการดำเนินการวิจัยพบว่าระยะเวลาในการถอดเข็มด้วยเครื่องน้อยกว่าระยะเวลาในการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาลร้อยละ 52.4 ระยะเวลาเฉลี่ยนานที่สุดด้วยเครื่อง 7.8 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.1 และเจ้าหน้าที่พยาบาล 16.4 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.9 ต้นทุนการถอดเข็มด้วยเครื่องถอดเข็มฉีดยาน้อยกว่าต้นทุนการถอดเข็มด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาลร้อยละ 44.2 ระดับความพึงพอใจโดยภาพรวมของบุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาลที่มีต่อวิธีการถอดเข็มฉีดยา ด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ (วิธีใหม่) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการถอดเข็มฉีดยาด้วยเจ้าหน้าที่พยาบาล (วิธีเดิม) จาก 3.8 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็น 4.8 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 3.8

ข้อจำกัดงานวิจัยพบว่าการสร้างเครื่องถอดเข็มฉีดยาแบบกึ่งอัตโนมัติยังต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมกับหลายๆ สถานการณ์ หรือบุคลากรทางการแพทย์ที่มีประสบการณ์ในการทำงานแตกต่างกัน เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงและพัฒนาเครื่องถอดเข็ม

งานวิจัยนี้ได้ข้อค้นพบคุณลักษณะเฉพาะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ คือ การสร้างเครื่องให้สามารถทำงานแทนคนได้ ซึ่งเป็นปรัชญาในระบบการผลิตแบบโตโยต้าที่เป็นรากฐานของระบบการผลิตแบบลีน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมทางการแพทย์อื่นๆ โดยควรให้ความสำคัญกับความปลอดภัยการติดเชื้อของบุคลากรทางการแพทย์ สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับ

การประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติในเครื่องถอดเข็มฉีดยาและการจัดการกระบอกฉีดยาที่ใช้แล้วให้สามารถดำเนินการในเครื่องเดียวกันได้

เอกสารอ้างอิง

1. โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ระเบียบปฏิบัติเรื่องการจัดการขยะมูลฝอยของโรงพยาบาล. [อินเตอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 22 ธันวาคม 2565] เข้าถึงจาก https://hacc.kku.ac.th/haccupload_news/pdftitle/Fri91141Hr246cR.pdf
2. กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. เกณฑ์มาตรฐานระบบบริการสุขภาพด้านอาคารและสภาพแวดล้อมของสถานบริการสุขภาพสังกัดกระทรวงสาธารณสุข [อินเตอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 22 ธันวาคม 2565] เข้าถึงจาก https://dcd.hss.moph.go.th/web/attachments/article/248/151217_042853.pdf
3. ผู้ให้ข้อมูลที่สำคัญ นายชาญชัย เหลาหา (ผู้เขียน)
4. ชฎาพร คงเพ็ชร์, จรัสศรี อินทรสมหวัง, นภาพร เพชรศร. การปฏิบัติตนในการป้องกันการติดเชื้อขณะฝึกปฏิบัติงานในโรงพยาบาลของนิสิตพยาบาล. Thai Journal of Nursing 2018;67(3):55-61.
5. Petdachai W. Needle Shield, a Device to Prevent Needlestick Injuries-อุปกรณ์ป้องกันเข็มฉีดยาทิ่มมือ. Journal of Health Science-วารสาร วิชาการ สาธารณสุข 1993:17-23.
6. da Silva JC, da Silva FJ, Campilho RD, de Sá JC, Ferreira LC. A model for productivity improvement on machining of components for stamping dies. International Journal of Industrial Engineering and Management 2021;12(2):85.
7. Dillinger F, Bergermeier J, Reinhart G. Implications of Lean 4.0 Methods on Relevant Target Dimensions: Time, Cost, Quality, Employee Involvement, and Flexibility. Procedia CIRP. 2022;107:202-8.
8. Singh J, Singh H. Application of lean manufacturing in automotive manufacturing unit. International Journal of Lean Six Sigma 2019;11(1):171-210.
9. Jana P, Tiwari M. Lean management in apparel manufacturing. InLean Tools in Apparel Manufacturing 2021; 1 :pp. 1-16
10. ณรงค์ชัย เหมะ. ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในคุณภาพสินค้าประเภทชิ้นส่วนและอุปกรณ์เครื่องจักร ของ บริษัท เอช ที พี จำกัด [วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี; 2552.

บทความวิจัย (Research article)

การทดสอบผลผลิตเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมปรับปรุงใหม่ในพื้นที่จังหวัดพะเยา

Screening Yield trials for Selection of New Waxy Corn Hybrids in Phayao.

อุเทน ยมทุ่งก้อง[1*] สุริยศักดิ์ อุ่นตาล[2] และ บุญฤทธิ์ สินค้างาม[3]
Authen Yomthungkong[1*], Suriyasak Auntan[2], and Bunyarit Sinkamgam[3]

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
1 กุมภาพันธ์ 256	24 กุมภาพันธ์ 2566	27 กุมภาพันธ์ 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมจำนวน 30 คู่ผสม โดยใช้เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (KKU) 2 สายพันธุ์ เป็นพันธุ์ทดสอบ (Tester Line) และใช้เชื้อพันธุกรรมจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (UPMI) 15 สายพันธุ์ เป็นพันธุ์แม่ (Mother Line) ปลูกทดสอบระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม 2564 ปลูกทดสอบผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมในแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยพะเยา หมู่บ้านบ้านโซ้ ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ปลูกทดสอบโดยใช้พันธุ์การค้า 4 สายพันธุ์ในการเปรียบเทียบ ได้แก่ สวีทไวโอเล็ท สวีทไวท์ 25 3 สี และสวีทเพิลเพิ้ล พบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตทั้งเปลือก และผลผลิตปอกเปลือกสูงสุด ได้แก่ T3xUPW57 และT4xUPW74 เท่ากับ 1685.50 และ 1243.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้า พบว่ามากกว่าสายพันธุ์ Sweet white 25, Samsee และSweet purple คู่ผสมที่มีจำนวนวันในการสลัดละอองเกสร วันออกไหมและเก็บเกี่ยวผลผลิตเร็วที่สุด คือ T3xUPW4 เท่ากับ 46 วัน และ 66 วัน ตามลำดับ เร็วกว่าสายพันธุ์ทางการค้าทุกสายพันธุ์ คุณภาพ การรับประทานพบว่าความเหนียวและรสชาติทุกคู่ผสมอยู่ในเกณฑ์ชอบมากเทียบเท่ากับสายพันธุ์การค้าทุกสายพันธุ์ และคู่ผสมที่ได้คะแนนความนุ่ม

[1,2,3] คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยพะเยา
[1,2,3] School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao
[*]Corresponding author; email: maize.of.authen@gmail.com

มากกว่าสายพันธุ์ทางการค้า Sweet white 25 ได้แก่ คู่ผสม T4xUPW79 ด้านการต้านทานโรคทุกคู่ผสมมีความสามารถในการต้านทานโรคไวรัสใบด่าง (SCMV) และโรคราสนิม (SR) เทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้า

คำสำคัญ : ข้าวโพดข้าวเหนียว, พันธุ์ทดสอบ, ทดสอบผลผลิต

Abstract

This study aimed to select 30 waxy corn hybrids by using 2 waxy corn germplasms from Kasetsart University (KKU) as a tester line and 15 waxy corn germplasm from the University of Phayao Maize Improvement (UPMI) as mother lines. The experiment was conducted between August and October 2021. Four commercials were planted to compare yield trial evaluation: Sweet Violet, Sweet White 25, Samsee, and Sweet Purple. The result showed that the economic yield characters of T3xUPW57 and T4xUPW74 were the best of both green and white weights. There were 1685.50 and 1243.00 kg per rai, respectively, compared to commercial varieties found more than Sweet White 25, Samsee, and Sweet Purple. The tasseling, silking, and harvesting of T3xUPW4 was 46 days and 66 days, respectively, faster than all commercial strains. With the people test, the flavor, and tenderness of all crossbreeds were highly favorable, comparable to all commercial strains, and more tenderness than the Sweet White 25 was T4xUPW79. The foliar disease appearance of all hybrids was resistant to spotted leaf virus (SCMV) and rust (SR) is equivalent to a commercial strain.

Keywords: Waxy corn, Tester Line, Yield trial evaluation

บทนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (Waxy corn หรือ glutinous corn) เป็นข้าวโพดที่แป้งภายในเมล็ดเป็นชนิดแป้งอ่อนแต่มีความเหนียวเนื่องจากมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น Amylopectin ที่โมเลกุลจับกันแบบ Branch chain โดยมีสัดส่วนของแป้ง Amylopectin ต่อ Amylose ที่ร้อยละ 73 : 27 ถูกควบคุมด้วยยีน wx ที่เกิดขึ้นจากการกลายพันธุ์ของข้าวโพดในโครโมโซมที่ 9 ตำแหน่งที่ 56 ซึ่งเป็น Waxy gene (wx) โดย Amylopectin เข้าไปแทนที่ Amylose ใน Endosperm และ Pollen [1] ปัจจุบันข้าวโพดข้าวเหนียวเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นิยมบริโภคฝักสดและ

สามารถนำไปใช้ด้านอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง และยังเป็นสินค้าที่มีความต้องการสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น จีน ไต้หวัน เกาหลีใต้ และเวียดนาม เป็นต้น โดยคาดว่ามีชาวเอเชียบริโภคข้าวโพดชนิดนี้ไม่ต่ำกว่าปีละ 300-600 ล้านคน ขณะเดียวกันเมล็ดพันธุ์ มีปริมาณการผลิตเฉลี่ยเพียง 450-480 ตัน/ปี ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 140 กก./ไร่ มีมูลค่าประมาณ 225-240 ล้านบาท [2] การบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียว ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะได้รับความนิยมรับประทานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีรสชาติที่ดี (Good taste) มีคุณค่าทางสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ เช่น วิตามิน อี สูง (High vitamin) และยังพบสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ปริมาณที่สูง มีรสสัมผัสที่อร่อย (Tenderness) มีความเหนียว (Stickiness) นุ่ม น่ารับประทาน ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวประมาณ 100,000 ไร่ มีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ปีละประมาณ 150 ตัน โดยที่พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคอีสาน (38%) ภาคตะวันตก (23%) และภาคเหนือ (20%) ส่วนที่เหลือจะกระจายอยู่ในภาคต่างๆ ทำรายได้ให้แก่เกษตรกร 9,000-10,000 บาทต่อไร่ต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาทต่อปี [3] การปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อการบริโภคฝักสดภายในประเทศเท่านั้น กระนั้นก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคในประเทศที่มีกำลังการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างมาก และมีแนวโน้มไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ข้อจำกัดที่สำคัญในการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียว คือ การขาดแคลนเมล็ดพันธุ์ที่ดีเนื่องจากเป็นพืชที่มีความอ่อนแอ ปรับตัวได้ดีเฉพาะถิ่น เนื่องจากพื้นที่ทางภาคเหนือมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างหนาวเย็นกว่าภูมิภาคอื่นๆ โดยจังหวัดพะเยามีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ที่ 32.0°C) [4] ทำให้พันธุ์ข้าวโพดที่เป็นพันธุ์การค้าที่นิยมปลูก เช่น Sweet violet, Sweet white 25, Samsee และSweet perple ไม่สามารถปรับตัวได้ ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ที่ผ่านมามีกระบวนการค่อนข้างยุ่งยากและงบประมาณสูงเพื่อให้ได้พันธุ์ลูกผสม (F1 hybrid) ที่เฉพาะเจาะจงกับพื้นที่พร้อมกับผลผลิตสูง (High productivity) คุณภาพดี (Good quality) และสม่ำเสมอ (Uniformity) มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี (Good agronomic characters) ซึ่งเป็นเรื่องยาก ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวให้ได้พันธุ์ลูกผสมที่ดีมีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Tolerance on several conditions) เพื่อทดแทนพันธุ์ท้องถิ่น (Open pollinated variety) จึงมีข้อจำกัดหลายประการและมีความเฉพาะเจาะจงกับสภาพพื้นที่จังหวัดในเขตจังหวัดนั้นๆ เนื่องด้วยการปรับตัวของข้าวโพดข้าวเหนียวค่อนข้างอยู่ในพื้นที่จำกัด การสร้างความแปรปรวนจำเป็นต้องใช้ฐานพันธุกรรมที่กว้าง โดยสิ่งสำคัญของกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืช คือ การมีแหล่งพันธุกรรมของข้าวโพดที่ดี มีฐานพันธุกรรมที่กว้างพอสำหรับการหาลักษณะที่ดีของข้าวโพด เพื่อสร้างพันธุ์ใหม่ๆ ให้มีความหลากหลายมากขึ้น ซึ่งจะช่วยเพิ่มผลผลิตทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภคได้ตรงตามความต้องการ [5] ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช [6]

ดังนั้น นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยาจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม โดยมุ่งเน้นการพัฒนาและคัดเลือกเชื้อพันธุกรรม (Germplasms) ทดสอบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรข้าวโพดข้าวเหนียว ประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตที่ดีมาผลิตเมล็ดพันธุ์ สามารถที่จะปรับตัวได้ดีในเขตภาคเหนือตอนบน เพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพสูง ใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริมแก่เกษตรกรในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน ซึ่งเป็นกลุ่มจังหวัดที่มีความนิยมในการผลิตและบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียวสูงมาก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่สามารถปรับตัวได้ดีในเขตจังหวัดพะเยา
2. คัดเลือกผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียว และคาดว่าจะสามารถนำไปทดสอบในระดับถัดไปในแปลงเกษตรกรภายในพื้นที่ได้ โดยดำเนินงานภายใต้ “โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยา (University of Phayao Maize Improvement; UPMI)”

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างลูกผสม

การทดลองนี้ใช้สายพันธุ์ลูกผสมจำนวน 30 คู่ผสม จากข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แม่ จำนวน 15 สายพันธุ์ และปลูกข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์พ่อ จำนวน 2 สายพันธุ์ เพื่อสร้างพันธุ์ลูกผสมด้วยวิธี Top crossing และประเมินสายพันแท้ ในฤดูแล้ง (เดือนเมษายน ถึง เดือนมิถุนายน) ปี 2564 โดยสายพันธุ์แท้ที่พัฒนาจากโครงการ UPMI จำนวน 15 สายพันธุ์ ประกอบด้วย UPW1, UPW4, UPW10, UPW13, UPW27, UPW37, UPW46, UPW48, UPW51, UPW53, UPW57, UPW58, UPW74, UPW79 และสายพันธุ์ทดสอบ (tester) 2 สายพันธุ์ คือ T2 และ T3

2. การปลูกทดสอบ

ทำการปลูกทดสอบผลผลิตลูกผสมสำหรับการคัดเลือก (Testing Yield Trial) ในต้นฤดูฝน ปี 2564 จำนวน 30 คู่ผสม ที่สร้างมาจากฤดูแล้ง ปี 2564 ปลูกทดสอบผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมในแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยพะเยา โดยใช้พันธุ์การค้า 4 สายพันธุ์ในการเปรียบเทียบ (Check variety) ได้แก่ Sweet violet, Sweet white 25, Samsee และSweet perple

การปลูกใส่ปุ๋ยรองพื้น 15 -15 -15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ย 46 - 0 - 0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ ป้องกันและกำจัดวัชพืชโดยการฉีดพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชก่อนงอก และให้น้ำทันทีหลังจากปลูก การเตรียมเมล็ดคลุกด้วยสารป้องกันกำจัดโรค metalaxyl อัตราส่วน 7 กรัม ต่อเมล็ดข้าวโพด 1 กิโลกรัม ปลูกเมล็ดบนสันร่องโดยใช้เครื่องปลูก

หยอดเมล็ด 2 เมล็ดต่อหลุม เมื่อข้าวโพดอายุ 2 สัปดาห์ ทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น ทำการเก็บเกี่ยวฝักสดเมื่ออายุ 18-22 วันหลังจากออกดอก

3. การออกแบบผังการทดลอง

การปลูกดำเนินการในแปลงทดลองคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยพะเยาโดยใช้ระยะปลูก 75 x 20 ซม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 2 ซ้ำ

4. การเก็บข้อมูล

4.1 ด้านการเจริญเติบโต

1) ความสูงต้น (Plant height) วัดความสูงจากระดับผิวดินถึงรอยต่อกาบใบกับแผ่นใบ (Leaf Collar) ของใบธง เฉลี่ยจาก 5-10 ต้น

2) ความสูงตำแหน่งฝัก (Ear height) โดยสุ่มวัดความสูงฝักของต้นที่อยู่บริเวณกลางแถว จำนวน 5-10 ต้น ซึ่งจะทำการวัดหลังข้าวโพดออกดอก 2 - 3 สัปดาห์ หรือก่อนเก็บเกี่ยว โดยวัดจากพื้นดินถึงข้อฝักบน

3) วันสลัดละอองเกสร (Day to Tassel) นับตั้งแต่วันปลูกถึงวันที่อับละอองเกสรแตกเป็นจำนวน 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด

4) จำนวนวันออกไหม (Day to Silk) นับตั้งแต่วันที่ปลูกถึงวันที่ไหมโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝักเป็นจำนวน 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด

5) จำนวนวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (Day to Harvest) จำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต โดยให้มีระยะเก็บเกี่ยวหลังออกไหม 50% ของพันธุ์ที่เกี่ยวได้เป็นพันธุ์แรกเป็นมาตรฐาน เช่น พันธุ์ A สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เป็นพันธุ์แรกของการทดลองมีระยะเก็บเกี่ยวหลังออกไหม 50% เท่ากับ 19 วัน ให้ใช้ระยะเก็บเกี่ยวนี้กับทุกพันธุ์นับจากวันออกไหม 50%

6) ลักษณะทรงต้น (Plant aspect) และลักษณะฝัก (Ear aspect) โดยให้คะแนน 1-5, 1 = มีความสม่ำเสมอน้อยที่สุด 5 = มีความสม่ำเสมอมากที่สุด

4.2 ด้านการประเมินผลผลิต

1) ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (Green Weight) ชั่งน้ำหนักฝักที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม และผลผลิตฝักสดหลังปอกเปลือก (White Weight) ชั่งน้ำหนักฝักที่ปอกเปลือกแล้วที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดและมีส่วนติดเมล็ดเกิน 10 เซนติเมตร ขึ้นไป มีหน่วยเป็นกิโลกรัม โดยมีสูตรคำนวณดังนี้ [7]

$$\text{ผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่} = \frac{\text{น้ำหนักฝักต่อแปลงย่อย X 1,600}}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว} = 0.70 \times 2 \times 2}$$

2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฝัก (Ear Diameter : D) วัดจากบริเวณกลางฝักของฝักที่ปอกเปลือกแล้ว

3) ความยาวฝัก (Ear Length : L1) วัดจากโคนฝักถึงปลายฝักที่ปอกเปลือกแล้ว

4) ความยาวของส่วนที่ติดเมล็ด (Tip Length : L2) วัดจากส่วนที่ติดเมล็ดปลายฝักถึงส่วนโคนฝัก

5) จำนวนแถวต่อฝัก (Number of kernel rows) = นับจำนวนแถวเมล็ดต่อฝัก เฉลี่ยจาก 5 ฝัก

6) เปอร์เซ็นต์การตัดฝาน (% Cutting) ชั่งน้ำหนักหลังปอกที่สุ่มมา 5 ฝัก เฉือนเอาเนื้อเมล็ดออกจากฝักแล้วชั่งเฉพาะเนื้อที่เฉือน แล้วคำนวณ % เนื้อโดยน้ำหนัก

7) คุณภาพการรับประทาน (Test score) สุ่มข้าวโพดมา 5 ฝักต่อเบอร์ นึ่งให้สุกแล้วชิมโดยใช้กรรมการ 5 คน ให้คะแนน 1-5 (1 = ไม่อร่อย/ไม่ชอบ 5 = อร่อยมาก/ชอบมาก)

4.3 ด้านความต้านทานโรค

การประเมินโรคทางใบ โดยให้คะแนน 1-5, 1 = เป็นโรคมากตั้งแต่โคนต้นถึงใบธง 5 = เป็นโรคน้อยเฉพาะใบล่าง โดยทำการประเมินโรคดังนี้ โรคราน้ำค้าง (Downy Mildew : DM) โรคไวรัสใบด่าง (Sugarcane mosaic virus: SCMV) โรคใบไหม้แผลใหญ่ (Northern Corn Leaf Blight : NCLB) และโรคราสนิม (Southern Rust : SR)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

คัดเลือกและประเมินลักษณะทางการเกษตร รวมถึงองค์ประกอบผลผลิตของพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่ทำการปลูกทดสอบ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined Analysis) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี LSD (Least Significant Difference Test) โดยใช้ R-Program version R 2.11.0 และหาค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยการวิเคราะห์สหพันธ์ (Correlation Analysis)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการประเมินลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดข้าวเหนียวที่ปลูกทดสอบผลผลิต สายพันธุ์แท้ที่พัฒนาจากโครงการ UPMI จำนวน 15 สายพันธุ์ ประกอบด้วย UPW1, UPW4, UPW10, UPW13, UPW27, UPW37, UPW46, UPW48, UPW51, UPW53, UPW57, UPW58, UPW74, UPW79 สายพันธุ์ทดสอบ 2 สายพันธุ์ คือ T2 และ T3 จนได้ลูกผสม จำนวน 30 คู่ผสม ปลูกในฤดูฝน ปี 2564 ในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยพะเยา เปรียบเทียบกับสายพันธุ์การค้า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ด้านการเจริญเติบโต

ความสูงต้น (Plant height) ความสูงตำแหน่งฝัก (Ear height) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 210.50 และ 107.52 เซนติเมตร โดยคู่ผสมที่มีความสูงต้นและความสูงตำแหน่งฝักมากที่สุดคือ T3xUPW57 และ T4xUPW10 เท่ากับ 247.50 และ 145.00 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่ามีความสูงต้นและความสูงตำแหน่งฝักมากกว่าสายพันธุ์ทางการค้าทุกสายพันธุ์ ($p<0.05$) [8] ที่ได้อธิบายว่า สายพันธุ์ไหนที่มีความสูงต้นมากจะส่งผลให้ความสูงของฝักมากตามไปด้วย เช่นเดียวกับ [9] ที่ได้ศึกษาความสูงต้นและฝักของข้าวโพดข้าวเหนียว รายงานว่าความสูงฝักมีการเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกันกับความสูงต้น

วันสลัดละอองเกสร (Day to Tassel) และวันออกไหม (Day to Silk) ของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 48.68 และ48.78 วัน ตามลำดับ โดยคู่ผสมที่มีจำนวนวันในการสลัดละอองเกสร และออกไหมเร็วที่สุด คือ T3xUPW4 เท่ากับ 46.00 วัน จำนวนวันในการสลัดละอองเกสร และออกไหมเร็วกว่าสายพันธุ์ทางการค้าทุกสายพันธุ์ ($p<0.01$) [10] รายงานว่า ข้าวโพดที่มีช่วงระยะออกดอกปานกลาง จะมีช่วงออกดอกที่ 46-55 วัน

จำนวนวันถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต (Day to Harvest) ของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 68.78 วัน โดยคู่ผสมที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วที่สุดคือ T3xUPW4 เท่ากับ 66 วัน จำนวนวันถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต (Day to Harvest) ของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 68.78 วัน โดยคู่ผสมที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วที่สุดคือ T3xUPW4 เท่ากับ 66 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้า พบว่ามีจำนวนวันถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตเร็วกว่าสายพันธุ์ทางการค้าทุกสายพันธุ์ ($p<0.01$) [11] ข้าวโพดข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์มีอายุใกล้เคียงกัน คือ ออกดอก ประมาณ 35-40 วันหลังปลูก และเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดข้าวเหนียวมีอายุประมาณ 65-70 วัน [12] คู่ผสมที่มีวันสลัดละอองเกสร วันออกไหมเร็วใกล้เคียงกับพันธุ์การค้า จะส่งผลให้มีวันเก็บเกี่ยวที่เร็ว ทำให้เพิ่มโอกาสในการแข่งขันทางการตลาดได้

การประเมินทรงต้น (Plant aspect) และลักษณะฝัก (Ear aspect) ทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.93 และ 4.27 คะแนน โดยการเมินทรงต้นคู่ผสมที่ให้คะแนนมากที่สุด เท่ากับ 5.00 คะแนน คือ สายพันธุ์ T3xUPW37, T3xUPW48, T3xUPW51, T3xUPW53, T3xUPW57, T4xUPW27, T4xUPW31, T4xUPW37, T4xUPW46, T4xUPW48, T4xUPW57 และ T4xUPW79 เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้าแล้วสูงกว่าสายพันธุ์ Sweet violet, Samsee, Sweet purple ($p<0.01$) และการประเมินลักษณะฝัก คู่ผสมที่ให้คะแนนมากที่สุด เท่ากับ 5.00 คะแนน คือ T3xUPW37, T3xUPW51, T3xUPW53, T3xUPW57, T4xUPW27, T4xUPW31, T4xUPW37, T4xUPW46, T4xUPW48, T4xUPW57, T4xUPW58 และT4xUPW79 เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้าแล้วสูงกว่าสายพันธุ์ทางการค้าทุกสายพันธุ์ ($p<0.01$)

ตารางที่ 1 แสดงความสูงต้นและฝัก วันสลัดละอองเกสร จำนวนวันออกไหม จำนวนวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ทรงต้นและลักษณะฝัก

Hybrid	Height (cm)		50 % Day to flowering (day)		Day to harvest (day)	Plant aspect (1-5)	
	Plant	Ear	Tassel	Silk		Plant	Ear
T3 x UPW1	230.00^{abc}	107.50^{bcde}	46.50^{ef}	47.00^{cd}	67.00^{cd}	4.00^{b}	4.00^{b}
T3 x UPW4	192.50^{cde}	85.00^{e}	46.00^{f}	46.00^{d}	66.00^{d}	2.00^{d}	4.00^{b}
T3 x UPW10	237.50^{ab}	127.50^{ab}	50.50^{abc}	51.00^{a}	71.00^{a}	2.00^{d}	3.00^{c}
T3 x UPW13	230.00^{abc}	105.00^{bcde}	46.50^{ef}	47.00^{cd}	67.00^{cd}	3.00^{c}	4.00^{b}
T3 x UPW27	212.50^{abcde}	112.50^{abcde}	48.50^{abcdef}	48.50^{abcd}	68.50^{abcd}	2.00^{d}	3.00^{c}
T3 x UPW31	215.00^{abcde}	110.00^{bcde}	48.50^{abcdef}	48.50^{abcd}	68.50^{abcd}	4.00^{b}	4.00^{b}
T3 x UPW37	222.50^{abc}	115.00^{abcde}	47.50^{cdef}	48.50^{abcd}	68.50^{abcd}	5.00^{a}	5.00^{a}
T3 x UPW46	202.50^{bcde}	87.50^{de}	49.00^{abcdef}	48.50^{abcd}	68.50^{abcd}	3.00^{c}	4.00^{b}
T3 x UPW48	215.00^{abcde}	85.00^{e}	46.50^{ef}	47.00^{cd}	67.00^{cd}	5.00^{a}	4.00^{b}
T3 x UPW51	202.50^{bcde}	105.00^{bcde}	49.50^{abcde}	49.50^{abc}	69.50^{abc}	5.00^{a}	5.00^{a}
T3 x UPW53	200.00^{bcde}	115.00^{abcde}	47.50^{cdef}	47.00^{cd}	67.00^{cd}	5.00^{a}	5.00^{a}
T3 x UPW57	247.50^{a}	117.50^{abcde}	49.00^{abcdef}	48.50^{abcd}	68.50^{abcd}	5.00^{a}	5.00^{a}
T3 x UPW58	215.00^{abcde}	112.50^{abcde}	49.00^{abcdef}	49.50^{abc}	69.50^{abc}	4.00^{b}	4.00^{b}
T3 x UPW74	207.50^{abcde}	105.00^{bcde}	49.50^{abcde}	49.50^{abc}	69.50^{abc}	4.00^{b}	4.00^{b}
T3 x UPW79	180.00^{de}	90.00^{cde}	49.50^{abcde}	49.50^{abc}	69.50^{abc}	2.00^{d}	4.00^{b}
T4 x UPW1	217.50^{abcde}	110.00^{bcde}	48.00^{bcdef}	48.00^{abcd}	68.00^{abcd}	3.00^{c}	4.00^{b}
T4 x UPW4	177.50^{e}	122.50^{abc}	47.50^{cdef}	47.50^{bcd}	67.50^{bcd}	4.00^{b}	4.00^{b}
T4 x UPW10	195.00^{cde}	145.00^{a}	48.50^{abcdef}	48.50^{abcd}	68.50^{abcd}	3.00^{c}	3.00^{c}
T4 x UPW13	195.00cde	105.00^{bcde}	50.50^{abc}	50.50^{ab}	70.50^{ab}	4.00^{b}	4.00^{b}
T4 x UPW27	222.50^{abc}	115.00^{abcde}	49.00^{abcdef}	49.00^{abcd}	69.00^{abcd}	5.00^{a}	5.00^{a}
T4 x UPW31	205.00^{bcde}	90.50^{cde}	50.00^{abcd}	50.00^{abc}	70.00^{abc}	5.00^{a}	5.00^{a}
T4 x UPW37	205.00^{bcde}	120.00^{abcd}	49.00^{abcdef}	49.50^{abc}	69.50^{abc}	5.00^{a}	5.00^{a}
T4 x UPW46	212.50^{abcde}	92.50^{cde}	48.00^{bcdef}	48.00^{abcd}	68.00^{abcd}	5.00^{a}	5.00^{a}
T4 x UPW48	212.50^{abcde}	112.50^{abcde}	49.50^{abcde}	49.50^{abc}	69.50^{abc}	5.00^{a}	5.00^{a}
T4 x UPW51	215.00^{abcde}	107.50^{bcde}	50.00^{abcd}	50.00^{abc}	70.00^{abc}	4.00^{b}	3.00^{c}
T4 x UPW53	200.00^{bcde}	112.50^{abcde}	47.00^{def}	47.50^{bcd}	67.50^{bcd}	3.00^{c}	4.00^{b}
T4 x UPW57	220.00^{abcd}	112.50^{abcde}	51.00^{ab}	51.00^{a}	71.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}
T4 x UPW58	202.50^{bcde}	95.00^{bcde}	50.00^{abcd}	50.00^{abc}	70.00^{abc}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW74	207.50^{abcde}	95.00^{bcde}	49.00^{abcdef}	49.00^{abcd}	69.00^{abcd}	3.00^{c}	4.00^{b}
T4 x UPW79	217.50^{abcde}	110.00^{bcde}	50.00^{abcd}	50.00^{abc}	70.00^{abc}	5.00^{a}	5.00^{a}
Mean	210.50	107.52	48.68	48.78	68.78	3.93	4.27
Sweet violet	225.00^{abc}	107.50^{bcde}	50.00^{abcd}	50.00^{abc}	70.00^{abc}	4.00^{b}	4.00^{b}

Hybrid	Height (cm)		50 % Day to flowering (day)		Day to harvest (day)	Plant aspect (1-5)	
	Plant	Ear	Tassel	Silk		Plant	Ear
Sweet white 25	205.00^{bcde}	100.00^{bcde}	50.00^{abcd}	50.00^{abc}	70.00^{abc}	5.00^{a}	4.50^{ab}
Samsee	215.00^{abcde}	102.50^{bcde}	49.50^{abcde}	49.50^{abc}	69.50^{abc}	4.50^{ab}	4.50^{ab}
Sweet purple	215.00^{abcde}	117.50^{abcde}	51.50^{a}	51.00^{a}	71.00^{a}	4.50^{ab}	4.50^{ab}
F-test	*	*	**	**	**	**	**
cv%	7.10	11.20	2.50	2.20	1.60	7.20	7.10
LSD (0.01)	41.40	33.00	3.40	3.00	3.00	0.70	0.80

* = significant at the probability level 0.05 ** = significant at the probability level 0.01

ด้านการประเมินผลผลิต

ผลผลิตทั้งเปลือก (Green Weight) ของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1325.45 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าผลผลิตทั้งเปลือกมากกว่าพันธุ์ทางการค้า Sweet white 25 และ Sweet purple ที่มีผลผลิตทั้งเปลือกเท่ากับ 1548.50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเรียงลำดับจากน้ำหนักมากไปน้อย ได้แก่ คู่ผสม T3xUPW57, T3xUPW1, T4xUPW74, T3xUPW27 ที่มีผลผลิตทั้งเปลือกเท่ากับ 1685.50, 1643.00, 1614.50 และ1571.50 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ คู่ผสมที่มีผลผลิตทั้งเปลือกมากกว่าพันธุ์ทางการค้า Samsee ที่มีน้ำหนักเท่ากับ 1386.00 กิโลกรัมต่อไร่ ได้แก่ คู่ผสม T3xUPW57, T3xUPW1, T4xUPW74, T3xUPW27, T4xUPW13, T4xUPW51, T4xUPW1, T4xUPW48, T3xUPW53, T3xUPW37, T3xUPW79, T4xUPW53 น้ำหนักเท่ากับ 1685.50, 1643.00, 1614.50, 1571.50, 1528.50, 1528.50, 1500.00, 1486.00, 1443.00, 1428.50, 1428.50 และ 1414.50 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยคู่ผสมที่มีน้ำหนักสูงสุด คือ T3xUPW57 เท่ากับ 1685.50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้าแล้วผลผลิตทั้งเปลือก มากกว่าสายพันธุ์ Sweet white 25, Samsee, Sweet purple ($p<0.01$) [13] ได้ทำการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกหลังนาภาคเหนือตอนบน พบว่า คู่ผสมที่ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกสูงสุด คือ UPW1 × 4 เท่ากับ 1690 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตปอกเปลือก (White Weight) ของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 926.18 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าผลผลิตปอกเปลือกมากกว่าพันธุ์ทางการค้า Sweet white 25 ที่มีผลผลิตปอกเปลือกเท่ากับ 1163.00 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเรียงลำดับจากน้ำหนักมากไปน้อย ได้แก่ คู่ผสม T4xUPW74 T3xUPW1 T4xUPW1 ที่มีผลผลิตปอกเปลือกเท่ากับ 1243.00 1214.5 1171.50 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ คู่ผสมที่มีผลผลิตปอกเปลือกมากกว่าพันธุ์ทางการค้า Samsee และSweet purple ที่มีน้ำหนักเท่ากับ 1088.50 และ1063.00 กิโลกรัมต่อไร่ คือ T4xUPW74, T3xUPW1, T4xUPW1, T3xUPW58, T4xUPW13 มีน้ำหนักเท่ากับ 1243.00,

1214.50, 1171.50, 1143.00 และ 1107.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยคู่ผสมที่มีน้ำหนักสูงสุด คือ T4xUPW74 เท่ากับ 1243.00 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้าแล้วผลผลิตปอกเปลือก มากกว่าสายพันธุ์ Sweet white 25, Samsee, Sweet purple ($p<0.01$) [14] ได้ทำการพัฒนาลูกผสมโดยวิธีการผสมแบบพบกันหมดของข้าวโพดข้าวเหนียว 5 สายพันธุ์ พบว่าลักษณะของผลผลิตทั้งเปลือกมักมีความสอดคล้องกับผลผลิตปอกเปลือก สอดคล้องกับวีรพงษ์, 2563 ลูกผสมภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดมหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 5 อันดับแรก ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1293, 1242, 1226, 1196 และ 1139 กก./ไร่

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฝัก (Ear Diameter : D) ความยาวฝัก (Ear Length : L1) ความยาวของส่วนที่ติดเมล็ด (Tip Length : L2) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.21, 17.99 และ 16.82 เซนติเมตรตามลำดับ โดยคู่ผสมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางฝักมากที่สุด คือ T4xUPW58 เท่ากับ 4.59 เซนติเมตร มากกว่าสายพันธุ์ทางการค้าทุกสายพันธุ์ ($p<0.05$) ลูกผสมส่วนใหญ่มีความกว้างฝักใหญ่เกินค่ามาตรฐาน [15] รายงานว่าคู่ผสมที่มีความยาวฝักมากที่สุด คือ T3xUPW31 เท่ากับ 21.40 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้ามากกว่าสายพันธุ์ Sweet white 25, Samsee, Sweet purple ($p<0.05$) และคู่ผสมที่มีความยาวของส่วนที่ติดเมล็ดน้อยที่สุด คือ T3xUPW4 เท่ากับ 1.47 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับพันธุ์ทางการค้าแล้ว พบว่าน้อยกว่าสายพันธุ์ Sweet violet, Samsee และ Sweet purple ($p<0.05$)

จำนวนแถวต่อฝัก (Number of kernel rows) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 13.39 แถว คู่ผสมที่มีจำนวนแถวต่อฝักมากที่สุด คือ T3 x UPW48 เท่ากับ 15.20 แถว เมื่อเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้า แล้วพบว่ามากกว่าสายพันธุ์ Sweet violet, Sweet white และ Samsee

เปอร์เซ็นต์การตัดฝาน (% Cutting) ของทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 70.28 คู่ผสมที่มีเปอร์เซ็นต์การตัดฝานมากที่สุด คือ T3xUPW74 เท่ากับ 88.00 % เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทางการค้า พบว่าเปอร์เซ็นต์การตัดฝานสูงกว่าทุกสายพันธุ์ [16] รายงานว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ในลูกผสมจำนวน 48 คู่ผสม ร่วมกับพันธุ์การค้า 3 พันธุ์ พบว่า ทุกคู่ผสมมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในด้านของลักษณะ ของผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ดังนั้น ในการคัดเลือก คู่ผสมที่ดีควรพิจารณาหลายๆ ลักษณะร่วมกัน [17] โดยการพิจารณาจากความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์จากพันธุ์นั้นๆ เช่น เกษตรกร ผู้บริโภค พ่อค้าคนกลาง และโรงงานแปรรูป เป็นต้น [18]

คุณภาพการรับประทาน (Test score) ได้แก่ กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และรสชาติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 5.00 3.97 5.00 คะแนนตามลำดับ พบว่าความเหนียวและรสชาติทุกคู่ผสมอยู่ในเกณฑ์ชอบมากเทียบเท่ากับสายพันธุ์การค้าทุกสายพันธุ์ สอดคล้องกับรายงานของ [19] กล่าวว่า

ข้าวโพดข้าวเหนียวในแต่ละพันธุ์มีปริมาณอะไมโลเพกทิน (amylopectin) ที่แตกต่างกันออกไปจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวโพดข้าวเหนียวแต่ละสายพันธุ์มีรสชาติที่แตกต่างกัน เนื่องจากแป้งในเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวจัดเป็นแป้งอ่อน (Soft starch) นอกจากนี้พบว่ายังมีสารที่ให้ความหนืดจำพวก Water soluble polysaccharide ที่สูง เช่น Detrin ลักษณะเหนียวเป็นเมือกทำให้น่ารับประทาน แม้จะไม่หวานเหมือนกับข้าวโพดหวานก็ตาม แต่ยีน Waxy มีผลทำให้เกิดReducing sugar เพิ่มขึ้นจากข้าวโพดธรรมดาเล็กน้อย ในเรื่องของกลิ่นคู่ผสมที่ได้คะแนนกลิ่นเทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้าเท่ากับ 5.00 คะแนน ได้แก่ T3xUPW4, T3xUPW10, T3xUPW13, T3xUPW37, T3xUPW46, T3xUPW48, T3xUPW53, T3xUPW57, T3xUPW58, T3xUPW74, T3xUPW79, T4xUPW1, T4xUPW4, T4xUPW10, T4xUPW13, T4xUPW46, , T4xUPW48, T4xUPW53, T4xUPW57, T4xUPW58, T4xUPW74 และT4xUPW79 ($p<0.01$) และคู่ผสมที่ได้คะแนนความนุ่มมากกว่าสายพันธุ์ทางการค้า Sweet white ที่มีคะแนนเท่ากับ 3.25 คะแนน ได้แก่ คู่ผสม T4xUPW79 เท่ากับ 4.75 คะแนน ($p<0.01$) สอดคล้องกับ [20] ลักษณะความนุ่ม (tenderness) คือ ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด เนื้อสัมผัสของเอนโดสเปิร์ม และความฉ่ำน้ำ เป็นผลมาจากปริมาณไฟโตไกลโคเจนซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างเช่นเดียวกับอะไมโลเพกทิน แต่มีกิ่งโซ่จำนวนมากกว่าไฟโตไกลโคเจนเป็นโมเลกุลที่มาสามารถละลายน้ำได้ พบว่าในเมล็ดที่มียีน Sugary (Su) อยู่มีผลทำให้ปริมาณไฟโตไกลโคเจนสูงมาก มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะคล้ายครีมทำให้เมล็ดข้าวโพดมีความนุ่ม

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักผลผลิต ความกว้างความยาวฝัก ความยาวของส่วนที่ติดเมล็ด และจำนวนแถวต่อฝัก

Hybrid	Yield (Kg/rai)		Ear characters (cm.)			Number of kernel rows
	Green Weight	White Weight	D	L1	L2	
T3 x UPW1	1643.00^{bc}	1214.50^{bc}	4.12^{abcde}	20.85^{abc}	19.75^{ab}	13.40^{abcd}
T3 x UPW4	1271.50^{fghijkl}	1007.00^{fghijk}	4.22^{abcde}	16.45^{de}	14.65^{ef}	12.40^{bcd}
T3 x UPW10	1043.00^{lmn}	585.50^{q}	4.21^{abcde}	17.44^{cde}	16.00^{cdef}	13.60^{abcd}
T3 x UPW13	1185.50^{hijklmn}	878.50^{ijklmn}	4.06^{abcde}	18.63^{abcde}	16.70^{abcdef}	14.40^{abcd}
T3 x UPW27	1571.50^{bcde}	914.00^{hijklm}	4.23^{abcde}	19.68^{abcd}	16.80^{abcdef}	14.40^{abcd}
T3 x UPW31	1271.50^{fghijkl}	936.00^{hijkl}	4.37^{abcd}	21.40^{ab}	18.90^{abcd}	13.40^{abcd}
T3 x UPW37	1428.50^{cdefgh}	986.00^{ghijk}	4.52^{abcd}	18.48^{abcde}	17.85^{abcde}	12.20^{cd}
T3 x UPW46	1271.50^{fghijkl}	628.50^{pq}	4.55^{abcd}	17.75^{bcde}	17.10^{abcdef}	15.00^{abc}
T3 x UPW48	1385.50^{defghi}	871.50^{jklmn}	4.42^{abcd}	18.80^{abcde}	16.55^{abcdef}	15.20^{ab}
T3 x UPW51	971.50^{n}	814.50^{lmno}	4.35^{abcd}	17.30^{cde}	16.75^{abcdef}	13.20^{abcd}
T3 x UPW53	1443.00^{bcdefg}	921.50^{hijklm}	3.84^{bcde}	17.00^{de}	16.20^{bcdef}	13.00^{abcd}

Hybrid	Yield (Kg/rai)		Ear characters (cm.)			Number of kernel rows
	Green Weight	White Weight	D	L1	L2	
T3 x UPW57	1685.50^{ab}	1014.50^{efghij}	3.58^{e}	16.35^{de}	15.60^{cdef}	12.20^{cd}
T3 x UPW58	1371.50^{defghij}	1143.00^{bcdef}	4.22^{abcde}	17.15^{de}	15.70^{cdef}	12.60^{bcd}
T3 x UPW74	971.50^{n}	857.00^{klmn}	4.16^{abcde}	18.77^{abcde}	17.85^{abcde}	13.80^{abcd}
T3 x UPW79	1428.50^{cdefgh}	1000.00^{fghijk}	3.81^{cde}	17.45^{cde}	16.85^{abcdef}	12.40^{bcd}
T4 x UPW1	1500.00^{bcdef}	1171.50^{bcd}	4.03^{bcde}	17.65^{cde}	16.65^{abcdef}	13.80^{abcd}
T4 x UPW4	1371.00^{defghij}	914.00^{hijklm}	4.40^{abcd}	17.12^{de}	15.65^{cdef}	13.80^{abcd}
T4 x UPW10	1157.00^{ijklmn}	686.00^{opq}	3.99^{bcde}	17.05^{de}	15.45^{def}	13.40^{abcd}
T4 x UPW13	1528.50^{bcde}	1107.00^{bcdefg}	4.06^{abcde}	18.25^{abcde}	17.25^{abcdef}	13.60^{abcd}
T4 x UPW27	1235.50^{ghijklm}	893.00^{ijklm}	4.52^{abcd}	19.70^{abcd}	19.15^{abc}	12.60^{bcd}
T4 x UPW31	1014.00^{mn}	735.50^{nopq}	4.24^{abcde}	17.43^{cde}	16.65^{abcdef}	12.40^{bcd}
T4 x UPW37	1100.00^{klmn}	857.00^{klmn}	4.56^{abc}	16.25^{de}	15.95^{cdef}	15.20^{ab}
T4 x UPW46	1157.00^{ijklmn}	813.00^{lmno}	3.80^{de}	17.05^{de}	16.30^{abcdef}	11.60^{d}
T4 x UPW48	1486.00^{bcdef}	1029.00^{defghi}	4.45^{abcd}	19.00^{abcde}	18.20^{abcde}	13.40^{abcd}
T4 x UPW51	1528.50^{bcde}	1014.50^{efghij}	4.40^{abcd}	17.55^{cde}	16.70^{abcdef}	13.60^{abcd}
T4 x UPW53	1414.50^{cdefgh}	1000.00^{fghijk}	4.25^{abcde}	18.90^{abcde}	17.35^{abcdef}	12.40^{bcd}
T4 x UPW57	1328.50^{efghijk}	771.50^{mnop}	4.37^{abcd}	17.15^{de}	16.05^{cdef}	15.20^{ab}
T4 x UPW58	1128.50^{jklmn}	814.50^{lmno}	4.59^{ab}	18.80^{abcde}	17.25^{abcdef}	13.80^{abcd}
T4 x UPW74	1614.50^{bcd}	1243.00^{b}	4.21^{abcde}	17.00^{de}	16.15^{cdef}	13.80^{abcd}
T4 x UPW79	1257.00^{fghijklm}	964.00^{ghijkl}	3.89^{abcde}	17.15^{de}	16.50^{abcdef}	11.80^{d}
Mean	1325.45	926.18	4.21	17.99	16.82	13.39
Sweet violet	1917.50^{a}	1424.50^{a}	4.51^{abcd}	21.50^{a}	19.85^{a}	13.40^{abcd}
Sweet white 25	1548.50^{bcde}	1163.00^{bcde}	4.15^{abcde}	15.95^{e}	13.95^{f}	12.80^{abcd}
Samsee	1386.00^{defghi}	1088.50^{cdefg}	4.56^{abc}	17.50^{cde}	16.75^{abcdef}	14.20^{abcd}
Sweet purple	1548.50^{bcde}	1063.00^{cdefgh}	4.80^{a}	16.89^{de}	16.89^{abcdef}	15.60^{a}
F-test	**	**	*	*	*	ns
cv%	6.60	5.80	6.40	7.40	7.80	8.30
LSD (0.01)	245.40	152.20	0.70	3.60	3.50	2.90

Ns = Non significant * = significant at the probability level 0.05 ** = significant at the probability level 0.01

ด้านการต้านทานโรค (Foliar Disease) จากการประเมินความต้านทานโรคทางใบที่สำคัญ ได้แก่ โรคราน้ำค้าง (Downy Mildew : DM) โรคไวรัสใบด่าง (Sugarcane mosaic virus: SCMV) โรคใบไหม้แผลใหญ่ (Northern Corn Leaf Blight : NCLB) และโรคราสนิม (Southern Rust : SR) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 5.00 3.97 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ พบว่าทุกคู่ผสมมีความสามารถในการต้านทานโรคไวรัสใบด่าง (SCMV) และโรคราสนิม (SR) เทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้า เท่ากับ 5.00

คะแนน โรคราน้ำค้าง (DM) คู่ผสมที่มีความสามารถในการต้านทานโรคเทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้า คือ คู่ผสม T3xUPW4, T3xUPW10, T3xUPW13, T3xUPW37, T3xUPW46, T3xUPW48, T3xUPW53, T3xUPW57, T3xUPW58, T3xUPW74, T3xUPW79, T4xUPW1, T4xUPW4, T4xUPW10 T4xUPW13, T4xUPW46, T4xUPW48, T4xUPW53, T4xUPW57, T4xUPW58, T4xUPW74, T4xUPW79 เท่ากับ 5 คะแนน เช่นกัน ($p<0.01$) สำหรับโรคใบไหม้แผลใหญ่ (NCLB) ทุกคู่ผสมที่มีความต้านทานโรคเทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้า Sweet white เท่ากับ 4.00 คะแนน ยกเว้น T4xUPW74 ที่มีความต้านทานโรคเท่ากับ 3.00 คะแนน ($p<0.01$) ปัญหาโรคที่สำคัญ ที่มีผลต่อการผลิตข้าวโพดข้าวเหนียว ได้แก่ โรคราน้ำค้าง และโรคใบไหม้แผลใหญ่ โรคราน้ำค้างเกิดจากเชื้อรา *Peronosclerospora sorghi* เป็นโรคหนึ่งที่ระบาดรุนแรงในข้าวโพดในหลายพื้นที่ปลูกของประเทศไทย ความรุนแรงของโรคทำให้ผลผลิตลดลง 30-80 เปอร์เซ็นต์ ในแหล่งที่โรคระบาดรุนแรงและพันธุ์ข้าวโพดที่อ่อนแอจะทำความเสียหายถึง 100 เปอร์เซ็นต์ [21] และโรคใบไหม้แผลใหญ่ที่เกิดจากเชื้อรา *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard & Suggs เป็นโรคที่ทำความเสียหายรุนแรง ความเสียหายที่เกิดจากโรคใบไหม้แผลใหญ่ต่อผลผลิต มีความผันแปรขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการจัดการ [22] สอดคล้องกับรายงานของ [23] ที่พบความหลากหลายของเชื้อราสนิม โรคใบไหม้แผลใหญ่ที่พบในประเทศไทยมักจะมีความแตกต่างและการระบาดที่แตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาค สอดคล้องกับ [24] สายพันธุ์แท้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 91 สายพันธุ์ ทนต่อโรคราน้ำค้าง โรคใบไหม้ แผลใหญ่ และโรคใบไหม้แผลเล็ก พบว่า ทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์การตัดฝาน คุณภาพการรับประทาน และการต้านทานโรค

Hybrid	Cutting (%)	Eating quality (1-5)				Foliar Disease			
		Aroma	Sticky	Tender-ness	Flavor	DM	CVMV	NCLB	Rust
T3 x UPW1	74.00^{bcdef}	4.50^{ab}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	4.50^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW4	79.00^{abcd}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW10	58.00^{kl}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW13	74.00^{bcdef}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW27	58.50^{jkl}	3.50^{bc}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	3.50^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW31	73.50^{cdefg}	3.50^{bc}	5.00^{a}	3.25^{c}	5.00^{a}	3.50^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW37	69.00^{defghij}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW46	49.50^{l}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW48	63.00^{ghijk}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW51	84.50^{ab}	2.75^{c}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	2.75^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW53	64.00^{fghijk}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}

Hybrid	Cutting (%)	Eating quality (1-5)				Foliar Disease			
		Aroma	Sticky	Tender-ness	Flavor	DM	CVMV	NCLB	Rust
T3 x UPW57	60.00^{hijkl}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW58	83.50^{abc}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW74	88.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T3 x UPW79	70.00^{defghi}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW1	78.00^{abcd}	5.00^{a}	5.00^{a}	3.25^{c}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW4	67.00^{efghijk}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW10	59.50^{ijkl}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW13	72.50^{defg}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW27	72.00^{defg}	3.50^{bc}	5.00^{a}	3.25^{c}	5.00^{a}	3.50^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW31	73.00^{cdefg}	3.50^{bc}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	3.50^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW37	78.00^{abcd}	4.25^{ab}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	4.25^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW46	70.00^{defghi}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW48	69.00^{defghij}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW51	66.50^{efghijk}	4.00^{ab}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	4.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW53	70.50^{defgh}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW57	58.00^{kl}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW58	72.50^{defg}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
T4 x UPW74	77.00^{bcde}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.50^{ab}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	3.00^{c}	5.00^{a}
T4 x UPW79	76.50^{bcde}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.75^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
Mean	70.28	4.65	5.00	3.97	5.00	4.65	5.00	3.97	5.00
Sweet violet	74.50^{bcdef}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}
Sweet white 25	75.00^{bcde}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.50^{ab}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	4.00^{b}	5.00^{a}
Samsee	78.50^{abcd}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}
Sweet purple	69.00^{defghij}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}	5.00^{a}
F-test	**	**	ns	**	ns	**	ns	**	ns
cv%	5.50	8.80	1.60	5.20	1.60	1.40	1.50	5.90	1.50
LSD (0.01)	10.72	1.10	2.10	0.50	2.00	2.90	2.10	0.60	2.10

Rating 1-5; 5 = poorest, 1 = best, Ns = Non significant * = significant at the probability level 0.05, ** = significant at the probability level 0.01

สรุปผล

จากการปลูกทดสอบผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม 30 คู่ผสมพบว่า ด้านการเจริญเติบโต คู่ผสมที่มีความสูงต้นมากที่สุดคือ T3xUPW57 เท่ากับ 247.50 เซนติเมตร และความสูงตำแหน่งฝักมากที่สุด คือ T4xUPW10 เท่ากับ 145.00 เซนติเมตร จำนวนวันในการสลัดละอองเกสร และออกไหมเร็ว

ที่สุด คือ T3xUPW4 เท่ากับ 46 วัน และ 66 วัน ตามลำดับ การประเมินทรงต้น และลักษณะฝัก คู่ผสมที่คะแนนการประเมินทรงต้น เท่ากับ 5.00 คะแนน คือ สายพันธุ์ T3xUPW37, T3xUPW48, T3xUPW51, T3xUPW53, T3xUPW57, T4xUPW27, T4xUPW31, T4xUPW37, T4xUPW46, T4xUPW48, T4xUPW57 และ T4xUPW79และการประเมินลักษณะฝัก คู่ผสมที่ให้คะแนนมากที่สุด เท่ากับ 5.00 คะแนน คือ T3xUPW37, T3xUPW51, T3xUPW53, T3xUPW57, T4xUPW27, T4xUPW31, T4xUPW37, T4xUPW46, T4xUPW48, T4xUPW57, T4xUPW58 และT4xUPW79

ด้านการประเมินผลผลิต ผลผลิตทั้งเปลือกน้ำหนักสูงสุด คือ T3xUPW57 เท่ากับ 1685.50 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตปอกเปลือกมีน้ำหนักสูงสุด คือ T4xUPW74 เท่ากับ 1243.00 กิโลกรัมต่อไร่ คู่ผสมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางฝักมากที่สุด คือ T4xUPW58 เท่ากับ 4.59 เซนติเมตร คู่ผสมที่มีความยาวฝักมากที่สุด คือ T3xUPW31 เท่ากับ 21.40 เซนติเมตร และคู่ผสมที่มีความยาวของส่วนที่ติดเมล็ดน้อยที่สุด คือ T3xUPW4 เท่ากับ 1.47 เซนติเมตร จำนวนแถวต่อฝักมากที่สุด คือ T3 x UPW48 เท่ากับ 15.20 แถว เปอร์เซ็นต์การตัดฝานมากที่สุด คือ T3xUPW74 เท่ากับ 88.00%

คุณภาพการรับประทาน พบว่าความเหนียวและรสชาติทุกคู่ผสมอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก เทียบเท่ากับสายพันธุ์การค้าทุกสายพันธุ์ ในเรื่องของกลิ่นทุกคู่ผสมที่ได้คะแนนกลิ่นน้อยที่สุด คือ T3xUPW51 เท่ากับ 2.75 คะแนน และคู่ผสมที่ได้คะแนนความนุ่มมากกว่าสายพันธุ์ทางการค้า Sweet white ที่มีคะแนนเท่ากับ 3.25 คะแนน ได้แก่ คู่ผสม T4xUPW79 เท่ากับ 4.75 คะแนน

ด้านการต้านทานโรค พบว่าทุกคู่ผสมมีความสามารถในการต้านทานโรคไวรัสใบด่าง (SCMV) และโรคราสนิม (SR) เทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้า เท่ากับ 5.00 คะแนน สำหรับโรคราน้ำค้าง (DM) ทุกคู่ผสมมีความสามารถในการต้านทานโรคเทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้า ยกเว้น คู่ผสม T3xUPW1, T4xUPW37, T4xUPW51, T3xUPW27, T3xUPW31, T4xUPW27, T4xUPW31 และT3xUPW51 เท่ากับ 4.50, 4.25, 4.00, 3.50, 3.50, 3.50, 3.50 และ2.75 คะแนน ตามลำดับ สำหรับโรคใบไหม้แผลใหญ่ (NCLB) ทุกคู่ผสมที่มีความต้านทานโรคเทียบเท่ากับสายพันธุ์ทางการค้า Sweet white เท่ากับ 4.00 คะแนน ยกเว้น T4xUPW74 ที่มีความต้านทานโรคเท่ากับ 3.00 คะแนน

ดังนั้นสามารถคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง คุณภาพฝักดี และตอบสนองต่อพื้นที่ดีที่สุดจำนวน 14 คู่ผสม คือ T3xUPW57, T3xUPW48, T4xUPW57, T4xUPW79, T3xUPW4, T4xUPW46, T3xUPW37, T3xUPW53, T4xUPW58, T3xUPW74, T4xUPW37, T4xUPW48, T4xUPW74 และT4xUPW10

เอกสารอ้างอิง

1. ราเชนทร์ ถิรพร. ข้าวโพด : การผลิต การใช้ประโยชน์ การวิเคราะห์ปัญหาและการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร. กรุงเทพฯ: บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์; 2535. 274.
2. เกรียงศักดิ์ สุวรรณธราดล. กฎหมายและการปรับปรุงพันธุ์พืช. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักการปรับปรุงพันธุ์พืช รุ่นที่ 2 นครปฐม: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน; 2555. หน้า 48-75.
3. กิตติภพ วายุภาพและคณะ. วิจัยและพัฒนาข้าวโพดฝักสด. กรมวิชาการเกษตร; 2558. 1-124.
4. กรมอุตุนิยมวิทยา. ภูมิอากาศจังหวัดพะเยา. 2565; 22 กุมภาพันธ์ 2565. แหล่งข้อมูล: http://climate.tmd.go.th/data
5. บุญฤทธิ์ สินค้างาม, ภาวินี จันทร์วิจิตร. การพัฒนาสายพันธุ์และการทดสอบพันธุ์ลูกผสมข้าวโพดข้าวเหนียวเบื้องต้นที่มีศักยภาพผลผลิตสูงในจังหวัดพะเยาโดยวิธีสายพันธุ์ผสมกับตัวทดสอบ. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร. 2557; 22(2): 85-93.
6. กฤษฎา สัมพันธารักษ์. ปรับปรุงพันธุ์พืชพื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม; 2551. 464.
7. วรรษมน มงคล ฉลอง เกิดศรี เชาวนาถ พฤทธิเทพ วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว ธีรวุฒิ วงศีวรัตน์ เพชรลดา นวลตาล จิราลักษณ์ ภูมิไธสง และสุมนา งามผ่องใส. ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมดีเด่น CNW142430505. ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 39 ประจำปี 2562. โรงแรมลพบุรี อินน์ รีสอร์ท. ลพบุรี: หน้า 211-215
8. สมชัย จันทร์สว่าง, พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. พันธุศาสตร์ประชากร. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2527. 218.
9. สุรณี ทองเหลือง, ยุพาพรรณ จุฑาทอง, สมพร ทองแดง และสำราญ โพธิขำ. การทดสอบพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียน. ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 26 ประจำปี 2538. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: หน้า 143-152.
10. วิไลวรรณ พรหมคำ, สุขพงษ์ วายุภาพ, เพียงเพ็ญ ศรวัติ, ธีรศักดิ์ มานุพีรพันธ์ และบุญเกื้อ ภูศรี. ฐานข้อมูลบันทึกลักษณะของข้าวโพดเทียนข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์นำเข้า. การประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 31 ประจำปี 2546. ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: หน้า 30-37.
11. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. การผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวในเขตชลประทาน. ชัยนาท: 2548. 9
12. Arnel R. Hallauer. Specialty Corns. 2nd ed. United States of America: CRC Press LLC; 2001.

13. กิตติพันธ์ เพ็ญศรี และบุญฤทธิ์ สินค้างาม. การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกหลังนา ภาคเหนือตอนบน. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 13 ประจำปี 2559. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม: หน้า 14-21.
14. บุญฤทธิ์ สินค้างาม, วรรษมน มงคล, อังคณา เพาะนิยม, พีรนุช จอมพุก, พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และชูศักดิ์ จอมพุก. การเพิ่มปริมาณทริปโตแฟนด้วยยีน opaque-2 ในข้าวโพดข้าวเหนียวร่วมกับการใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก. การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยแม่บทข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2553. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: หน้า 28-44.
15. สถานีทดลองพืชไร่ศรีสำโรง. ข้าวโพดเทียนพันธุ์สุโขทัย1. ข่าวสารสถาบันวิจัยพืชไร่. 27. สุโขทัย: 2543. หน้า 1-4
16. กิตติพันธ์ เพ็ญศรี. การพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกหลังนา ภาคเหนือตอนบน (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา: 2560
17. Malvar R, Revilla P, Moreno-González J, Butrón A, Sotelo J, Ordás A. White maize: genetics of quality and agronomic performance. Crop science. 2008; 48(4): 1373-81.
18. Arnel R. Hallauer. Specialty Corns. 2nd ed. United States of America: CRC Press; 2001.
19. ประภา กัณฐศากุล, สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์ และจินดา จันทร์อ่อน. ส่วนประกอบบางอย่างของข้าวโพดฝักสด. ในประภา กัณฐศากุล(บรรณาธิการ). เอกสารประกอบการสัมมนาข้าวโพดหวาน. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่; 2535. 1-3
20. Boyer C, Shannon J. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. Plant Breeding Reviews. 1983; 1(1): 139-61.
21. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา. คู่มือโรคพืชไร่. กรุงเทพฯ: 2545.
22. Juliatti, F.C., A. M. Brandao, J.A. Santos and W.C. Luz. Fungicides in the aerial. part of maize crop: evolution of fungus diseases, losses, answers of hybrids and improvement of production quality. Annual. Review of Plant Pathology. 2007; 15: 277-334.

23. ปัทมา จันทร์เรือง, ประณิตา พรหมศรี, จินตนา อันอาตม์งาม และสรรเสริญ จำปาทอง. ความหลากหลายของเชื้อราสนิมที่พบในประเทศไทยและเทคนิคการคัดเลือกพันธุ์ต้านทาน. ใน: รายงานการประชุม ประจำปี 2556, 4 - 5 กุมภาพันธ์ 2556; อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี.
24. วีรพงษ์ วรรณสมพร. การทดสอบพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมก่อนการค้าในไร่เกษตรกรที่เหมาะสมกับภาคเหนือตอนบนเขต 2: จังหวัดเชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา: 2563

Kalasin University
Journal of Science Technology and Innovation

วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Kalasin University Journal of Science Technology and Innovation