

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2563

Vol.1 No.3 September - December 2020

- การต้านยาปฏิชีวนะเชื้อ *Escherichia coli* ที่คัดแยกได้จากมูลโคนม-โคเนื้อ
เพ็ญนภา เพ็งคำลุน, เอกกวี กังขรนอก และสุกฤษฎิ์ ปิยะเดชสุนทร
- ปุ๋ยชีวภาพจากจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช
ณัฐวุฒิ เพชรนวล, ปฐมาภรณ์ ทิลารักษ์, พริยาภรณ์ อันอาจมิงาม และอมรรัตน์ สุวรรณโพธิ์ศรี
- การประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดเทียนที่คัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง
ปราโมทย์ พรสุริยา, ประพจน์ พรหมสมบุญ และหนูจันทร์ ศิริสุวรรณ
- ระเบียบวิธีอีวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเรียงกล่องบรรจุอาหารในตู้คอนเทนเนอร์
ธวัชชัย บุญทัน, เพ็ญภัก ศิริมาก, สันชัย ยอดมนั, อัครพงศ์ วงศ์พัฒน์ และไกรศักดิ์ จันทรโกเมน
- อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศพันธุ์ต่าง ๆ
รัตนจิรา รัตนประเสริฐ, รัชนี้ พุกธา, ยุพา บุตรดาพงษ์ และรัตติกาล เสนน้อย
- ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42
ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา, ศิริพร มุลาสินน์ และสุภาวดี ตั้งธีระวัฒนะ
- การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ
ปรเมศร์ จันทรโคตร, ปัญญาสัมปทา จันทวิสา และณัฐพงษ์ หนูนดี
- การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน
จิรายุ มุสิกกา, ธนวรรณ อวยศักดิ์ไชยงค์ และพนารัตน์ สังข์อินทร์
- การออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติโดยใช้ถาดคัดเมล็ดพันธุ์
บรรลุ เพ็ญชิน, กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธ์, สมาน คันทรินทร์, กฤษณพันธ์ ศรีมงคล และวีรยุทธ จั๊พซ
- การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์สำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย อำเภอกาบเชิง
จังหวัดสุรินทร์
ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร, ชูชาติ พยอม และศุภชัย แก้วจันทร์

ISSN 2730 - 163X

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์



คำนำ

วารสารวิจัยเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นเพื่อตีพิมพ์บทความที่เป็นประโยชน์ต่อวงการวิชาการและบุคคลทั่วไป โดยมีสาขาย่อย 3 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกษตรศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยวารสารฉบับนี้ได้เผยแพร่ผลงานที่มีเนื้อหาทางด้านวิชาการ การสร้างองค์ความรู้ การบูรณาการ และข้อมูลอันเป็นประโยชน์จากคณาจารย์ นักศึกษา และผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพชีวิต รวมทั้งก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านวิชาการแก่ผู้ที่สนใจทั่วไป โดยมีบทความ 10 เรื่อง ที่มีเนื้อหาหลากหลาย ได้แก่ 1) การต้านยาปฏิชีวนะเชื้อ *Escherichia coli* ที่คัดแยกได้จากมูลโคนม-โคเนื้อ 2) ปุ๋ยชีวภาพจากจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช 3) การประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดเทียนที่คัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง 4) ระเบียบวิธีวิธีสถิติสำหรับปัญหาการจัดเรียงกล่องบรรจุอาหารในตู้คอนเทนเนอร์ 5) อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศพันธุ์ต่าง ๆ 6) ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 7) การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ 8) การผลิตเม็ดบีตส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน 9) การออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติโดยใช้ถาดคัดเมล็ดพันธุ์ 10) การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์สำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ โดยบทความได้ผ่านการพิจารณาและการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

กองบรรณาธิการขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ได้ส่งบทความเข้ามาขอรับการตีพิมพ์ในวารสาร และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความในวารสารฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ทางวิชาการของประเทศไทยต่อไป

กองบรรณาธิการ

วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี



วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี Agriculture and Technology Journal

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ความรู้และผลงานวิชาการทางด้านการเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมแก่สังคม

เจ้าของ/สำนักงานวารสาร

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี 145 หมู่ 15 ต.นอกเมือง อ.เมืองสุรินทร์ จ.สุรินทร์ 32000
โทร. 044-153093 โทรสาร. 044-153093
E-mail: atj.rmuti@gmail.com
Website: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/atj/index

ที่ปรึกษาบรรณาธิการ

รศ.ดร.สำเนาวิ เสาวกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.วุฒิชัย สิทธิวงษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์

รองบรรณาธิการ

ดร.พงศ์ภัทร เกียรติประเสริฐ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ดร.ปวีณา สาส์ทอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์
อาจารย์อัญวีณ์ ไชยวิชระกัมพล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วข.สุรินทร์

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

ศ.ดร.สนั่น	จอกลอย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สุขสันต์	ห่อพิบูลสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ศ.ดร.อนันต์	พลธานี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.ธเนศ	เสถียรนาม	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.ทวนทอง	จุฑาเกตุ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ศ.ดร.ปิยะดา	ธีระกุลพิศุทธิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.อุทัยรัตน์	ณ นคร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.อลงกลด	แทนอมทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สุวัจน์	ธัญรส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ศ.ดร.เมธา	วรรณพัฒน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.สิงหนาท	พวงจันทร์แดง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.กุลเชษฐ์	เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
พล.อ.ต.ศ.ดร.สรกฤษ ศรีเกษม		โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

กองบรรณาธิการ

รศ.ดร.พันธวัศ	สัมพันธ์พานิช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ปรเมศ	บรรเทิง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ธนัชฐา	ทรรพนันท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อรพินท์	จินตสถาพร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.รัชพล	สันติวรการ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.กริช	สมกันธา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รศ.ดร.บุญเสถียร	บุญสูง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.สุรพล	แสนสุข	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร.วิศิษฐ์พร	สุขสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รศ.ดร.บรรจง	บุญชม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.อังคณา	บุญยี่ด	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.เอื้อมพร	จันทร์สองดวง	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผศ.ดร.พัชรินทร์	อาตมียะนันท์	มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
ผศ.ดร.ภาณุพล	หงษ์ภักดี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.วีระเวทย์	อุทไธ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.อรอนงค์	ภูสีฤทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผศ.ดร.สิริภัทร	เชี่ยวชาญวัฒนา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.บัณฑิต	ยวงสร้อย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.รัตติกาล	เสนน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วช.บางพระ
ผศ.ดร.พัชริน	สงศรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.น.สพ.สุทธิดิล	ปิยะเดชสุนทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ผศ.ดร.วิไลพร	อินสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ผศ.ดร.รัตนจิรา	รัตนประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.สุทธิชาน	นิลฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.สุริยา	อดดุ้ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.ศุภลักษณ์	เกตุดากแดด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.ทิวากร	อำพาพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.วิภาสทธิ์	หิรัญรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.เรวัฒน์	เต็มกล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
ดร.นิตยา	ภูงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์
อาจารย์ปรัชญา	บำรุงกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช.สุรินทร์

กำหนดออกวารสาร

พิมพ์เผยแพร่ราย 4 เดือน

- ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม – เมษายน
- ฉบับที่ 2 ประจำเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม
- ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กันยายน – ธันวาคม

พิมพ์ที่

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

ต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีและบทความในวารสารเป็นแนวคิดของผู้แต่งมิใช่เป็นแนวคิดของคณะกรรมการจัดทำวารสาร และมีใช่เป็นความรับผิดชอบของคณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ปีที่ 1 ฉบับที่ 3

รองศาสตราจารย์ ดร.นิราวรรณ กุณัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ เชิดทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ ปิ่นทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรเมศ บรรเทิง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรเวทย์ อุทโธ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ ภูสีฤทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุบรรณ ฝอยกลาง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญเดือน รัตนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรศิธิกุลญา ธาราธิมา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุพร หงส์ทองคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา สำราญรัมย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติกาล เสนน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชริน ส่งศรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระวี ตรีอำนรรค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย สิทธิวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา บุญยัด	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสน์ นิมิตรพันธ์	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกกานต์ ลายสนธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพล หงษ์ภักดี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ จิระชีวะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.รำไพ นามพิลา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.รัชนี พุทธา	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทบรรณาธิการ



คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตสุรินทร์

วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี (Agriculture and Technology Journal) เป็นวารสารทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้และผลงานวิชาการทางด้านการเกษตรและเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางวิชาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมอาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมในการถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยี หรือนวัตกรรมแก่สังคม ทำการเผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ฐานข้อมูลระบบออนไลน์ และรูปเล่มจำนวน 3 ฉบับต่อปี ในทุก ๆ 4 เดือน โดยฉบับที่ 1 ระหว่างเดือนมกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม และฉบับที่ 3 ระหว่างเดือน กันยายน-ธันวาคม เปิดรับบทความที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เกษตรศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสาร

คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและส่งเสริมผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่เชิงบูรณาการให้มีคุณภาพ เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง สำหรับฉบับนี้ มีบทความวิจัยด้วยกัน 10 เรื่อง ประกอบด้วยสาขาเกษตรศาสตร์ 4 เรื่อง สาขาวิศวกรรมศาสตร์ 3 เรื่อง สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 เรื่อง กองบรรณาธิการมุ่งมั่นที่จะให้วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี (Agriculture and Technology Journal) เป็นวารสารที่มีคุณภาพและมีชื่อในศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai-Journal Citation Index Centre; TCi)

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะสำหรับในแต่ละบทความวิจัย ขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่านที่ได้ส่งบทความอันเป็นประโยชน์ เผยแพร่สู่สาธารณะเพื่อพัฒนางานวิจัยของชาติต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย ลิทธิวงษ์

บรรณาธิการ

- การต้านยาปฏิชีวนะเชื้อ *Escherichia coli* ที่คัดแยกได้จากมูลโคนม-โคเนื้อ 1
Antibiotic resistance in *Escherichia coli* isolated from manure in dairy and beef cattle
เพ็ญนภา เพ็งคำลุน, เอกกวี กังขรนอก และสุทธิตล ปิยะเดชสุนทร
- ปุ๋ยชีวภาพจากจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช 12
Biofertilizer from plant probiotic microorganisms
ณัฐวุฒิ เพชรนวล, ปฐมาภรณ์ ทิลารักษ์, พริยาภรณ์ อันอาตม์งาม และอมรรัตน์ สุวรรณโพธิ์ศรี
- การประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดเทียนที่คัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง 22
Evaluation of small waxy corn lines selected from a local cultivar
ปราโมทย์ พรสุริยา, ประพฤติ พรหมสมบุรณ์ และหนูจันทร์ ศิริสุวรรณ
- ระเบียบวิธีฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเรียงกล่องบรรจุอาหารในตู้คอนเทนเนอร์ 33
A heuristic method for food box packing in container
ธวัชชัย บุญทัน, เพ็ญภาค ศิริมาก, สันชัย ยอดมณี, อัครพงศ์ วงศ์พัฒน์ และไกรศักดิ์ จันทระโกเมท
- อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศพันธุ์ต่าง ๆ 42
Influence of chicken manure on growth and root yield of different sweet potato varieties
รัตนจิรา รัตนประเสริฐ, รัชนี พุทธา, ยุพา บุตรดาพงษ์ และรัตติกาล เสนน้อย

ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42	52
Effect of packaging on postharvest quality of mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42	
ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา, ศิริพร มุลาสินน์ และสุภาวดี ตั้งธีระวัฒน์	
การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ 62	62
Design and fabrication of automatic corn sowing machine	
ปรมัตถ์ จันทระโคตร, ปัญญาสัมปทา จันทวิสา และณัฐพงษ์ ทุมณี	
การผลิตเม็ดปิดสน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน 72	72
Producing golden banana syrup beads by extrusion technique	
จิรายุ มุสิกกา, ธนวรรณ อวยศักดิ์ไชยงค์ และพนารัตน์ สังข์อินทร์	
การออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติโดยใช้ถาดคัดเมล็ดพันธุ์ 82	82
Design and fabrication of automatic single-rice seeding system with The Seed-Selected Tray	
บรรลุ เพียชิน, กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธ์, สมาน คันทรินทร์, กฤษณพันธ์ ศรีมงคล และวีรยุทธ จีเพชร	
การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์สำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย 95	95
อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์	
Development of the herbal tablet compression machine using in-line camshaft for Thai traditional medical, Kab Choeng Distrct, Surin Province	
ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร, ชูชาติ พยอม และศุภชัย แก้วจันทร์	

Received: June 19, 2020; Revised: August 20, 2020; Accepted: November 2, 2020

การต้านยาปฏิชีวนะเชื้อ *Escherichia coli* ที่คัดแยกได้จากมูลโคนม-โคเนื้อ
Antibiotic resistance in *Escherichia coli* isolated from
manure in dairy and beef cattle

เพ็ญญา เพ็งคำลุน¹ เอกกวี กังขนอก¹ และสุทธิดล ปิยะเดชสุนทร^{1*}Pennapha Pengkhamlun¹, Aekkawee Kangkhonnok¹ and Sudthidol Piyadeatsoontorn^{1*}¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address : Sudthidol.ch@muti.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการต้านยาปฏิชีวนะ *Escherichia coli* (*E. coli*) กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากมูลโคนม 4 ตัวอย่าง และมูลโคเนื้อ 3 ตัวอย่าง หาปริมาณความเข้มข้นโคลิฟอร์มของแต่ละตัวอย่างโดยวิธีการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน (Standard Plate Count) พบว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยโคลิฟอร์มของกลุ่มการเลี้ยงโคนม 2.75 log CFU/g และกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อ 3.96 log CFU/g นำโคโลนีบริสุทธิ์ของ *E. coli* ที่คัดแยกจากตัวอย่างมูลโคนม-โคเนื้อ ทดสอบการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิด (Oxytetracycline 30 µg, Penicillin G 10 units, Sulfamethoxazole 100 µg, Streptomycin 10 µg และ Enrofloxacin 5 µg) ด้วยวิธีการ Disk Diffusion พบกลุ่มการเลี้ยงโคนมต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด 30% และไม่ต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด 70% และกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อพบการต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด 56.67% และไม่ต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด 43.33% จากผลการทดลองสรุปได้ว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยโคลิฟอร์มกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อมากกว่ากลุ่มการเลี้ยงโคนม 4.07 log CFU/g ด้วยการทดสอบสถิติ T-test ($p=0.014$) และเมื่อทดสอบด้วยสถิติ Chi-square พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิดของ *E. coli* กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ

คำสำคัญ: การต้านยาปฏิชีวนะ *Escherichia coli* มูลโค มูลโคนม มูลโคเนื้อ

Abstract

The aim of this study was to compare the association of antibiotic resistance (AR) of *Escherichia coli* with the dairy-beef cattle groups. Manure samples were randomly collected from Dairy group (Dg) 4 samples, and Beef cattle group (Bg) 3 samples. Standard Plate Count method was used to determine the coliform concentrate, and Disk Diffusion method was used to assess the presence of the multidrug-resistant

to *E. coli* (Oxytetracycline, Penicillin G, Sulfamethoxazole, Streptomycin, and Enrofloxacin). The results from Standard Plate Count method showed that the mean of coliform concentrate was Dg 2.75 log CFU/g, and Bg 3.96 log CFU/g. The results from testing multidrug-resistant of *E. coli* indicated that Dg was 30% of AR and 70% of non-AR resistance, while Bg was 56.67% of AR, and 43.33% of non-AR. In conclusion, the coliform concentrate of the Bg was greater than the Dg 4.07 log CFU/g ($p=0.014$) by T-test statistics. There was no association between antibiotic resistance and the dairy-beef cattle groups by Chi-square test.

Keywords: Antibiotic resistance, *Escherichia coli*, Cattle manure, Dairy cattle manure, Beef cattle manure

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องการต้านยาปฏิชีวนะมีความสำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก ซึ่งองค์การอนามัยโลก (World health organization; WHO) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการต้านยาปฏิชีวนะในมนุษย์ ได้รณรงค์เรื่องการใชยาปฏิชีวนะที่ถูกต้อง สาเหตุของการต้านยาปฏิชีวนะที่เกิดขึ้นนั้นมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องเช่น การรับประทานยาปฏิชีวนะของผู้ป่วยที่เป็นไข้หวัดที่มีสาเหตุมาจากเชื้อไวรัส ซึ่งไม่ใช่เชื้อแบคทีเรีย จึงทำให้เกิดการต้านยา (Fair and Tor, 2014) เป็นต้น การเลี้ยงสัตว์ ฟาร์มโคนม-โคนเนื้อเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดการต้านยาปฏิชีวนะ เนื่องจากในการเลี้ยงสัตว์นั้น มีการใชยาปฏิชีวนะในการป้องกันรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น โรคแอนแทรก โรคคอบวม โรคไข้ชา โรคแท้งติดต่อ สาเหตุหนึ่งที่พบบ่อยในการใชยาปฏิชีวนะในฟาร์มโคนมคือ การรักษาโรคเต้านมอักเสบโดยใชยาปฏิชีวนะกลุ่ม β -lactams (Kemper, 2008) ซึ่งเมื่อมีการใชยาปฏิชีวนะอย่างไม่สมเหตุสมผลแล้วนั้นทำให้เกิดการต้านยาปฏิชีวนะเกิดขึ้นสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมในรูปแบบมูลสัตว์และน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต ทั้งนี้เชื้อแบคทีเรียที่มีสภาพต้านยาปฏิชีวนะที่พบในสิ่งแวดล้อมมีถิ่นที่สามารถถ่ายทอดไปสู่สิ่งมีชีวิตสายพันธุ์อื่น (Patermn and Bonomo, 2005) และสามารถถ่ายทอดไปสู่จุลินทรีย์ที่อยู่ในมนุษย์ได้ (Haberecht et al., 2019) โดยน้ำเสียหรือมูลสัตว์ที่นำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการเกษตร เมื่อมนุษย์นำพืชผลการเกษตรมาบริโภคก็จะทำให้ได้รับเชื้อแบคทีเรียต้านยาปฏิชีวนะหรือเมื่อน้ำเสียจากฟาร์มถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำ และสัตว์น้ำกินของเสียที่มีการปนเปื้อนเชื้อเหล่านี้เข้าไป และมนุษย์นำสัตว์น้ำนั้นมาบริโภค ทำให้มนุษย์ได้รับแบคทีเรียที่มีการต้านยาปฏิชีวนะเข้าไปด้วยเช่นกัน เมื่อมนุษย์ใชยาปฏิชีวนะจะทำให้ประสิทธิภาพของยาในการรักษาลดลงจนถึงขั้นรักษาไม่ได้ผล ดังนั้นฟาร์มเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะฟาร์มโคนม-โคนเนื้อ ควรต้องทราบหรือมีข้อมูลการต้านยาปฏิชีวนะชนิดที่สำคัญที่มีใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่เกี่ยวกับการควบคุมและป้องกันรักษาโรคที่มีสาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรค (Pathogen) ชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคในมนุษย์และในสัตว์ โดยเฉพาะโรคในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดโรคอุจจาระร่วง ทั้งนี้เชื้อ *E. coli* มีการตอบสนองที่หลากหลายของเชื้อต่อการต้านยาปฏิชีวนะชนิดต่าง ๆ (Sobur et al. 2019) ทั้งนี้เชื้อ *E. coli* สามารถเกิดกลไกการต้านยาหลายกลไกและสามารถถ่ายทอดสู่เชื้อแบคทีเรียอื่นได้ จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบการต้านยาปฏิชีวนะของเชื้อ *E. coli* ต่อยาปฏิชีวนะชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใชยาปฏิชีวนะรักษาโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ปัจจุบันข้อมูลที่สำคัญเหล่านี้ที่ยังมีข้อมูลไม่มากพอและยังไม่ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน ดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่นำมาศึกษาวิจัยในครั้งนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคนเนื้อกับการต้านยาปฏิชีวนะ โดยทำการศึกษาจากตัวอย่างมูลที่เกิดจากกระบวนการการผลิตโคนม-โคนเนื้อ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

ออกแบบการทดลองโดยใช้รูปแบบวิจัยเชิงวิเคราะห์ ณ จุดเวลาหนึ่ง (Cross-sectional study; Survey) เพื่อตรวจหาการต้านยาปฏิชีวนะในเชื้อ *E. coli* และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโคลิฟอร์มในกลุ่มที่ 1 กลุ่มการเลี้ยงโคนม กลุ่มที่ 2 กลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อ นำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยการทดสอบที (T-test) แบบกลุ่มการทดลองที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent) ที่ระดับนัยสำคัญ 95 เปอร์เซ็นต์ และทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อต่อการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิดด้วยการทดสอบทางสถิติ Chi-Square test โดยใช้โปรแกรมคำนวณค่าสถิติ Program R version 3.6.3

การเก็บตัวอย่างนำวิเคราะห์

การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple randomization) โดยแบ่งการเก็บมูลโคออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่หนึ่งคือ กลุ่มการเลี้ยงโคนม เก็บจากมูลโครีดนม ลูกโค โครุ่น โคทราย รวม 4 ตัวอย่าง ๆ ละประมาณ 50 กรัม และกลุ่มที่สองคือ กลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อ เก็บจากมูลโคอุ้มท้อง แมโค ลูกโค รวม 3 ตัวอย่าง ๆ ละประมาณ 50 กรัม เก็บในถุงมือตรวจโรคที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เป็นเครื่องมือในการเก็บมูลโคนม-โคเนื้อ และเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อบรรจุมาตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การตรวจหาปริมาณและคัดแยกเชื้อ *E. coli*

นำตัวอย่างมูลของกลุ่มทดลองแต่ละตัวอย่างแต่ละกลุ่มการทดลองปริมาณ 10 กรัม เพื่อตรวจหาปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์ม ด้วยวิธีการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน (Standard Plate Count; SPC) อ้างอิงตามวิธีของ Mark W. Lechevallier et al. (1980) โดยทำละลายตัวอย่างด้วยสารละลายเปปโตน (Buffer peptone water) ที่ปราศจากเชื้อปริมาตร 90 มิลลิลิตร นำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร (Inoculum) มาทำเจือจาง 10 เท่า (Tenfold dilution) ในสารละลายเปปโตนที่ปราศจากเชื้อ โดยนำสารละลายในแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารแข็ง Trypticase soy agar (TSA) โดยวิธีการกระจายเชื้อ (Spread plate) เพื่อนำไปคำนวณปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์ม

การคัดเลือกโคโลนี *E. coli* โดยนำมูลของกลุ่มทดลองแต่ละตัวอย่างมารวมกัน ในแต่ละกลุ่มการทดลองเป็นหนึ่งตัวอย่าง (Pool sample) ทำการเจือจาง 10 เท่า โดยแต่ละระดับความเข้มข้นของการเจือจางนำมาตรวจหาลักษณะโคโลนีด้วยวิธีการกระจายเชื้อ ตรวจหาโคโลนีที่พบลักษณะ Metallic sheen รูปร่างกลม (Circular) ผิวเรียบ (Smooth) และระดับความนูนของโคโลนีโค้งจากผิวอาหารเล็กน้อย (Convex) ทั้งนี้เลือกเก็บคัดแยกโคโลนี *E. coli* ที่มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกัน มาแยกโคโลนีของเชื้อ *E. coli* ออกจากโคโลนีของเชื้อในกลุ่มโคลิฟอร์มชนิดอื่นโดยวิธีการ Cross streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง EMB (Eosin-methylene blue; HIMEDIA M503) เพื่อยืนยันว่าโคโลนีที่คัดแยกเป็นโคโลนีของ *E. coli* ที่บริสุทธิ์แล้ว โดยแต่ละโคโลนีที่คัดแยกได้นับเป็น 1 ไอโซเลท (Isolate) ทดสอบลักษณะจำเพาะของเชื้อ *E. coli* โดยให้ผลการย้อมสีแกรมลบ ตามวิธีของ Smith and Hussey (2005) ให้ผลบวก MR test และให้ผลลบของ VP test ตามวิธีของ Hudzicki (2009) เก็บโคโลนีบริสุทธิ์ที่ผ่านการคัดแยกแล้วไว้ในสารละลายเปปโตนที่ปราศจากเชื้อปริมาตร 1,500 ไมโครลิตรผสมกับกลีเซอรอล (Glycerol) 500 ไมโครลิตร นำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อบรรจุมาตรวจหาการต้านยาปฏิชีวนะของเชื้อ *E. coli* ในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบการต้านยาปฏิชีวนะ

นำเชื้อ *E. coli* ที่เก็บไว้ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายเปปโตน 10 มิลลิลิตรที่ปราศจากเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งจะได้เชื้อที่มีความเข้มข้น 10^8 CFU/ml นำมา Spread plate และตรวจการต้านยาปฏิชีวนะ ด้วยวิธี Disk diffusion ตามวิธีการของ Hudzicki (2009) เพื่อทดสอบการต้านยาปฏิชีวนะทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ 1) Oxytetracycline; OTC 30 µg 2) Penicillin G; P 10 units. 3) Sulfamethoxazol; SXT 100 µg 4) Streptomycin; S 10 µg และ 5) Enrofloxacin; ENR 5 µg โดยเปรียบเทียบขนาดวงใส (Clear zone) รอบ ๆ แผ่นยาปฏิชีวนะและวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) เพื่อแบ่งระดับความไวต่อยาปฏิชีวนะตามชนิดของยาปฏิชีวนะเทียบกับค่ามาตรฐานของ Clinical and laboratory standards (CLSI) โดยมีเกณฑ์ 3 ระดับ คือ มีความไวต่อยา (Susceptibility; S) มีความไวต่อยาปานกลาง (Intermediate; I) และต้านยา (Resistance; R) และแปลผลการต้านยาปฏิชีวนะดังนี้ OTC 30 µg [S: ≥15, I: 12-14, R: ≤11] (CLSI, 2013), P 10 units. [S: ≥15, I: -, R: ≤14] (CLSI, 2008), SXT 100 µg [S: ≥16, I: 11-15, R: ≤10] (CLSI, 2012), S 10 µg [S: ≥15, I: 12-14, R: ≤11] (CLSI, 2008), ENR 5 µg [S: ≥21, I: 17-20, R: ≤16] (CLSI, 2013)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการต้านยาปฏิชีวนะเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากมูลโคนม-โคเนื้อพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์มกลุ่มการเลี้ยงโคนมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 ± 0.55 log CFU/g และกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 ± 0.39 log CFU/g แตกต่างกัน ($p=0.014$) โดยปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์มกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อมากกว่ากลุ่มการเลี้ยงโคนม 4.07 log CFU/g ดังแสดงในตารางที่ 1 และจากการศึกษาเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้เมื่อนำมาทดสอบการต้านยาปฏิชีวนะด้วยวิธี Disk diffusion แล้วนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อกับการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิด (Oxytetracycline 30 µg, Penicillin G 10 units, Streptomycin 10 µg, Enrofloxacin 5 µg, Sulfamethoxazole 100 µg) ของเชื้อ *E. coli* พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิด กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์ม (CFU/g) ของกลุ่มการเลี้ยงโคนมและการเลี้ยงโคเนื้อ

Experimental group	Coliform concentrations		p-value
	Total Concentrations CFU/g	Log CFU/g (Mean±SD)	
Dairy	$2.65 \times 10^2 - 3.75 \times 10^3$	2.75 ± 0.55	0.014
Beef cattle	$5.01 \times 10^3 - 3.42 \times 10^4$	$3.96 \pm 0.39^*$	

หมายเหตุ : *ปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์ม log CFU/g ในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้วยการทดสอบทางสถิติ T-test

ตารางที่ 2 ผลของความสัมพันธ์ระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิดต่อการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ

Antibiotic	Experimental group	Antibiotic resistance			p-value
		R	I	S	
Oxytetracycline	D	1	0	5	0.540
	B	3	0	3	
Enrofloxacin	D	1	1	4	1.000
	B	0	1	5	
Streptomycin	D	2	4	0	1.000
	B	3	2	1	
Penicillin	D	5	0	1	1.000
	B	6	0	0	
Sulfamethoxazole	D	0	0	6	0.019
	B	5	0	1	
Total					0.068

หมายเหตุ : D; Daily cattle, B; Beef cattle, R; Resistance, I; Intermediate, S; Susceptible

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยการทดสอบทางสถิติ Chi-Square test

อภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์มของกลุ่มการเลี้ยงโคนม (2.75 log CFU/g) โคเนื้อ (3.96 log CFU/g) ด้วย T-test มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นโคลิฟอร์มของกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อมากกว่ากลุ่มการเลี้ยงโคนม 4.07 log CFU/g ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 1 ทั้งนี้เพราะการจัดการฟาร์มมีผลทำให้ปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์มในมูลโคมีความแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับระบบการจัดการ ความหนาแน่นของสัตว์ การจัดการทุ่งหญ้า และปัจจัยอื่น ๆ (Lewis et al., 2005) มีผลต่อการปนเปื้อนโคลิฟอร์มสู่สิ่งแวดล้อม (Quintana et al., 2020) โดยการปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำในฤดูฝน (Helard et al., 2019) หรือทุ่งหญ้ารอบฟาร์มในรูปแบบของปุ๋ยคอก (Guber et al., 2006) ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของโคลิฟอร์มของกลุ่มการเลี้ยงโคนมจากการทดลองนี้มีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Wang et al. (2004) ที่พบว่าโคลิฟอร์มที่แยกได้จากมูลโคนมเป็นเชื้อ *E. coli* (6.55×10^6 CFU/g) และ Streptococci (7.60×10^6 CFU/g) สอดคล้องกับการทดลองของ Sinton et al. (2007) พบว่าปริมาณความเข้มข้นโคลิฟอร์มในมูลโคเนื้อทั้งหมดประมาณ $10^5 - 10^6$ CFU/g มีปริมาณความเข้มข้นมากกว่ากลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อ (3.96 log CFU/g)

จากการทดสอบการต้านยาปฏิชีวนะและนำข้อมูลมาทดสอบทางสถิติ Chi-square เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อกับการต้านยาปฏิชีวนะ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะสี่ชนิด (Oxytetracycline 30 µg, Penicillin G 10 units, Streptomycin 10 µg และ Enrofloxacin 5 µg) ของเชื้อ *E. coli* กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ และพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ Sulfamethoxazole กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ($p < 0.05$) แต่ทั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะทั้งห้าชนิดกับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bok et al. (2015) พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะของเชื้อ *E. coli* กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ทั้งนี้รูปแบบการเลี้ยง วิธีการเลี้ยง การจัดการ เป้าประสงค์การใช้ยา

ชนิดของยาที่มีใช้ในฟาร์ม ลักษณะอาการหรือความเจ็บป่วย โรคที่เกิดขึ้นในฟาร์ม สภาพแวดล้อมฟาร์มที่แตกต่างกัน มีผลต่อการถ่ายทอดปัจจัยความรุนแรงของการต้านยาปฏิชีวนะเชื้อ *E. coli* (Bok et al., 2015; Astorga et al., 2019)

ภาพรวมความสัมพันธ์กันระหว่างกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อกับการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิดจากตารางที่ 2 พบว่าการต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด (Multi-drug antibiotics resistance) ของเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคนมต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิดที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ (9 ไอโซเลท) และไม่ต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด 70 เปอร์เซ็นต์ (21 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Messele et al. (2019) พบว่าไอโซเลทเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคนมต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด (Streptomycin, Tetracycline, Sulfamethoxazole) ที่ระดับ 29.17 เปอร์เซ็นต์ (14 ไอโซเลท) และไม่ต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด ที่ระดับ 70.83 เปอร์เซ็นต์ (34 ไอโซเลท)

จำนวน Multi-drug resistance ของเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคเนื้อการต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิดที่ระดับ 56.67 เปอร์เซ็นต์ (17 ไอโซเลท) และไม่ต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด 43.33 เปอร์เซ็นต์ (13 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zheng et al. (2018) พบว่าไอโซเลทเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคเนื้อต้านยาปฏิชีวนะ (Streptomycin, Tetracycline และ Sulfamethoxazole) ที่ระดับ 50.16 เปอร์เซ็นต์ (158 ไอโซเลท) และไม่ต้านยาปฏิชีวนะหลายชนิด ที่ระดับ 49.84 เปอร์เซ็นต์ (157 ไอโซเลท)

การต้านยาปฏิชีวนะ Oxytetracycline

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ OTC กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มโคนม-โคเนื้อไม่ได้มีผลต่อการต้านหรือไม่ต้านยาปฏิชีวนะ OTC ทั้งนี้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากกลไกการตอบสนองของเชื้อ *E. coli* ไม่ได้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของการต้านยาปฏิชีวนะ OTC ในกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ (Astorga et al., 2019) แต่จากการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีหรือไม่มีความสัมพันธ์กับการต้านยาปฏิชีวนะ OTC พบว่าการศึกษาของ Parveen et al. (2006) ฤดูกาลมีความสัมพันธ์กับการต้านยาปฏิชีวนะ OTC.

ในกลุ่มการเลี้ยงโคนมไม่ต้านยาปฏิชีวนะ OTC มีจำนวน 83.33 เปอร์เซ็นต์ (5/6 ไอโซเลท) และที่ต้านยาปฏิชีวนะ OTC มีจำนวน 16.67 เปอร์เซ็นต์ (1/6 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการการศึกษาของ Shinozuka et al. (2019) พบว่ามีเชื้อ *E. coli* ที่ไม่ต้านยาปฏิชีวนะ OTC 78.95 เปอร์เซ็นต์ (30/38 ไอโซเลท) และต้านยาปฏิชีวนะ OTC 21.05 เปอร์เซ็นต์ (8/38 ไอโซเลท) ที่ใช้ในการรักษาโรคเต้านมอักเสบในโคนม ทั้งนี้พบว่าในการรักษาอาการเต้านมอักเสบในโคนม ด้วยยาปฏิชีวนะ OTC ทำให้มีการอักเสบบริเวณเต้านมลดลง (Shinozuka et al., 2019) แต่ไม่ส่งผลให้การต้านยาปฏิชีวนะ OTC ของเชื้อ *E. coli* เพิ่มขึ้น จากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ในการใช้ยาปฏิชีวนะ OTC ในฟาร์มโคนมที่ทำการทดลองให้ผลดีกว่า เนื่องจากมีจำนวนไอโซเลทที่ต้านยาปฏิชีวนะ OTC อยู่ในระดับน้อยกว่า ส่วนในกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อพบว่าการต้านและไม่ต้านยาปฏิชีวนะเท่ากันคือ 50 เปอร์เซ็นต์ (3/6 ไอโซเลท) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Shin et al. (2015) พบเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากมูลโคเนื้อต้านยาปฏิชีวนะ Tetracycline 94.19 เปอร์เซ็นต์ (146/155 ไอโซเลท) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการทดลอง ระบบการเลี้ยง และการจัดการฟาร์มที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งไอโซเลทของเชื้อ *E. coli* ที่พบสามารถต้านยาปฏิชีวนะ OTC ด้วยสองกลไกหลักคือ กลไกแรก Efflux pump โดย Major facilitator superfamily (MFS) ที่พบในเชื้อ *E. coli* เป็น Secondary active transporter ซึ่งเป็นโปรตีนขนส่งที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ทำหน้าที่ขนส่งยาปฏิชีวนะ OTC ออกนอกเซลล์เชื้อ *E. coli* (Kumar et al., 2013) กลไกที่สองการจำกัดการดูดซึมยา โดยเยื่อหุ้มเซลล์ (Outer membrane) ของเชื้อ *E. coli* มีโครงสร้าง Lipopolysaccharides ที่หนาและกีดขวางโมเลกุลของยาปฏิชีวนะ OTC (Reygaert, 2016) จึงทำให้เชื้อ *E. coli* ต้านยาปฏิชีวนะ OTC

ยาปฏิชีวนะ Enrofloxacin

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ ENR กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ซึ่งการต้านยานี้ไม่ได้มีความจำเพาะกับรูปแบบหรือวิธีการเลี้ยงการจัดการฟาร์มโคนม-โคเนื้อ เนื่องจากการใช้ยาปฏิชีวนะ ENR น้อยมากในฟาร์มโคนม-โคเนื้อ ดังแสดงจากข้อมูลจำนวนไอโซเลทที่ไม่ต้านหรือต้านยาปฏิชีวนะ ENR ในโคนม-โคเนื้อเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ กลุ่มการเลี้ยงโคนมพบว่าไม่ต้านยาปฏิชีวนะ 83.33 เปอร์เซ็นต์ (5/6 ไอโซเลท) และต้านยาปฏิชีวนะ 16.66 เปอร์เซ็นต์ (1/6 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shinozuka et al. (2019) ที่พบว่าเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากมูลโคนมไม่มีการต้านยาปฏิชีวนะ 100 เปอร์เซ็นต์ (28/28 ไอโซเลท) สำหรับกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อพบว่าไม่ต้านยาปฏิชีวนะ ENR 100 เปอร์เซ็นต์ (6/6 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Orden et al. (2001) ที่พบเชื้อ *E. coli* ไม่ต้านยาปฏิชีวนะ 95.10 เปอร์เซ็นต์ และต้านยาปฏิชีวนะ 4.90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นวิถีของการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มกับการใช้ยาปฏิชีวนะ ENR ว่าการใช้ยาปฏิชีวนะ ENR ยังให้ผลในการรักษาโรคติดเชื้อที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* ได้ดี ดังนั้นจึงพบว่าค่าความเข้มข้นของระดับยาปฏิชีวนะ ENR ที่ต่ำที่สุด (Minimum inhibition concentration; MIC) ที่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ระดับต่ำที่ 0.022 - 0.030 µg แสดงให้เห็นว่าระดับยาปฏิชีวนะ ENR ที่ใช้ในการรักษาโรคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* ใช้ยาในระดับต่ำยังสามารถมีประสิทธิภาพที่ดีได้ และการใช้ยาปฏิชีวนะต้องมีความสอดคล้องกันระหว่างค่าระดับ MIC และระดับการต้านยาปฏิชีวนะ และไม่เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป้าหมายยา ซึ่งเป็นกลไกที่เชื้อ *E. coli* สร้างขึ้นมาต้านยาปฏิชีวนะ ENR โดยยาปฏิชีวนะ ENR จะสามารถเข้าไปในผนังเซลล์ได้ แต่ไม่สามารถจับกับ Target site ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำลายเซลล์ของเชื้อ *E. coli* ได้ (Li et al., 2019) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการใช้ยาปฏิชีวนะ ENR ในการรักษาโรคที่เกิดจากการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* ในโคนม-โคเนื้อ เช่น โรคท้องร่วง และปริมาณของยาปฏิชีวนะ ENR ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการรักษาโรคติดเชื้อที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* คือ 12.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวสัตว์ (Blondeau et al., 2012) จะให้ผลตอบสนองต่อการกำจัดเชื้อได้ดี

ยาปฏิชีวนะ Streptomycin

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ S กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ แสดงให้เห็นว่าการใช้ยาปฏิชีวนะ S ในฟาร์มโคนม-โคเนื้อไม่ได้ส่งผลหรือมีความสัมพันธ์กับการต้านยาปฏิชีวนะ S ทั้งนี้เป่าประสงค์ส่วนใหญ่ของฟาร์มจะใช้ยาดังกล่าวเพื่อการรักษาหรือป้องกันโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น ยาสดเต้านมเพื่อรักษาโรคเต้านมอักเสบ หรือยาสำหรับฉีดเข้ากล้ามเนื้อเพื่อรักษาโรคในระบบทางเดินอาหาร (Pyorala, 2009) ซึ่งการใช้ยาดังกล่าวจะมีการกำหนดการใช้หรือการหยุดยาที่เป็นมาตรฐานของการใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ (The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, 2002) โดยเฉพาะโคนม ดังนั้นจึงทำให้โอกาสที่เชื้อ *E. coli* จะต้านยาปฏิชีวนะ S จำนวนน้อย ดังในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าในกลุ่มการเลี้ยงโคนมไม่ต้านยาปฏิชีวนะ S 66.67 เปอร์เซ็นต์ (4/6 ไอโซเลท) และต้านยาปฏิชีวนะ 33.33 เปอร์เซ็นต์ (2/6 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al. (2018) พบว่าเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากโคนมไม่ต้านยาปฏิชีวนะ S 89.80 เปอร์เซ็นต์ และต้านยาปฏิชีวนะ S 6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อพบว่าต้านยาและไม่ได้ต้านยาปฏิชีวนะ S เท่ากันที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (3/6 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aasmae et al. (2019) พบว่าเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคนมมีการต้านยาปฏิชีวนะ S ที่ระดับ 63.50 เปอร์เซ็นต์ และไม่ได้ต้านยาปฏิชีวนะ S ที่ระดับ 36.50 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ายังคงมีการต้านยาปฏิชีวนะ S ทั้งกลุ่มโคนม-โคเนื้อ ซึ่งการต้านยาปฏิชีวนะ S เกิดขึ้นด้วยสองกลไกคือ กลไกแรกการจำกัดการดูดซึมยา โดยเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อ *E. coli* จะมีโครงสร้าง Lipopolysaccharides ที่หนาทำให้ยาปฏิชีวนะ S ไม่สามารถผ่านเข้าไปในเซลล์ของเชื้อ *E. coli* ได้ (Ruddaraju et al., 2020) และ กลไกที่สองการยับยั้งการทำงานของยาปฏิชีวนะ Streptomycin โดยทั่วไปด้วยเอนไซม์ Acetyltransferases Nucleotidyltransferases และ Phosphotransferases (Reygaert, 2016) ทั้งนี้เนื่องจากพบจำนวนไอโซเลทของเชื้อ *E. coli* ในสัดส่วนที่ต้านยาปฏิชีวนะค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากพบจำนวนไอโซเลทของเชื้อ *E. coli* ในสัดส่วนที่ต้านยา

ปฏิชีวนะค่อนข้างมาก ซึ่งปริมาณของยาปฏิชีวนะ S ที่แนะนำให้ใช้สำหรับการรักษาโรคติดเชื้อที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* ในโคนม-โคเนื้อ คือ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวสัตว์ (The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, 2002)

ยาปฏิชีวนะ Penicillin G

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ P กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพบว่าวิธีการเลี้ยงหรือการจัดการฟาร์มโคนม-โคเนื้อกับการใช้ยา P ไม่ได้ส่งผลทำให้เกิดการไม่ต้านหรือต้านยาปฏิชีวนะ P ทั้งนี้กลุ่มการเลี้ยงโคนมพบว่าไม่ต้านยาปฏิชีวนะ Penicillin G มีจำนวน 16.67 เปอร์เซ็นต์ (1/6 ไอโซเลท) และต้านยาปฏิชีวนะมีจำนวน 83.33 เปอร์เซ็นต์ (5/6 ไอโซเลท) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Msolo et al. (2016) พบว่าเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคนมต้านยาปฏิชีวนะ P 100 เปอร์เซ็นต์ (27/27 ไอโซเลท) สำหรับกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อพบว่าต้านยาปฏิชีวนะ P มีจำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ (6/6 ไอโซเลท) ที่คัดแยกได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Galland et al. (2005) ที่พบว่ามีการต้านยาปฏิชีวนะ P ของเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคเนื้อ 100 เปอร์เซ็นต์ (57/57 ไอโซเลท) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคนม-โคเนื้อพบการต้านยาปฏิชีวนะ P ระดับสูง เนื่องด้วยสองเหตุผลคือ 1) ยาปฏิชีวนะ P เป็นกลุ่มยาที่แนะนำให้ใช้เป็นลำดับแรก (Drug of choice) ในการรักษา 2) มีการใช้ยาปฏิชีวนะ P ในการรักษาโรคติดเชื้อมาเป็นระยะเวลายาวนานและต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดการต้านยาปฏิชีวนะ P โดยเฉพาะในกลุ่มเชื้อ *E. coli* โดยเกิดกลไกการต้านยาปฏิชีวนะ P โดยเชื้อ *E. coli* สร้างเอนไซม์ β -lactamases ไปทำลายโครงสร้างของยาปฏิชีวนะ P ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะกลุ่ม β -lactam ดังนั้นเมื่อเกิดสภาวะดังกล่าวจึงไม่แนะนำให้ใช้ยาปฏิชีวนะ P ในการรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อ *E. coli* ในฟาร์มโคนม-โคเนื้อ แต่ทั้งนี้ยังสามารถใช้ยาปฏิชีวนะชนิดอื่นที่พัฒนามาจากยาปฏิชีวนะ P ได้เช่น Ampicillin Amoxicillin เป็นต้น ซึ่งจะให้ผลการรักษาที่มีประสิทธิภาพมากกว่า (Reygaert, 2016)

ยาปฏิชีวนะ Sulfamethoxazole

จากการทดลองครั้งนี้พบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ SXT กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพบว่าวิธีการเลี้ยงหรือการจัดการฟาร์มโคนม-โคเนื้อที่แตกต่างกันมีผลต่อการต้านยาปฏิชีวนะ SXT ที่เกิดขึ้น ทั้งนี้พบว่ากลุ่มการเลี้ยงโคนมพบว่าไม่ต้านยาปฏิชีวนะ SXT 100 เปอร์เซ็นต์ (6/6 ไอโซเลท) สอดคล้องกับการศึกษาของ Msolo et al. (2016) พบว่าไอโซเลทเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคนมไม่ต้านยาปฏิชีวนะ SXT 81 เปอร์เซ็นต์ (22/27 ไอโซเลท) และต้านยาปฏิชีวนะ SXT 19 เปอร์เซ็นต์ (5/27 ไอโซเลท) สำหรับกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อพบว่าไม่ต้านยาปฏิชีวนะ SXT 16.67 เปอร์เซ็นต์ (1/6 ไอโซเลท) และต้านยาปฏิชีวนะ SXT 83.33 เปอร์เซ็นต์ (5/6 ไอโซเลท) สอดคล้องกับการศึกษาของ Carson et al. (2008) พบว่าเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคเนื้อไม่ต้านยาปฏิชีวนะ SXT 11 เปอร์เซ็นต์ และต้านยาปฏิชีวนะ SXT 89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *E. coli* ที่คัดแยกได้จากฟาร์มโคนมพบการไม่ต้านยาปฏิชีวนะ SXT ระดับสูง ส่งผลให้การรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อ *E. coli* ด้วยยาปฏิชีวนะ SXT ในฟาร์มโคนมจะให้ผลในการกำจัดเชื้อ *E. coli* ได้ดี ในขณะที่ฟาร์มโคเนื้อพบว่าไอโซเลทต้านยาปฏิชีวนะ SXT กลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อต้านยาปฏิชีวนะ SXT มากกว่ากลุ่มการเลี้ยงโคนม จึงไม่แนะนำให้ใช้ยาปฏิชีวนะ SXT รักษาโรคที่เกิดจากเชื้อ *E. coli* ในฟาร์มโคเนื้อเนื่องจากการต้านยาปฏิชีวนะ SXT เกิดขึ้นในระดับสูง ซึ่งอาจเกิดจากกลไกการเปลี่ยนแปลง Target site ของยาที่เชื้อ *E. coli* สร้างขึ้นมาต้านยาปฏิชีวนะ SXT โดยยาปฏิชีวนะ SXT จะสามารถเข้าไปในผนังเซลล์ได้ แต่ไม่สามารถจับกับ Target Site ทำให้ไม่สามารถเข้าไปทำลายเซลล์ของเชื้อ *E. coli* ได้ (Reygaert, 2016) ซึ่งหากมีการใช้ยาปฏิชีวนะ SXT ปริมาณที่แนะนำให้ใช้คือ 107 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวสัตว์

บทสรุป

ปริมาณความเข้มข้นโคลิฟอร์มกลุ่มการเลี้ยงโคเนื้อมากกว่ากลุ่มการเลี้ยงโคนม เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างการต้านยาปฏิชีวนะ 5 ชนิดของเชื้อ *E. coli* กับกลุ่มการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ข้อเสนอแนะจากการศึกษาการใช้ยาปฏิชีวนะ Sulfamethoxazole ในฟาร์มโคนม และยาปฏิชีวนะ Enrofloxacin ทั้งในฟาร์มโคนม-โคเนื้อ ให้ผลดีต่อการรักษาโรคติดเชื้อที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *E. coli* และไม่แนะนำให้ใช้ยาปฏิชีวนะ Penicillin ทั้งในฟาร์มโคนม-โคเนื้อ

เอกสารอ้างอิง

- Astorga F., Navarrete-Talloni M.J., Miró M.P., Bravo V., Toro M., Blondel C.J. and Hervé-Claude L.P. (2019). Antimicrobial resistance in *E. coli* isolated from dairy calves and bedding material. *Heliyon*. 5(11): 1-7.
- Blondeau J.M., Borsos S., Blondeau L.D., Blondeau B.J.J. and Hesje C.E. (2012). Comparative minimum inhibitory and mutant prevention drug concentrations of enrofloxacin, ceftiofur, florfenicol, tilmicosin and tulathromycin against bovine clinical isolates of *Mannheimia haemolytica*. *Journal of Veterinary Microbiology*. 160(2): 85-90.
- Bok E., Mazurek J., Stosik M., Wojciech M. and Baldy-Chudzik K. (2015). Prevalence of virulence determinants and antimicrobial resistance among commensal *Escherichia coli* derived from dairy and beef cattle. *Journal of Environmental Research and Public Health*. 12(1): 970-985.
- Carson C.A., Reid-Smith R., Irwin R.J., Martin W.S. and McEwen S.A. (2008). Antimicrobial resistance in generic fecal *Escherichia coli* from 29 beef farms in Ontario. *Journal of Veterinary Research*. 72(2): 119-128.
- CLSI. (2008). Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals; Approved standard. 3rd Edition. CLSI document M100-S8. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne: PA.
- CLSI. (2012). Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals; Approved standard. 3rd Edition. CLSI document M100-S22. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne: PA.
- CLSI. (2013). Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals; Approved standard. 3rd Edition. CLSI document M31-A4. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne: PA.
- Fair R.J. and Tor Y. (2014). Antibiotics and bacterial resistance in the 21st century. *Perspectives in Medicinal Chemistry*. 6: 25-64.
- Galland J.C., Hyatt D.R., Crupper S.S. and Acheson D.W. (2005). Prevalence antibiotic susceptibility and diversity of *Escherichia coli* O157: H7 isolates from a longitudinal study of beef cattle feedlots. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 67(4): 1619-1627.

- Guber A.K., Shelton D.R., Pachepsky Y.A., Sadeghi A.M. and Sikora L.J. (2006). Rainfall-induced release of fecal coliforms and other manure constituents: comparison and modeling. *Journal of Microbiology*. 72(12): 7531-7539.
- Haberecht H.B., Nealon N.J., Gilliland J.R., Holder A.V., Runyan C., Oppel, R.C. and Antony L. (2019). Antimicrobial-resistant *Escherichia coli* from environmental waters in Northern Colorado. *Journal of Environmental and public health*. 12(4): 56-73.
- Helard D., Indah S. and Wilandari M. (2019). Spatial distribution of coliform bacteria in Batang Arau River, Padang, West Sumatera, Indonesia. *Journal of Materials Science and Engineering*. 602(1):1-9.
- Hudzicki J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *Journal of American Society for Microbiology*. 208(62). 1-13.
- Kemper N., Farber H., Skutlarek D. and Krieter J. (2008). Analysis of antibiotic residues in liquid manure and leachate of dairy farms in Northern Germany. *Journal of Agricultural Water Management*. 95(11): 1288-1292.
- Kumar S., Mukherjee M.M. and Varela M.F. (2013). Modulation of bacterial multidrug resistance efflux pumps of the major facilitator superfamily. *International Journal of Bacteriology*. 1-15.
- LeChevallier M.W., Seidler R.J., Evans T.M. (1980). Enumeration and characterization of standard plate count bacteria in chlorinated and raw water supplies. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 10(5). 922-930.
- Lewis D.J., Atwill E.R., Lennox M.S., Hou L., Karle B. and Tate K.W. (2005). Linking on-farm dairy management practices to storm-flow fecal coliform loading for California coastal watersheds. *Environmental Monitoring and Assessment*. 107(3): 407-425.
- Li J., Hao H., Dai M., Zhang H., Ning J., Cheng G. and Yuan Z. (2019). Resistance and virulence mechanisms of *Escherichia coli* selected by enrofloxacin in chicken. *Antimicrobial agents and Chemotherapy*. 63(5): 18-24.
- Li X., Aly S.S., Su Z., Pereira R.V., Williams D.R., Rossitto P. and Atwill E.R. (2018). Phenotypic antimicrobial resistance profiles of *E. coli* and *Enterococcus* from dairy cattle in different management units on a central California dairy. *Journal of Clinical Microbiology*. 7(2): 1-7.
- Msolo L., Igbinosa E.O. and Okoh A.I. (2016). Prevalence and antibiogram profiles of *Escherichia coli* O157:H7 isolates recovered from three selected dairy farms in the Eastern Cape Province, South Africa. *Journal of Tropical Disease*. 6(12): 990-995.
- Orden J.A., Ruiz-Santa-Quiteria J.A., Cid D., Díez R., Martínez S. and de la Fuente R. (2001). Quinolone resistance in potentially pathogenic and non-pathogenic *Escherichia coli* strains isolated from healthy ruminants. *Journal of antimicrobial Chemotherapy*. 48(3): 421-424.
- Parveen S., Lukasik J., Scott T.M., Tamplin M.L., Portier K.M., Sheperd S. and Farrah S.R. (2006). Geographical variation in antibiotic resistance profiles of *Escherichia coli* isolated from swine, poultry, beef and dairy cattle farm water retention ponds in Florida. *Journal of Applied Microbiology*. 100(1): 50-57.

- Patermn D.L. and Bonomo R.A. (2005). Extended-spectrum beta-lactamases: a clinical update. *Clinical Microbiology Reviews*. 18(4): 657-686.
- Pyorala S. (2009). Treatment of mastitis during lactation. *Journal of Irish veterinary journal*. 62(4): 40-44.
- Quintana A.R., Sesena S., Garzon A. and Arias R. (2020). Factors affecting levels of airborne bacteria in dairy farms: A review. *Animals*. 10(3): 1-13.
- Reygaert W.C. (2016). Insights on the antimicrobial resistance mechanisms of bacteria. *Advances in Clinical and Medical Microbiology*. 2(1): 1-11.
- Ruddaraju L.K., Pammi S.V.N., sankar Guntuku G., Padavala V.S. and Kolapalli V.R.M. (2020). A review on anti-bacterials to combat resistance: From ancient era of plants and metals to present and future perspectives of green nano technological combinations. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. (1): 42-59.
- Shin S.W., Shin M.K., Jung M., Belaynehe K.M. and Yoo H.S. (2015). Prevalence of antimicrobial resistance and transfer of tetracycline resistance genes in *Escherichia coli* isolates from beef cattle. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 81(16): 5560-5566.
- Shinozuka Y., Kawai K., Takeda A., Yamada M., Kayasaki F., Kondo N. and Higuchi M. (2019). Influence of oxytetracycline susceptibility as a first-line antibiotic on the clinical outcome in dairy cattle with acute *Escherichia coli* mastitis. *Journal of Veterinary Medical Science*. 81(6): 863-868.
- Sinton L.W., Braithwaite R.R., Hall C.H. and Mackenzie M.L. (2007). Survival of indicator and pathogenic bacteria in bovine feces on pasture. *Environmental Microbiology*. 73(24): 7917-7925.
- Smith A.C. and Hussey M.A. (2005). Gram stain protocols. *American Society for Microbiology-ASM Conference for Undergraduate Educators*. 1-9.
- Sobur M.A., Sabuj A.A.M., Sarker R., Rahman A.M.M.T., Kabir S.M.L., Rahman M.T. (2019) Antibiotic-resistant *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. associated with dairy cattle and farm environment having public health significance. *Veterinary World*. 12(7): 984-993.
- The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products. (2002). Committee for veterinary medicinal product. *Journal of EMEA*. 809(01): 1-6.
- Wang L., Mankin K.R. and Marchin G.L. (2004). Survival of fecal bacteria in dairy cow manure. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 47(4): 1239-1246.
- Zheng J.S., Zhu T.T., Liu Y., Liu T., Li Y.Q., Zhang Z. and Yu L. (2018). An Epidemiological study of drug resistance and resistance genes in bovine *Escherichia coli* Isolates in Heilongjiang Province of China. *Acta Scientiae Veterinariae*. 46(1): 1-9.

Received: July 12, 2020; Revised: October 28, 2020; Accepted: November 5, 2020

ปุ๋ยชีวภาพจากจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช

Biofertilizer from plant probiotic microorganisms

ณัฐวุฒิ เพชรนวล¹ ปฐมาภรณ์ ทิลารักษ์¹ พิริยาภรณ์ อันอามม้งาม¹ และอมรรัตน์ สุวรรณโพธิ์ศรี^{1*}Nattawut Petnuan¹, Patamaporn Tilaruk¹, Piriaporn Anartngam¹ and
Amornrat Suwanposri^{1*}¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี

*Corresponding Author E-mail Address : amornrat_su@mutto.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรสนใจนำปุ๋ยชีวภาพมาใช้ในการเพาะปลูกพืชเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไม่ทำให้ดินเสื่อมคุณภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพที่หมักร่วมกับจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช 2 ชนิด ได้แก่ *Lactobacillus casei* และ *Bacillus subtilis* ที่มีผลต่อการเจริญของผักบุ้ง โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพ 5 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1: *L. casei* สูตรที่ 2: *B. subtilis* สูตรที่ 3: *L. casei* และ *B. subtilis* (อัตราส่วน 1:1) สูตรที่ 4 *L. casei* และ *B. subtilis* (อัตราส่วน 3:1) และสูตรที่ 5: *L. casei* และ *B. subtilis* (อัตราส่วน 1:3) นำไปรดผักบุ้งสองสายพันธุ์ ได้แก่ ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 และผักบุ้งใบไข่เขี้ยวมรกต นาน 35 วัน พบว่าปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่ดีที่สุดทำให้ผักบุ้งทั้งสองสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตสูงสุด โดยให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความสูงของลำต้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ยกเว้นค่าความยาวราก จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ผสม *L. casei* และ *B. subtilis* สามารถนำมาใช้ในการเพาะปลูกและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบุ้งได้ รวมถึงเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับนำไปใช้กับพืชชนิดอื่น

คำสำคัญ: ปุ๋ยชีวภาพ จุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช ผักบุ้ง

Abstract

Nowadays, farmers are increasingly interested in biofertilizers using to grow crops because it does not cause soil deterioration and environmental friendly. Therefore, the aim of this research was to study on the efficacy of biofertilizer fermented with two plant probiotic microorganisms *Lactobacillus casei* and *Bacillus subtilis* on growth of Chinese morning glory (*Ipomoea aqatic* Forsk). Five formulas of biofertilizers including

(1) *L. casei* fermentation, (2) *B. subtilis* fermentation, (3) combination of *L. casei* and *B. subtilis* (1:1) fermentation, (4) combination of *L. casei* and *B. subtilis* (3:1) fermentation and (5) combination of *L. casei* and *B. subtilis* (1:3) fermentation were produced and used to Chinese morning glory cv. 'Yodpai-9' and 'Kaewmorakot' growing for 35 days. The result showed that the highest growth rate of two cultivars was observed in 1:3 fermentation of *L. casei* and *B. subtilis*. The maximum average of fresh weights, dry weights and stem heights were significantly difference ($p < 0.01$), except root lengths. This result indicated that mixed cultures of *L. casei* and *B. subtilis* fermentation was appropriated for Chinese morning glory growing. This information useful for biofertilizer developmental process for other plant species.

Keywords: Biofertilizer, Plant probiotic microorganisms, Chinese morning glory

บทนำ

เกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของคนไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การทำเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง และยากำจัดวัชพืชซึ่งเป็นสารเคมีมาเป็นระยะเวลานานนั้นทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ เนื่องจากสมบัติทางเคมีและชีวภาพของดินถูกทำลาย จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินลดจำนวนลง มีการสะสมของสารเคมีในดินเพิ่มมากขึ้นและอาจมีผลข้างเคียงต่อผู้บริโภค ทำให้มีเกษตรกรเป็นจำนวนมากที่หันมาสนใจการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติซึ่งมีส่วนประกอบของจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช (Plant probiotic microorganisms) ทดแทนการใช้สารเคมีมากขึ้นเนื่องจากไม่ทำลายดิน ช่วยปรับปรุงคุณภาพของดิน รักษาสมดุลของระบบนิเวศ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปลอดภัย และช่วยลดต้นทุน โดยผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของจุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืชนั้น จะทำหน้าที่เป็นสารป้องกันทางชีวภาพ สารควบคุมศัตรูพืชทางชีวภาพ ปุ๋ยชีวภาพ สารส่งเสริมหรือกระตุ้นการเจริญของพืชทางชีวภาพ (Ben et al., 2007) จุลินทรีย์โพรไบโอติกของพืช ได้แก่ *Bacillus* sp., *Azotobacter* sp., *Rhizobium* sp., *Anabaena* sp., *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp., *Trichoderma* sp., *Beuveria* sp., และ *Pseudomonas* sp. (Upadhyay et al., 2012; Tsuda, et al., 2016; Sudhakar et al., 2000) ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะทำหน้าที่เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์และปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้แก่พืช ช่วยในการตรึงไนโตรเจน ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินทำให้อนุภาคของดินเกาะกัน ช่วยปรับปรุงอัตราการแทรกซึมน้ำและการระบายอากาศ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยการสร้างฮอร์โมน วิตามิน และกรดอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์กับพืช ช่วยควบคุมศัตรูพืช เพิ่มความต้านทานให้กับพืช และลดสารเคมีทางการเกษตรที่ตกค้างในดิน (Rillig et al., 2002; Tangprasittipap and Prasertsan, 2002; Vurukonda et al., 2015; Viriyawattana and Surachat, 2014) ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่เกษตรกรนิยมใช้คือ ปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer)

ปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่เกิดจากการนำวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ เช่น เศษผัก เศษอาหาร เศษใบไม้ นำมาหมักในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีจุลินทรีย์ที่อยู่ในวัตถุดิบเป็นตัวช่วยย่อยสลายวัตถุดิบให้กลายเป็นธาตุอาหารแก่พืช รวมถึงมีการเติมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืชลงไปด้วย ซึ่งจุลินทรีย์ที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพได้แก่ *Bacillus* sp. เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ สามารถสร้างเอนโดสปอร์ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญได้ดี เป็นจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยการสร้างสารควบคุมการเจริญ เช่น Indole-3-acetic acid (IAA), Gibberellins, Salicylic acid, Jasmonic acid รวมถึง Absciscic acid โดย Gibberellins จะกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช โดยการส่งเสริมการงอกของเมล็ด การยืดยาวของลำต้น การพัฒนาของดอก และการติดผลของพืช สำหรับฮอร์โมนในกลุ่มออกซินโดยเฉพาะ IAA และ Indole acetamide (IAM) ที่แบคทีเรียสร้างขึ้นสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากพืชได้เช่นเดียวกัน มีรายงานการนำ

B. subtilis ไปใช้ในข้าวโพดพบว่าสามารถช่วยปกป้องรากของข้าวโพดจากเชื้อรา *Fusarium verticillioides* ได้ (Cavaglieri et al., 2005) และจุลินทรีย์ที่นิยมใช้อีกชนิดหนึ่งคือ *Lactobacillus* sp. ซึ่งจะช่วยในการเปลี่ยนสภาพของดิน จากดินไม่ดีหรือดินที่สะสมโรคให้กลายเป็นดินที่ต้านทานโรค โดยการผลิตสารป้องกันและทำลายโรคพืช คือ กรดแลคติก และสารปฏิชีวนะที่สามารถยับยั้งหรือทำลายศัตรูพืชได้ รวมถึงสร้างสารละลายโพแทสเซียมให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทำให้มีระดับของโพแทสเซียมเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการสร้าง ราก ลำต้นและใบของพืช ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีเกษตรกรจะใช้น้ำของนมเปรี้ยว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยชีวภาพโดยใช้จุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ *L. casei* และ *B. subtilis* และศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตได้ต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้ง 2 สายพันธุ์ คือ ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 และผักบุ้งใบไผ่เขียวมรกต

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมกล้าเชื้อ

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ *L. casei* TISTR390 ซึ่งได้มาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และ *B. subtilis* จากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี โดยนำเชื้อ *L. casei* มาเลี้ยงบนอาหาร MRS agar และเชื้อ *B. subtilis* เลี้ยงบนอาหาร Nutrient agar (NA) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใส่เชื้อที่เจริญแล้วลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ภายในบรรจุอาหารเหลว MRS broth ปริมาตร 150 มิลลิลิตร สำหรับเชื้อ *L. casei* และอาหาร Nutrient broth (NB) สำหรับเชื้อ *B. subtilis* ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งอัดไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำไปเข้ายวบในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การผลิตปุ๋ยชีวภาพ

ทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพ ทั้งหมดจำนวน 5 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1: *L. casei* เพียงอย่างเดียว สูตรที่ 2: *B. subtilis* เพียงอย่างเดียว สูตรที่ 3: *L. casei* และ *B. subtilis* (อัตราส่วน 1:1) สูตรที่ 4: *L. casei* และ *B. subtilis* (อัตราส่วน 3:1) และสูตรที่ 5: *L. casei* และ *B. subtilis* (อัตราส่วน 1:3) โดยในทุกสูตรจะใช้เศษผัก กากน้ำตาล และน้ำในอัตราส่วน 3:1:5 เติมน้ำจุลินทรีย์เริ่มต้นความเข้มข้น 10^8 cfu/มิลลิลิตร หมักในถังขนาด 15 ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง นาน 35 วัน จากนั้นกรองและนำส่วนใสไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ

ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปุ๋ยชีวภาพ โดยนำตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพในวันที่ 0, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 มาเจือจางในน้ำกลั่นให้ได้ระดับการเจือจางตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-6} ตรวจหาปริมาณ *L. casei* และ *B. subtilis* โดยใช้อาหาร MRS และ NA ตามลำดับ ด้วยเทคนิค Spread plate บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 - 48 ชั่วโมง รายงานผลในหน่วย Colony forming unit; cfu/มิลลิลิตร

ศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้ง

การศึกษาในครั้งนี้ใช้ผักบุ้งจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 และผักบุ้งใบไผ่เขียวมรกต โดยการนำเมล็ดผักบุ้งทั้งสองสายพันธุ์ไปแช่น้ำ 1 คืน จากนั้นห่อด้วยผ้าเปียกอีก 2 คืน เพื่อเร่งให้รากงอก และเลือกเอาเฉพาะเมล็ดที่มีรากงอกไป

ปลูกในแปลงทดสอบขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร x ยาว 60 เซนติเมตร ใส่เมล็ดผักบุ้งในหลุมหลุมละ 1 เมล็ด โดยแต่ละหลุมห่างกัน 10 เซนติเมตร ใน 1 แปลงจะมีต้นผักบุ้งทั้งหมด 18 ต้น หลังจากครบ 10 วัน ผักบุ้งที่ได้มีความสูงเริ่มต้นใกล้เคียงกัน (3.4 ± 0.0192 ถึง 4.0 ± 0.0000 เซนติเมตร) จากนั้นรดด้วยปุ๋ยชีวภาพที่เจือจางด้วยน้ำประปา (อัตราส่วน 1:9) ปริมาตร 1 ลิตร ทุก ๆ 5 วัน จนครบ 35 วัน โดยรดในช่วงเวลา 09.00-10.00 น. และรดด้วยน้ำประปาทุกวันต่อเนื่องนาน 35 วัน ในทุกชุดการทดลอง (ในวันที่มีการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพจะรดด้วยน้ำประปาปริมาตร 4 ลิตร ส่วนในวันที่ไม่มีการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพจะรดด้วยน้ำประปาปริมาตร 5 ลิตร) ศึกษาการเจริญเติบโตของผักบุ้ง โดยวัดความสูงของลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวใบ และความยาวราก เมื่อปลูกผ่านไปเป็นเวลา 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 วัน

การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized Design; CRD) แต่ละทรีทเมนต์จะทำการทดสอบ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลของปุ๋ยชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้ง

ผลของน้ำหนักสด

ผลการศึกษาน้ำหนักสดของผักบุ้งทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพทั้ง 5 สูตร เป็นเวลา 35 วัน พบว่าน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูก โดยในผักบุ้งจินยอดไผ่-9 ที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 1.17 ± 0.0055 กรัม รองลงมาคือผักบุ้งที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 และชุดควบคุม โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ± 0.0027 , 0.82 ± 0.0074 , 0.71 ± 0.0086 , 0.70 ± 0.0042 และ 0.63 ± 0.0054 กรัม ตามลำดับ ส่วนในผักบุ้งใบไผ่เขียวมรกตพบว่าการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 ผักบุ้งมีน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1.22 ± 0.0150 กรัม รองลงมาคือปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 2 สูตรที่ 1 สูตรที่ 4 สูตรที่ 3 และชุดควบคุม โดยมีน้ำหนักสดเท่ากับ 0.83 ± 0.0066 , 0.30 ± 0.0045 , 0.75 ± 0.0015 , 0.70 ± 0.018 และ 0.67 ± 0.0043 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักบุ้งทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 มีผลต่อน้ำหนักสดของผักบุ้งทั้ง 2 สายพันธุ์มากที่สุด ทำให้ผักบุ้งใบไผ่เขียวมรกตมีน้ำหนักสดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 1) และสูงกว่าชุดควบคุม 2 เท่า

ผลของน้ำหนักแห้ง

ผลการศึกษาน้ำหนักแห้งของผักบุ้งจินยอดไผ่-9 เมื่อรดด้วยปุ๋ยชีวภาพเป็นเวลา 35 วัน พบว่าในทุกชุดการทดลองจะมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 ผักบุ้งมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.50 ± 0.0071 กรัม รองลงมาคือผักบุ้งที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 4 สูตรที่ 3 และชุดควบคุม ซึ่งมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 ± 0.0029 , 0.37 ± 0.049 , 0.33 ± 0.0012 , 0.32 ± 0.0027 และ 0.30 ± 0.044 กรัม ตามลำดับ ส่วนในผักบุ้งใบไผ่เขียวมรกต พบว่าผักบุ้งที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.50 ± 0.0042 กรัม รองลงมาคือผักบุ้งที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 2 สูตรที่ 1 สูตรที่ 4 สูตรที่ 3 และชุดควบคุม ซึ่งมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 ± 0.0095 , 0.37 ± 0.0066 , 0.35 ± 0.0068 , 0.33 ± 0.0021 และ 0.32 ± 0.0026 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) นอกจากนี้จากการสังเกตพบว่า ผักบุ้งที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพทุกสูตรมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดควบคุม

ผลของความยาวราก

ผลของความยาวของรากผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 เมื่อรดด้วยปุ๋ยชีวภาพเป็นเวลา 35 วัน พบว่าการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 2 ผักบุ้งมีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 5.4 ± 1.1510 เซนติเมตร ขณะที่ผักบุ้งไผ่เขียวมรกต พบว่าเมื่อรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 ผักบุ้งมีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 6.1 ± 0.3079 เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

ผลของความสูงของลำต้น

ผลของความสูงของลำต้นผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 ที่ผ่านการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพเป็นเวลา 35 วัน พบว่าลำต้นของผักบุ้งมีความยาวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ปลูกการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 ทำให้ผักบุ้งมีความสูงเฉลี่ยของลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 16.4 ± 0.0333 เซนติเมตร รองลงมาคือปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 และชุดควบคุม มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 15.2 ± 0.0667 , 15.0 ± 0.0385 , 10.6 ± 0.0192 , 10.5 ± 0.0509 และ 10.3 ± 0.0509 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับในผักบุ้งไผ่เขียวมรกต พบว่า ลำต้นของผักบุ้งจะมีความยาวขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ปลูก โดยเฉพาะการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 ทำให้ความสูงเฉลี่ยของลำต้นสูงที่สุดเท่ากับ 16.5 ± 0.1528 เซนติเมตร รองลงมาคือสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 และชุดควบคุม มีความยาวเท่ากับ 15.0 ± 0.0333 , 15.0 ± 0.0385 , 10.7 ± 0.06467 , 10.6 ± 0.0509 และ 10.6 ± 0.0509 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 จะทำให้ผักบุ้งทั้งสองสายพันธุ์มีความสูงเฉลี่ยของลำต้นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 1)

ผลของความยาวใบ

ผลการศึกษาความยาวใบของผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 และผักบุ้งไผ่เขียวมรกต เมื่อรดด้วยปุ๋ยชีวภาพเป็นเวลา 35 วัน (ตารางที่ 1) พบว่าการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 ทำให้ใบของผักบุ้งทั้ง 2 สายพันธุ์ มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) โดยในผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 มีความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 6.6 ± 0.2269 เซนติเมตร และใบของผักบุ้งไผ่เขียวมรกตมีความยาวเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 6.4 ± 0.1528 เซนติเมตร

ผลของจำนวนใบ

การนับจำนวนใบของผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 และผักบุ้งไผ่เขียวมรกต เมื่อรดด้วยปุ๋ยชีวภาพเป็นเวลา 35 วัน พบว่ามีจำนวนใบมากขึ้นเรื่อย ๆ และอาจมีการแปรผัน เนื่องจากผักบุ้งมีการเจริญเพิ่มขึ้น จำนวนใบจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะโดยการแตกยอดใบขึ้นมาใหม่ ซึ่งทำให้มีจำนวนใบที่แตกต่างกัน โดยการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 แก่ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9 และผักบุ้งไผ่เขียวมรกต ทำให้มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด (6.6 ± 0.5092 และ 6.9 ± 0.8389 ใบต่อต้น ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับการรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวราก ความสูงของลำต้น ความยาวใบ และจำนวนใบของผักบุ้งทั้งสองสายพันธุ์ที่รดด้วยปุ๋ยชีวภาพ นาน 35 วัน

ตัวอย่าง	ชุดควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	F-test	C.V. (%)
น้ำหนักสด (กรัม)								
ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9	0.63 ± 0.0054^d	0.82 ± 0.0027^b	0.82 ± 0.0074^b	0.71 ± 0.0086^c	0.70 ± 0.0042^c	1.17 ± 0.0055^a	**	0.74
ผักบุ้งไผ่เขียวมรกต	0.67 ± 0.0043^f	0.80 ± 0.0045^c	0.83 ± 0.0066^b	0.70 ± 0.0118^e	0.75 ± 0.0015^d	1.22 ± 0.0150^a	**	1.04
น้ำหนักแห้ง (กรัม)								
ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9	0.30 ± 0.0044^f	0.39 ± 0.0029^b	0.37 ± 0.0049^c	0.32 ± 0.0027^e	0.33 ± 0.0012^d	0.50 ± 0.0071^a	**	1.16
ผักบุ้งไผ่เขียวมรกต	0.33 ± 0.0026^e	0.37 ± 0.0066^c	0.39 ± 0.0095^b	0.33 ± 0.0020^e	0.35 ± 0.0068^d	0.50 ± 0.0042^a	**	1.57
ความยาวราก (เซนติเมตร)								
ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9	3.6 ± 0.6173^{ab}	3.5 ± 0.2457^{ab}	5.4 ± 1.1510^a	5.2 ± 0.5699^{ab}	3.4 ± 0.7820^b	4.8 ± 0.7211^{ab}	**	16.85

ผักบุ้งใบไม้เขียว	4.3±0.3672 ^{ab}	5.9±0.7876 ^a	5.8±0.2887 ^a	4.9±0.1540 ^{ab}	5.2±0.7988 ^{ab}	6.1±0.3079 ^a	**	9.69
มรกต								
ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)								
ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9	10.3±0.0509 ^e	15.2±0.0667 ^b	15.0±0.0385 ^c	10.6±0.0192 ^d	10.5±0.0509 ^d	16.4±0.0333 ^a	**	0.34
ผักบุ้งใบไม้เขียว	10.6±0.0509 ^c	15.0±0.0333 ^b	15.0±0.0385 ^b	10.7±0.0667 ^c	10.6±0.0509 ^c	16.5±0.1528 ^a	**	0.59
มรกต								
ความยาวใบ (เซนติเมตร)								
ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9	4.3±0.2524 ^b	5.5±0.6669 ^{ab}	6.2±0.8718 ^a	5.5±0.3339 ^{ab}	4.3±0.1667 ^b	6.6±0.2269 ^a	**	9.10
ผักบุ้งใบไม้เขียว	4.7±0.2589 ^c	5.0±0.5699 ^{bc}	5.6±0.6557 ^{abc}	4.7±0.1072 ^c	5.8±0.1388 ^{ab}	6.4±0.1528 ^a	**	7.03
มรกต								
จำนวนใบ (ใบ)								
ผักบุ้งจีนยอดไผ่-9	5.2±0.3849 ^b	5.4±0.1925 ^b	5.4±0.5092 ^b	5.6±0.1925 ^{ab}	5.2±0.5092 ^b	6.6±0.5092 ^a	**	7.50
ผักบุ้งใบไม้เขียว	4.9±0.1925 ^b	5.2±0.1925 ^b	5.4±0.5092 ^b	5.2±0.1925 ^b	5.2±0.3849 ^b	6.9±0.8389 ^a	**	8.33
มรกต								

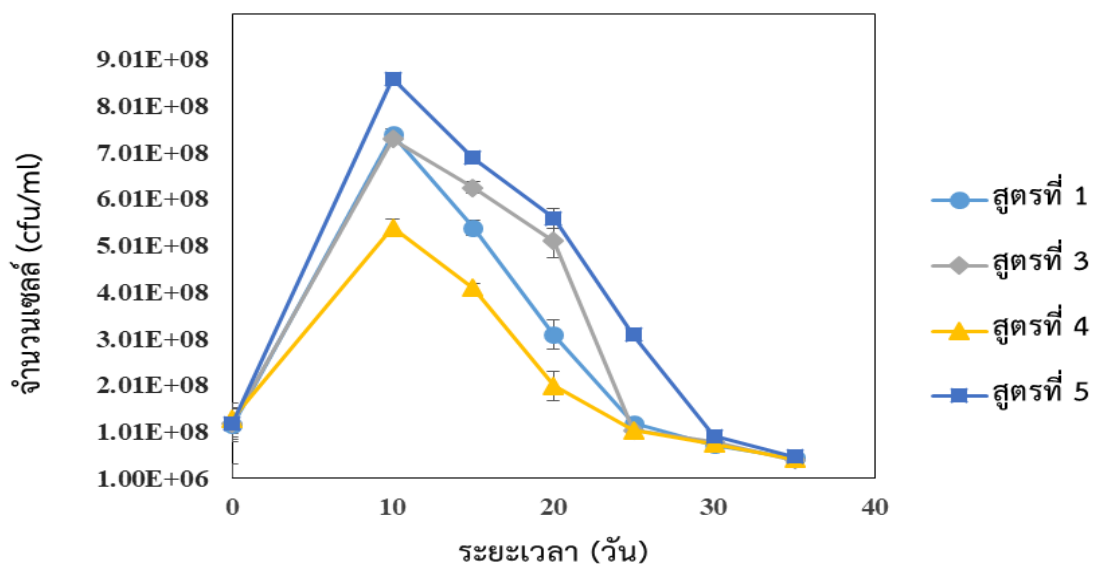
หมายเหตุ : - ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และรายงานค่าในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

- อักษร ^{a-f} ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (p<0.01)

ผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตได้

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อ *L. casei*

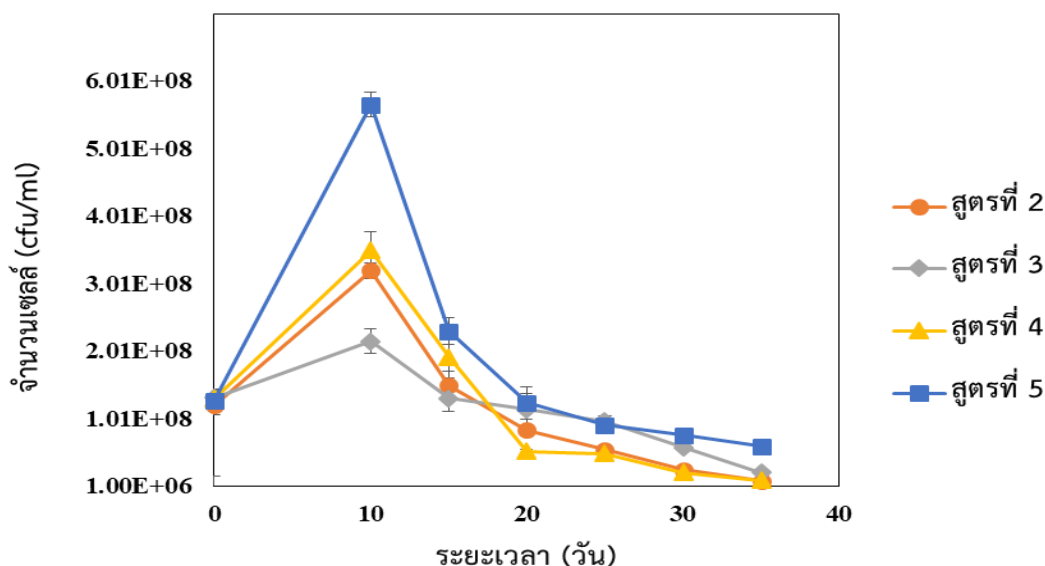
การศึกษาปริมาณของ *L. casei* ในระหว่างการนำไปปรับดินแปลงผักบุ้งเป็นระยะเวลา 35 วัน โดยวิเคราะห์ปริมาณของเชื้อ *L. casei* ในปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 1, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีเชื้อ *L. casei* เป็นส่วนประกอบ พบว่า แม้ว่าจะระยะเวลานานมากขึ้น แต่ปริมาณของเชื้อ *L. casei* ในปุ๋ยชีวภาพแต่ละสูตรก็ยังอยู่ในช่วง 10^7 cfu/มิลลิลิตร ($4.0 \times 10^7 \pm 2.0 \times 10^6$ - $4.8 \times 10^7 \pm 1.70 \times 10^6$ cfu/มิลลิลิตร) ซึ่งเป็นช่วงความหนาแน่นที่เหมาะสมในการทำงานของจุลินทรีย์ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *L. casei* ในปุ๋ยชีวภาพในระหว่างการนำไปปรับผักบุ้งระหว่างวันที่ 0 - 35

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อ *B. subtilis*

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อ *B. subtilis* ในระหว่างการนำโปรตีนแปลงผักบั้ง เป็นระยะเวลา 35 วัน โดยวิเคราะห์ปริมาณของ *B. subtilis* ในปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีเชื้อ *B. subtilis* เป็นส่วนประกอบ พบว่าแม้ว่าระยะเวลาในการหมักปุ๋ยชีวภาพจะนานมากขึ้น แต่ปริมาณเชื้อ *B. subtilis* ในแต่ละสูตร (9.0×10^6 - $1.7 \times 10^5 \pm 6.0 \times 10^7$ - 2.3×10^6 cfu/มิลลิลิตร) ก็ยังคงมีปริมาณสูงและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการทำงาน (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *B. subtilis* ในปุ๋ยชีวภาพในระหว่างการนำโปรตีนผักบั้งระหว่างวันที่ 0 - 35

การอภิปรายผล

เมื่อนำปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตได้จากการหมักเศษผัก กากน้ำตาล ร่วมกับจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ *L. casei* และ *B. subtilis* โดยในปุ๋ยสูตรที่ 1 และ 2 จะใช้เชื้อเดียว และในสูตรที่ 3, 4 และ 5 ใช้เป็นเชื้อผสม ผลจากการใช้เชื้อเดียว *L. casei* (สูตรที่ 1) เพียงชนิดเดียวพบว่า ช่วยให้ผักบั้งทั้งสองสายพันธุ์มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวลำต้น และความยาวใบมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ในขณะที่การใช้เชื้อเดียว *B. subtilis* (สูตรที่ 2) เพียงชนิดเดียว นั้นให้ผลที่ต่ำกว่าการใช้เชื้อ *L. casei* เพียงอย่างเดียว โดยการใช้ *B. subtilis* เพียงเชื้อเดียวนั้นสามารถช่วยส่งเสริมให้ผักบั้งทั้งสองสายพันธุ์มีความยาวรากมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้ผักบั้งจินยอดไผ่-9 มีความยาวของใบมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) อีกด้วย ส่วนความยาวราก และจำนวนใบ นั้นในการใช้เชื้อเดียวทั้งการใช้เชื้อ *L. casei* และ *B. subtilis* เพียงอย่างเดียว ในผักบั้งทั้งสองสายพันธุ์ให้ค่าที่สูงกว่าชุดควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.01$) จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าความยาวรากผักบั้งทั้งสองสายพันธุ์มีความแปรผันเนื่องจากการเก็บตัวอย่างโดยการถอน อาจมีรากบางส่วนที่ขาดและผักบั้งมีระบบรากแก้วที่มีการแตกแขนงเป็นรากฝอยทำให้การวัดอาจเกิดความคลาดเคลื่อน (ตารางที่ 1) ส่วนความยาวของใบเฉลี่ยจะมีค่าค่อนข้างแปรผัน เนื่องจากเมื่อผักบั้งมีการเจริญก็จะทำให้มีจำนวนใบมากขึ้น ซึ่งแต่ละใบก็จะมีขนาดยาวที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปอายุการเพาะปลูกปกติของผักบั้งคือ 20-25 วัน ซึ่งจะมีความสูงประมาณ 30-35 เซนติเมตร แต่จากผลการศึกษาในครั้งนี้ผักบั้งทั้งสองสายพันธุ์มีความยาวลำต้นสูงสุด ประมาณ 16.5 เซนติเมตร

อาจเป็นผลเนื่องมาจากการทดลองนั้นไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ในแปลงปลูก โดยรดแค่น้ำประปาและปุ๋ยชีวภาพเท่านั้น เพราะต้องการทราบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการรดผักบั้งนั้นมีผลอย่างไรต่อการเจริญของผักบั้งโดยป้องกันไม่ให้มีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง

ดังนั้นจากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อ *L. casei* หรือ *B. subtilis* เพียงอย่างเดียวสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบั้งทั้งสองสายพันธุ์ได้ โดย *L. casei* ผลิตรวดแลคติก และสร้างสารละลายโพแทสเซียมให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ทำให้มีระดับของโพแทสเซียมเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการสร้าง ราก ลำต้นและใบของผักบั้งทำให้ผักบั้งมีการเจริญที่ดี รวมถึงผลิตสารปฏิชีวนะ (Bacteriocin) ที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นศัตรูของพืช สอดคล้องกับรายงานของ Mohite (2013) ที่ทำการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตออกซิน (Indole-3-acetic acid; IAA) จากดิน โดยพบว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้นั้น คือ *B. megaterium*, *L. casei*, *B. subtilis*, *B. cereus* และ *L. acidophilus* พบในบริเวณรอบรากข้าวโพด ข้าวสาลี ต้นกล้วย และฝ้าย สามารถผลิต IAA ได้ในช่วง 15-65 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เช่นเดียวกับ Higa and Kinjo (2004) ศึกษาผลของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (*Lactobacillus*) ต่อการเจริญของพืชและการเพิ่มฮิวมัสในดิน โดยการเติม EM4 ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ในสกุล *Lactobacillus* (ร้อยละ 90) จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสง เชื้อรา และยีสต์ ลงในดินที่มีหญ้า สับหรือเศษไม้ชิ้นเล็กๆ เป็นส่วนประกอบ พบว่าการเติม EM4 สามารถช่วยเร่งให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินและปลดปล่อยสารอาหารที่ส่งผลต่อการเจริญให้แก่พืช โดยพบว่าแปลงที่ปลูกในดินที่มีการเติม EM4 มีการเจริญที่ดีกว่าดินที่ไม่มีการเติม EM ส่วน *B. subtilis* สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสที่ย่อยสลายเซลลูโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเศษพืชหรือผัก ที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ ให้เกิดเป็นกรดอินทรีย์ และผลิตฮอโมน รวมถึงสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักบั้ง นอกจากนี้ยังช่วยในการแก้ปัญหาดินที่จับตัวเป็นก้อนแข็ง ทำให้ดินร่วนซุย เพิ่มความสามารถในการขยายตัวของราก และการดูดซึมสารอาหารของผักบั้ง ทำให้ผักบั้งมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Yao et al. (2007) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพ FZB 24® *Bacillus subtilis* ที่มีต่อผลผลิตของฝ้าย เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ พบว่าการใช้ FZB 24® *Bacillus subtilis* มีประสิทธิภาพสูงในการปรับปรุงการเจริญและผลผลิตของฝ้าย โดยการเพิ่มความสามารถในการขยายตัวของรากและการดูดซึมสารอาหาร

เมื่อรดด้วยปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 3 สูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้เชื้อผสมระหว่าง *L. casei* และ *B. subtilis* ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพสูตรที่ 5 ที่ใช้เชื้อผสมระหว่าง *L. casei* และ *B. subtilis* อัตราส่วน 1:3 เป็นสูตรที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักบั้งทั้ง 2 สายพันธุ์ มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตของทั้งสองสายพันธุ์ ที่พบว่ามีความเหมาะสมในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงาน และมีความสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยชีวภาพสูตรอื่น ๆ เช่นเดียวกับ Cavaglieri et al. (2005) รายงานว่าแบคทีเรีย *B. subtilis* CE1 เป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ดีที่สุดในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *F. verticillioides* โดยการยับยั้งการสร้างสารฟูโมนิซิน (Fumonisin) และเมื่อทดสอบในระดับโรงเรือน โดยใช้ *B. subtilis* CE1 ที่ความหนาแน่น 10^6 , 10^7 และ 10^8 cfu/มิลลิลิตร พบว่าในทุกระดับความหนาแน่นสามารถลดหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. verticillioides* ทั้งบริเวณภายในและภายนอก รากของข้าวโพดได้ แสดงให้เห็นว่าระดับความหนาแน่นของเชื้อจุลินทรีย์ในช่วง 10^6 - 10^8 cfu/มิลลิลิตร เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์

บทสรุป

ปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตโดยการหมักเศษผักและกากน้ำตาลร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ผสม ได้แก่ *L. casei* และ *B. subtilis* ในอัตราส่วน 1:3 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะเลี้ยงผักบั้งจีนยอดไม้-9 และผักบั้งใบไม้เขียวมรกต เนื่องจากทำให้ผักบั้งทั้งสองสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด การรดด้วยปุ๋ยชีวภาพจะทำให้ผักบั้งมีการเจริญมากกว่าในชุดควบคุม เนื่องจากมีจุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลายวัตถุอินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยให้เป็นธาตุอาหารที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของผักบั้ง แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตได้นั้นมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ และเป็นแนวทางให้กับการนำไปพัฒนาเพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืชชนิดอื่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ในการอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Ben R.F., Prévost D., Yezza A. and Tyagi R.D. (2007). Agro-industrial waste materials and wastewater sludge for rhizobial inoculant production: A review. *Bioresource Technology*. 98(18): 3535-3546.
- Cavaglieri L., Orlando J. Rodríguez M.I., Chulze S. and Etcheverry M. (2005). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level. *Research in Microbiology*. 156(5-6): 748-754.
- Higa T. and Kinjo S. (2004). Effect of lactic acid fermentation bacteria on growth and soil humus formation (online). Available: https://www.researchgate.net/publication/237386239_Effect_of_Lactic_Acid_Fermentation_Bacteria_on_Plant_Growth_and_Soil_Humus_Formation.
- Mohite B. (2013). Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 13(3): 638-649.
- Rillig M.C., Wright S.F. and Eviner V.T. (2002). The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil*. 238: 325-333.
- Sudhakar P., Chattopadhyay G.N., Gangwar S.K. and Ghosh J.K. (2000). Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). *The Journal of Agricultural Science*. 134(2): 227-234.
- Tangprasittipap A. and Prasertsan P. (2002). 5-aminolevulinic acid from photosynthetic bacteria and its applications. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 24(4): 717-725.

- Tsuda K., Tsuji G., Higashiyama M., Ogiyama H., Umemura K., Mitomi M., Kubo Y. and Kosaka Y. (2016). Biological control of bacterial soft rot in Chinese cabbage by *Lactobacillus plantarum* strain by under field conditions. *Biological Control*. 100: 63-69.
- Upadhyay S.K., Singh J.S., Saxena A.K. and Singh D.P. (2012). Impact of PGPR inoculation on growth and antioxidant status of wheat under saline conditions. *Plant Biology*. 14(4): 605-611.
- Viriyawattana N. and Surachat S. (2014). Biodegradation of paraquat by the novel bacteria strain, *Aeromonas veronii* NK67 from cassava fields in Thailand. *Asian Journal Microbiology, Biotechnology & Environmental sciences paper*. 16(1): 35-40.
- Vurukonda S.S.K.P., Vardharajula S., Shrivastava M. and Skz A. (2015). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*. 184: 13-24.
- Yao A.V., Bochow H., Karinov S., Boturov U., Sanginboy S. and Sharipov A.K. (2007). Effect of FZB 24® *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 39(4): 322-328.

การประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดเทียนที่คัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง

Evaluation of small waxy corn lines selected from a local cultivar

ปราโมทย์ พรสุริยา^{1*} ประพฤติ พรหมสมบุญ¹ และหนูจันทร์ ศิริสุวรรณ¹Pramote Pornsuriya^{1*}, Praprut Promsomboon¹ and Nhoochan Sirisuwan¹¹คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี

*Corresponding Author E-mail Address : motebangpra@gmail.com

บทคัดย่อ

ข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองของไทยมีความหลากหลายและมีคุณค่าควรแก่การอนุรักษ์ การประเมินเชื้อพันธุ์กรรมดังกล่าวจึงเป็นงานวิจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตรและประเมินอัตราพันธุ์กรรมอย่างกว้างของสายพันธุ์ผสมตัวเองในชั่วรุ่นที่ 1 ของข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองบ้านเกาะลอย จากประชากรเริ่มต้นจำนวน 1,000 ต้น คัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีในเบื้องต้นด้วยสายตา จำนวน 100 ต้น ผสมตัวเองและเก็บเมล็ดพันธุ์แยกต้น คัดเลือกฝักที่ดีมาปลูกทดสอบจำนวน 36 สายพันธุ์ (S_1 lines) เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้า 3 พันธุ์ ในแผนการทดลองแบบ Augmented randomized complete block design จำนวน 6 บล็อก ผลการทดลองพบว่าการทดสอบสามารถตรวจสอบความแตกต่างและเรียงลำดับผลผลิตของสายพันธุ์และพันธุ์การค้าได้ โดยสายพันธุ์ S_1 ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 532 – 1,791 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,190 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 613 – 1,914 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,351 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดเปลือก (% shelling) ของสายพันธุ์เฉลี่ย 68.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์การค้าเฉลี่ย 67.49 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราพันธุ์กรรมอย่างกว้างของลักษณะฝัก พบว่าลักษณะฝักมีค่าอัตราพันธุ์กรรมอย่างกว้างต่ำ (8.88 – 33.59 เปอร์เซ็นต์) แสดงว่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลสูงต่อการแสดงออกของลักษณะ ดังนั้นการคัดเลือกโดยการทดสอบจากลูกผสมตัวเองในชั่วรุ่นที่มากขึ้นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงประชากรข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองดังกล่าว

คำสำคัญ: ข้าวโพดเทียน สายพันธุ์ พันธุ์พื้นเมือง อัตราพันธุ์กรรม

Abstract

Local cultivars of small waxy corn in Thailand are diverse and valuable for conservation. The evaluation of these genetic resources is a significant research. Thus, this experiment was aimed to compare agronomic

traits and to evaluate broad-sense heritability of S_1 lines of small waxy corn selected from the based population of local cultivar “Baan Koa Loy” (1,000 plants). Visual selection was conducted for 100 elite plants. They were selfed and collected seeds separately for each plant. The 36 best ears (S_1 -lines) were selected for yield trial in augmented randomized complete block design with 6 blocks, compared with 3 commercial cultivars. The results revealed that the selected lines and commercial cultivars were ranged and determined for statistical significance. The unhusked ear yield of S_1 -lines was ranged from 532 – 1,791 kg/rai (average 1,190 kg/rai) and that of commercial cultivar was 613 – 1,914 kg/rai (average 1,351 kg/rai). Shelling percentage of S_1 -lines was average as 68.28 % and that of commercial cultivar was average as 67.49 %. Broad-sense heritability values for ear characters were defined as low ranging from 8.88 – 33.59 %. It signified that environmental variance had high effect on their performance. Thus, selection from S_1 progeny test in the next generation was the appropriate method used for the population improvement of this small waxy corn local cultivar.

Keywords: Small waxy corn, Lines, Local cultivar, Heritability

บทนำ

ข้าวโพดเทียน (Waxy corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* var. *ceratina* เป็นข้าวโพดฝักสดที่ได้รับความนิยมบริโภคมากชนิดหนึ่ง มีแป้งที่มีลักษณะเฉพาะคือมีความเหนียวนุ่มไม่ติดฟัน ทานเล็กน้อย โดยลักษณะความเหนียวนุ่มของเมล็ดเป็นผลจากองค์ประกอบของแป้งส่วนใหญ่เป็นอะไมโลเพกติน (Amylopectin) มีสัดส่วนของอะไมโลเพกตินต่ออะไมโลส 73:27 เปอร์เซนต์ (ชูศักดิ์ และทิวา, 2547) ส่วนข้าวโพดอื่น ๆ มีอะไมโลส (Amylose) ประกอบอยู่มาก จึงทำให้แป้งค่อนข้างแข็ง ข้าวโพดเทียนและข้าวโพดข้าวเหนียวแม้จะมีความหวานไม่เท่ากับข้าวโพดหวาน แต่การที่มี Waxy จึงทำให้มี Reducing sugar เพิ่มขึ้นจากข้าวโพดธรรมดา (Wx_-) เล็กน้อย (ประภา และคณะ, 2535) นอกจากนี้ข้าวโพดเทียนยังมีขนาดฝักที่พอเหมาะ การปลูกและดูแลรักษาง่าย อายุการเก็บเกี่ยวสั้น จำหน่ายได้ราคาดีและสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ทั้งในเขตพื้นที่ไร่ และเขตชลประทาน (กิตติภพ, 2558) พันธุ์ข้าวโพดเทียนที่นิยมปลูกมีอยู่หลายแหล่งด้วยกัน โดยนิยมเรียกชื่อพันธุ์ตามแหล่งจำหน่าย แหล่งปลูกและสีของเมล็ด เช่น พันธุ์เทียนอยุธยา เทียนเหลืองสุโขทัย เทียนขาวสุโขทัย เทียนสุโขทัย 1 เทียนบ้านเกาะ และเทียนหวานพิษณุโลก เป็นต้น (คมสัน, 2544)

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเทียนในประเทศไทยอยู่ในระยะเริ่มต้น ส่วนใหญ่พันธุ์ที่ปลูกเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรเป็นผู้คัดเลือกพันธุ์เพื่อใช้ปลูกเอง โดยคัดเลือกตามความต้องการที่แตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น และใช้ปลูกต่อเนื่องกันมาเป็นเวลานาน ทำให้พันธุ์พื้นเมืองในแต่ละท้องถิ่นมีความแปลกแตกต่างกันอย่างมาก แต่ละพันธุ์มักมีฐานพันธุกรรมค่อนข้างแคบ (Narrow genetic base) และจะมีความเสื่อมถอยทางพันธุกรรมอันเนื่องมาจากการผสมชิด (Inbreeding depression) (กรมวิชาการเกษตร, 2539) ทำให้ได้พันธุ์พื้นเมืองที่ให้ผลผลิตต่ำ ลำต้นเล็ก ไม่แข็งแรงเนื่องจากขาดการคัดเลือกพันธุ์ที่ดี เกษตรกรจึงมีรายได้ต่ำ จึงทำให้เกษตรกรหันไปปลูกข้าวโพดเทียนลูกผสมซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่า ซึ่งอาจส่งผลให้พันธุกรรมข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองที่รสชาติดีสูญหายไป ดังนั้นแม้ว่าแหล่งพันธุกรรมของข้าวโพดเทียนในประเทศไทยจะมีความหลากหลาย แต่ในปัจจุบันได้สูญหายไปเป็นจำนวนมาก การอนุรักษ์ พันธุ์ จำแนกลักษณะ และประเมินคุณค่าเชื้อพันธุกรรมจึงเป็นงานที่สำคัญ (กิตติภพ, 2558) การทดลองนี้จึงทำการคัดเลือกประชากรข้าวโพดพันธุ์พื้นเมือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากการผสมตัวเอง 1 ชั่วรุ่น ของพันธุ์บ้านเกาะลอยซึ่งเป็นพันธุ์พื้นเมืองของภาคตะวันออก และเพื่อเป็น

การตอบสนองโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ ของหน่วยงาน อีกทั้งยังมีประโยชน์ในการอนุรักษ์พันธุกรรมของข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองให้คงอยู่กับสังคมไทยตลอดไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

จัดหาประชากรเริ่มต้นโดยใช้ข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองจากบ้านเกาะลอยหมู่ 3 ต.คลองตะเกรา อ.ท่าตะเกียบ จ.ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรเก็บเมล็ดพันธุ์ปลูกต่อกันมานาน มีความโดดเด่นคือทนทานต่อสภาพแวดล้อมและวัชพืช

การจัดการแปลงปลูก

ปลูกประชากรเริ่มต้นจำนวน 1,000 ต้น การปฏิบัติดูแลรักษา ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ รองกันหลุมพร้อมปลูกเมื่อข้าวโพดอายุได้ 25 วัน ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ โรยข้างแถวแล้วพรวนกลบให้น้ำทุก 2-3 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศโดยให้น้ำแบบปล่อยตามร่อง ทำการคัดเลือกประชากรเริ่มต้น โดยทำการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีในเบื้องต้นด้วยสายตา (Visual selection) คือต้นลำแข็งแรง ตั้งตรง ใบเขียวสมบูรณ์ไม่มีโรคและแมลงทำลาย และทำการผสมตัวเอง (self-pollination) ของต้นที่คัดเลือกไว้จำนวน 100 ต้น (ฝัก) และติดป้ายต้นไว้สำหรับบันทึกข้อมูลและเก็บเมล็ดพันธุ์แยกต้น เมื่อเก็บฝักทำการคัดเลือกจากต้นและฝักลักษณะดีจำนวน 36 ฝัก (สายพันธุ์) แบ่งเมล็ดแต่ละฝักเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เก็บไว้ และนำส่วนที่ 2 มาปลูกทดสอบในแผนการทดลองแบบ Augmented randomized complete block design (สุขาวดี, มปป.; Federer and Raghavarao, 1975) โดยมีสายพันธุ์ในการทดลองจำนวน 36 สายพันธุ์ และพันธุ์การค้าเป็นพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์มินิแฟนซี (ฝักมีขนาดเล็กและเมล็ดมีหลากหลายสี) พันธุ์เทียนทอง (ฝักขนาดใหญ่และเมล็ดสีเหลือง) และพันธุ์เทียนสองสี (ฝักขนาดใหญ่และเมล็ดสีเหลืองสลับม่วง) โดยปลูกเป็นบล็อกจำนวน 6 บล็อกๆ ละ 9 แปลงย่อย แต่ละบล็อกมีสายพันธุ์คัดเลือก 6 แปลงย่อยและมีพันธุ์มาตรฐาน 3 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 3 เมตร ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตรจำนวน 2 แถวต่อแปลงย่อย และปลูก 2 ต้นต่อหลุม จำนวน 12 หลุมต่อแปลงย่อย

การบันทึกข้อมูล

บันทึกลักษณะทางการเกษตรและผลผลิต ได้แก่ ความสูงต้น (วัดจากโคนต้นจนถึงข้อใบธง) เส้นผ่านศูนย์กลางต้น (วัดตรงโคนต้น) ความสูงฝัก (วัดจากโคนต้นจนถึงข้อของฝักบนสุด) เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก (วัดฝักปอกเปลือกตรงกลางฝัก) ความยาวฝัก ความยาวปลายฝักส่วนที่ไม่ติดเมล็ด จำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักฝักทั้งเปลือกและฝักปอกเปลือก ผลผลิตฝักทั้งเปลือกและฝักปอกเปลือก และ %shelling [(ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก/ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก) × 100]

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง Augmented randomized complete block design ปรับค่าเฉลี่ยของข้อมูลตามวิธีการของแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) และประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในลักษณะฝักของสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน 36 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 10 ต้น โดยวิธี Analysis of variance (one-way ANOVA) นำค่า Mean square ของความแปรปรวนของฟีโนไทป์ (Phenotypic variance, σ_p^2) ความแปรปรวนของจีโนไทป์ (Genotypic variance, σ_g^2) ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อม (Environmental variance, σ_e^2) เพื่อคำนวณหาอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (H^2) (พีระศักดิ์, 2525)

ผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบสายพันธุ์และพันธุ์การค้าในลักษณะทางการเกษตรและผลผลิต

ความสูงต้น พบว่าทั้ง 36 สายพันธุ์มีความสูงต้น ตั้งแต่ 104.44 – 194.21 เซนติเมตร เฉลี่ย 149.93 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์การค้า ตั้งแต่ 155.30 – 198.37 เซนติเมตร เฉลี่ย 177.87 เซนติเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L45 และ L5 ให้ความสูงต้นสูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (194.21 และ 178.97 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสี ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้ความสูงต้นสูงสุด (198.37 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่าสายพันธุ์มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ตั้งแต่ 1.56 – 3.61 เซนติเมตร เฉลี่ย 1.95 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 1.88 – 2.33 เซนติเมตร เฉลี่ย 2.07 เซนติเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L44 ให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงเป็นอันดับ 1 (3.61 เซนติเมตร) โดยแตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสี ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงสุด (2.33 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

ความสูงฝัก พบว่าสายพันธุ์มีความสูงฝัก ตั้งแต่ 47.80 – 106.30 เซนติเมตร เฉลี่ย 72.34 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 86.80 – 108.45 เซนติเมตร เฉลี่ย 97.34 เซนติเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L45 และ L8 ให้ความสูงฝัก สูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (106.36 และ 87.00 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสี ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้ความสูงฝักสูงสุด (108.45 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

อัตราส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้น พบว่าสายพันธุ์มีอัตราส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้น ตั้งแต่ 0.32 – 0.56 เฉลี่ย 0.48 ส่วนพันธุ์การค้ามีค่าตั้งแต่ 0.54 – 0.56 เฉลี่ย 0.55 โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L7 และ L27 ให้อัตราส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้นน้อยสุดเป็นอันดับ 1 และ 2 (0.32 และ 0.39 ตามลำดับ) ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์การค้าทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เทียนทอง เทียนสองสี และ มินิแพนซี ที่ให้อัตราส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้น 0.54 0.55 และ 0.56 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก พบว่าสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน มีเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก ตั้งแต่ 2.61 – 3.38 เซนติเมตร เฉลี่ย 3.05 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 2.63 – 4.13 เซนติเมตร เฉลี่ย 3.43 เซนติเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L33 และ L13 ให้เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก สูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (3.38 และ 3.35 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยน้อยกว่าพันธุ์เทียนสองสีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่เส้นผ่านศูนย์กลางฝักสูงสุด (4.13 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

ความยาวฝัก พบว่าสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน มีความยาวฝัก ตั้งแต่ 11.22 – 15.00 เซนติเมตร เฉลี่ย 13.25 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 10.53 – 18.17 เซนติเมตร เฉลี่ย 14.36 เซนติเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L38 และ L50 ให้ความยาวฝัก สูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (15.00 และ 14.77 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยแตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้ความยาวฝักสูงสุด (18.17 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

ความยาวปลายฝัก (ส่วนที่ไม่ติดเมล็ด) พบว่าสายพันธุ์ มีความยาวปลายฝัก ตั้งแต่ 0.42 – 2.42 เซนติเมตร เฉลี่ย 1.33 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 0.47 – 1.35 เซนติเมตร เฉลี่ย 0.92 เซนติเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L25, L23 และ L30 ให้ความยาวปลายฝักน้อยเป็นลำดับสุดท้าย คือ 0.42 เซนติเมตร (เท่ากัน) โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์มินิแพนซีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้ความยาวปลายฝักน้อยสุด (0.47 เซนติเมตร) ส่วนสายพันธุ์ที่ให้ความยาวปลายฝักมากเป็นอันดับ 1 และ 2 คือ L48 และ L38 (2.42 และ 2.31 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 1)

จำนวนแถวต่อฝัก พบว่าสายพันธุ์เกือบทั้งหมดมีจำนวนแถวต่อฝัก 8 – 12 แถวต่อฝัก ยกเว้นสายพันธุ์ L23 และ L50 ที่มีจำนวนแถวต่อฝัก 10 – 14 แถวต่อฝัก ส่วนพันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์มินิแพนซี พันธุ์เทียนทอง และพันธุ์เทียนสองสี มีจำนวนแถวต่อฝัก 10 – 18, 12 – 18 และ 8 – 16 แถวต่อฝัก ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

จำนวนเมล็ดต่อแถว พบว่าสายพันธุ์มีจำนวนเมล็ดต่อแถว ตั้งแต่ 20.11 – 29.34 เมล็ดต่อแถว เฉลี่ย 24.96 เมล็ดต่อแถว ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 27.45 – 28.53 เมล็ดต่อแถว เฉลี่ย 27.94 เมล็ดต่อแถว โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกัน พบว่าสายพันธุ์ L18 และ L8 ให้จำนวนเมล็ดต่อแถว สูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (29.34 และ 28.44 เมล็ดต่อแถว ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์เทียนทองซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้จำนวนเมล็ดต่อแถว สูงสุด (28.53 เมล็ดต่อแถว) (ตารางที่ 2)

น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก พบว่าสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน มีน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก ตั้งแต่ 60.61 - 120.94 กรัม เฉลี่ย 95.06 กรัม ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 72.67 - 268.33 กรัม เฉลี่ย 163.94 กรัม โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L38 และ L10 ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก สูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (120.94 และ 116.94 กรัม ตามลำดับ) โดยแตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกสูงสุด (268.33 กรัม) (ตารางที่ 2)

น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก พบว่าสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือก ตั้งแต่ 52.39 - 85.06 กรัม เฉลี่ย 69.16 กรัม ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 50.50 - 174.50 กรัม เฉลี่ย 109.05 กรัม โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L18 และ L38 ให้น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก สูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (85.06 และ 82.39 กรัม ตามลำดับ) โดยแตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้น้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงสุด (174.50 กรัม) (ตารางที่ 2)

ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก พบว่าสายพันธุ์มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกตั้งแต่ 532 – 1,791 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,190 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 614 – 1,914 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,351 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L45 และ L38 ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกสูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (1,791 และ 1,637 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกสูงสุด (1,914 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 2)

ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก พบว่าสายพันธุ์มีผลผลิตฝักสดปอกเปลือกตั้งแต่ 370 – 1,203 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 809 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 428 – 1,219 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 903 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L45 และ L38 ให้ผลผลิตฝักสดปอกเปลือกสูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (1,202 และ 1,193 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์เทียนสองสีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้ผลผลิตฝักสดปอกเปลือกสูงสุด (1,219 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 2)

เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก (%shelling) พบว่าสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดปอกเปลือกตั้งแต่ 58.36 – 79.43 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 68.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์การค้ามีค่าตั้งแต่ 63.60 – 69.70 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 67.49 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ด้วยกันพบว่าสายพันธุ์ L18 และ L1 ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก สูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (79.43 และ 78.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่างจากพันธุ์มินิแพนซีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดปอกเปลือกสูงสุด (69.70 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 2)

ผลการประเมินค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (Broad-sense heritability)

เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก มีค่าเฉลี่ยของประชากร 3.05 เซนติเมตร ค่าต่ำสุด 2.20 เซนติเมตร และค่าสูงสุด 3.80 เซนติเมตร โดยมีค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 33.59 เปอร์เซ็นต์ ความยาวฝัก มีค่าเฉลี่ยของประชากร 13.26 เซนติเมตร ค่าต่ำสุด 6.00 เซนติเมตร และค่าสูงสุด 18.00 เซนติเมตร โดยมีค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 11.59 เปอร์เซ็นต์ ความยาวปลายฝัก ความยาวปลายฝักส่วนที่ไม่ติดเมล็ดมีค่าเฉลี่ยของประชากรของทั้ง 36 สายพันธุ์ 1.33 เซนติเมตร ค่าต่ำสุด 0 เซนติเมตร (เมล็ดเต็มฝัก) และค่าสูงสุด 5.50 เซนติเมตร โดยมีค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 21.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

จำนวนแถวต่อฝัก มีค่าเฉลี่ยของประชากร 10.17 แถว ค่าต่ำสุด 8 แถว และค่าสูงสุด 14 แถว โดยมีค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 8.88 เปอร์เซ็นต์ จำนวนเมล็ดต่อแถว มีค่าเฉลี่ยของประชากร 25.04 เมล็ด ค่าต่ำสุด 12 เมล็ด และค่าสูงสุด 37 เมล็ด โดยมีค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 9.68 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก มีค่าเฉลี่ยของ

ประชากร 96.19 กรัม ค่าต่ำสุด 60 กรัม และค่าสูงสุด 130 กรัม โดยมีค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 20.89 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักฝักสดเปลือก มีค่าเฉลี่ยของประชากร 69.17 กรัม ค่าต่ำสุด 30 กรัม และค่าสูงสุด 110 กรัม โดยมีค่าประมาณของอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 14.80 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 1 ลักษณะต้นและฝักของสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน (S_1) ที่คัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์การค้า

สายพันธุ์/พันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)	ความสูงฝัก/ ความสูงต้น	เส้นผ่าน ศูนย์กลางฝัก (ซม.)	ความยาวฝัก (ซม.)	ความยาวปลาย ฝัก (ซม.)
L01	157.01	1.88	77.50	0.47	3.28	13.28	1.34
L02	122.17	1.73	55.20	0.47	2.89	13.18	0.99
L03	104.44	1.95	50.00	0.44	3.09	11.77	1.42
L04	145.44	2.01	79.40	0.51	2.89	12.67	0.67
L05	178.97	1.64	78.10	0.53	3.09	13.60	1.21
L07	130.11	1.93	47.80	0.32	3.06	12.70	1.37
L08	173.11	1.92	87.00	0.47	2.84	14.48	1.79
L09	134.41	2.19	72.10	0.48	3.01	13.50	1.17
L10	148.01	2.01	71.80	0.47	3.05	13.47	0.67
L13	152.67	1.98	74.30	0.50	3.35	12.68	1.44
L14	168.67	1.68	77.80	0.56	2.92	14.75	1.91
L15	140.01	2.06	71.90	0.46	3.20	13.60	1.47
L16	153.11	2.05	72.00	0.45	3.03	13.27	1.27
L18	166.11	2.00	81.70	0.46	3.24	14.03	0.99
L21	170.77	1.68	71.60	0.51	3.18	13.10	1.21
L23	155.04	1.95	84.10	0.51	3.07	12.02	0.42
L24	164.57	1.89	84.80	0.53	3.03	13.13	0.84
L25	151.91	1.92	74.30	0.47	3.08	12.67	0.42
L27	139.21	2.13	60.50	0.39	3.03	13.95	1.77
L29	130.31	1.56	64.00	0.47	2.61	12.12	0.67
L30	140.74	2.06	67.90	0.45	2.74	11.22	0.42
L31	145.84	2.13	81.40	0.52	2.91	13.57	1.42
L32	172.77	1.58	73.50	0.52	3.24	11.30	1.16
L33	169.37	1.66	70.00	0.51	3.38	13.05	1.96
L34	128.27	1.71	63.10	0.51	3.00	13.43	1.84
L35	144.91	2.24	69.70	0.43	3.23	12.80	1.47
L38	171.17	1.75	75.00	0.53	3.19	15.00	2.31
L39	138.37	1.85	61.60	0.46	3.16	12.93	1.59
L40	160.91	1.93	82.30	0.48	2.96	13.28	1.59
L41	135.44	1.96	71.40	0.49	2.61	12.87	0.47
L44	142.97	3.61	69.00	0.50	3.21	14.53	1.74
L45	194.21	2.19	106.30	0.52	3.15	14.68	2.19
L46	120.21	1.71	53.50	0.42	3.12	13.23	2.14
L48	134.21	2.04	70.60	0.47	3.08	13.25	2.42
L49	157.41	1.84	82.50	0.51	3.00	13.22	1.07

สายพันธุ์/พันธุ์	ความสูงต้น (ซม.)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางต้น (ซม.)	ความสูงฝัก (ซม.)	ความสูงฝัก/ ความสูงต้น	เส้นผ่าน ศูนย์กลางฝัก (ซม.)	ความยาวฝัก (ซม.)	ความยาวปลาย ฝัก (ซม.)
L50	154.71	1.92	70.50	0.44	2.92	14.77	1.22
มินิแฟนซี	155.30	1.88	86.80	0.56	2.63	10.53	0.47
เทียนทอง	179.95	2.00	96.78	0.54	3.53	14.40	0.94
เทียนสองสี	198.37	2.33	108.45	0.55	4.13	18.17	1.35
F-test	*	**	*	ns	**	**	ns
CV. (%)	8.90	6.48	13.94	7.96	2.26	4.84	37.45
LSD _{0.05} (a)	37.65	0.34	29.89	0.10	0.19	1.75	1.19
ค่าเฉลี่ยของ สายพันธุ์	149.93	1.95	72.34	0.48	3.05	13.25	1.33
ค่าเฉลี่ยของ พันธุ์การค้า	177.87	2.07	97.34	0.55	3.43	14.36	0.92

หมายเหตุ : (a) ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์กับพันธุ์การค้า

*, **, ns มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, 99% และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ลักษณะฝักและผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน (S₁) ที่คัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์การค้า

สายพันธุ์/พันธุ์	จำนวนแถว/ ฝัก	จำนวนเมล็ด/ แถว	น้ำหนักฝักทั้ง เปลือก (ก.)	น้ำหนักฝัก ปอกเปลือก (ก.)	ผลผลิตฝักทั้ง เปลือก (กก./ไร่)	ผลผลิตฝัก ปอกเปลือก (กก./ไร่)	%shelling
L01	8 - 12	27.34	97.94	81.06	1,194	915	78.92
L02	8 - 12	25.51	90.28	62.39	532	370	70.31
L03	8 - 12	20.88	106.28	62.39	761	408	58.36
L04	8 - 12	24.48	109.28	63.39	1,341	802	61.59
L05	8 - 12	24.68	106.94	71.39	1,374	941	66.82
L07	8 - 12	25.21	60.61	56.06	1,221	833	66.65
L08	8 - 12	28.44	91.94	68.06	1,208	762	65.34
L09	8 - 12	21.51	62.61	53.06	1,228	858	68.33
L10	8 - 12	27.28	116.94	73.72	1,315	825	61.13
L13	8 - 12	24.31	103.28	74.39	1,112	804	72.95
L14	8 - 12	27.28	103.94	71.39	1,434	1,012	69.30
L15	8 - 12	23.61	72.61	61.06	1,441	993	67.40
L16	8 - 12	25.28	100.94	75.72	867	619	70.00
L18	8 - 12	29.34	90.94	85.06	1,204	929	79.43
L21	8 - 12	26.88	102.94	74.39	1,182	916	77.81
L23	10 - 14	26.08	108.28	74.39	1,088	735	68.77
L24	8 - 10	26.11	92.28	70.39	1,393	932	68.14
L25	8 - 12	26.48	106.94	77.72	1,279	875	67.04
L27	8 - 12	23.81	72.61	54.06	1,050	684	63.35
L29	8 - 12	22.38	73.54	56.72	662	480	70.97
L30	8 - 12	22.18	84.28	52.39	1,110	621	58.80
L31	8 - 12	24.78	109.28	69.39	1,376	788	59.24
L32	8 - 12	23.88	106.94	65.39	1,303	920	69.31

สายพันธุ์/พันธุ์	จำนวนแถว/ ฝัก	จำนวนเมล็ด/ แถว	น้ำหนักฝักทั้ง เปลือก (ก.)	น้ำหนักฝัก ปอกเปลือก (ก.)	ผลผลิตฝักทั้ง เปลือก (กก./ไร่)	ผลผลิตฝัก ปอกเปลือก (กก./ไร่)	%shelling
L33	8 - 12	23.88	100.94	77.39	1,281	962	74.76
L34	8 - 12	24.61	89.18	73.39	920	693	75.60
L35	8 - 12	20.31	68.61	59.06	1,072	773	70.56
L38	8 - 12	22.28	120.94	82.39	1,637	1,193	72.04
L39	8 - 12	24.11	90.28	69.39	888	644	73.04
L40	8 - 12	27.34	89.94	70.06	1,450	947	67.72
L41	8 - 10	24.48	94.28	58.39	1,110	678	63.20
L44	8 - 12	28.31	107.28	76.39	1,233	775	64.54
L45	8 - 12	27.44	105.94	82.06	1,791	1,203	69.70
L46	8 - 12	25.04	95.24	73.06	1,151	744	66.88
L48	8 - 12	20.11	70.61	57.06	1,257	837	64.98
L49	10 - 12	26.28	112.94	80.72	1,087	743	66.91
L50	10 - 14	26.88	103.94	76.72	1,304	907	68.25
มินิแฟนซี	10 - 18	27.85	72.67	50.50	614	428	69.70
เทียนทอง	12 - 18	28.53	150.83	102.17	1,526	1,063	69.16
เทียนสองสี	8 - 16	27.45	268.33	174.50	1,914	1,219	63.60
F-test	-	ns	**	**	**	*	ns
CV. (%)	-	7.19	10.32	9.47	16.77	20.62	9.80
LSD _{0.05} (a)	-	4.95	32.35	20.74	554	460	17.70
ค่าเฉลี่ยของ สายพันธุ์	-	24.96	95.06	69.16	1,190	809	68.28
ค่าเฉลี่ยของ พันธุ์การค้า	-	27.94	163.94	109.05	1,351	903	67.49

หมายเหตุ : (a) ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์กับพันธุ์การค้า

*, **, ns มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, 99% และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่าทางสถิติและค่าทางพันธุกรรมในลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางฝัก ความยาวฝัก และความยาวปลายฝักส่วนที่ไม่ติดเมล็ด ของสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน 36 สายพันธุ์ (ข้อมูลรายต้น)

ค่าทางสถิติและค่าทางพันธุกรรม	เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก (ชม.)	ความยาวฝัก (ชม.)	ความยาวปลายฝักส่วน ที่ไม่ติดเมล็ด (ชม.)
ค่าเฉลี่ย	3.05	13.26	1.33
ค่าต่ำสุด	2.20	6.00	0
ค่าสูงสุด	3.80	18.00	5.50
ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%)	8.05	13.84	81.89
ความแปรปรวนของฟีโนไทป์ (σ_p^2)	0.06	3.38	1.20
ความแปรปรวนของจีโนไทป์ (σ_G^2)	0.02	0.39	0.26
ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อม (σ_E^2)	0.04	2.99	0.94
อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (%)	33.59	11.59	21.39

ตารางที่ 4 ค่าทางสถิติและค่าทางพันธุกรรมในลักษณะจำนวนแถวต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักสดเปลือกของสายพันธุ์ข้าวโพดเทียน 36 สายพันธุ์ (ข้อมูลรายต้น)

ค่าทางสถิติและค่าทางพันธุกรรม	จำนวนแถวต่อฝัก	จำนวนเมล็ดต่อแถว	น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก (กรัม)	น้ำหนักฝักสดเปลือก (กรัม)
ค่าเฉลี่ย	10.17	25.04	96.19	69.17
ค่าต่ำสุด	8.00	12.00	60.00	30.00
ค่าสูงสุด	14.00	37.00	130.00	110.00
ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%)	15.54	16.10	16.54	18.53
ความแปรปรวนของฟีโนไทป์ (σ_p^2)	2.51	16.29	254.50	164.82
ความแปรปรวนของจีโนไทป์ (σ_g^2)	0.22	1.58	53.17	24.39
ความแปรปรวนจากสภาพแวดล้อม (σ_e^2)	2.28	14.71	201.33	140.43
อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (%)	8.88	9.68	20.89	14.80

การอภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบลักษณะของสายพันธุ์ที่คัดเลือกในชั่วรุ่นแรกของข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมือง 36 สายพันธุ์ โดยทำการคัดเลือกและผสมตัวเองต้นที่คัดเลือกไว้ แล้วนำเมล็ดพันธุ์ของต้น (สายพันธุ์) ที่ดีเด่นมารวมกันเพื่อจะได้ปลูกคัดเลือกใหม่ในรอบต่อไป ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงประชากรโดยใช้วิธีการคัดเลือกจากลูกผสมตัวเอง (Selection from s_1 progeny test) และยังเป็นวิธีการที่สามารถสร้างและคัดเลือกสายพันธุ์ใหม่ได้ไปพร้อมกันได้ด้วย การคัดเลือกด้วยวิธีการนี้เป็นการพิจารณาจากการแสดงออกของลูกผสมตัวเอง โดยลูกผสมตัวเองได้รับยีนที่มีอยู่เฉพาะในต้นของพ่อแม่เท่านั้น วิธีการนี้ถูกใช้ในการคัดเลือกข้าวโพดและพืชผสมข้ามอื่น ๆ ที่มีการผลิตเมล็ดได้มากเพียงพอสำหรับการปลูกทดสอบเป็นซ้ำ และการเก็บเมล็ดส่วนหนึ่งไว้สำหรับการนำมารวมกันเพื่อสร้างเป็นประชากรใหม่ และจากการที่ต้องใช้การผสมตัวเอง ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่สามารถใช้ได้กับพืชที่ผสมตัวเองไม่ติด (ปราโมทย์, 2554) โดยเมื่อพิจารณาลักษณะต้น ลักษณะฝัก และผลผลิตของสายพันธุ์ในชั่วรุ่นแรก (S_1) ของข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมือง 36 สายพันธุ์ ให้ผลดังต่อไปนี้

ความสูงต้นและความสูงฝักเป็นลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องทำการคัดเลือกในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด เนื่องจากเป็นลักษณะที่มีผลสำคัญต่อการหักล้มของต้น ถ้าหากมีความสูงต้นมาก และถ้ามีตำแหน่งของฝักที่สูงเกินไปจะทำให้ต้นข้าวโพดไวต่อหักล้มได้ง่ายขึ้น (Ji et al., 2006) พบว่าสายพันธุ์ S_1 มีความสูงต้นตั้งแต่ 104.44 เซนติเมตร (L3) จนถึง 194.21 เซนติเมตร (L45) โดยมีสายพันธุ์ S_1 จำนวน 23 สายพันธุ์ ที่มีความสูงต้นน้อยกว่าพันธุ์มินิแพนซีซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่มีความสูงต้นต่ำสุด (155.30 เซนติเมตร) โดยอัตราส่วนของความสูงฝักต่อความสูงต้นที่เหมาะสมของสายพันธุ์ข้าวโพดต้องไม่มากกว่า 0.50 (Hee et al., 2010) ดังนั้นจากผลการทดลองพบว่ามีสายพันธุ์ S_1 จำนวน 13 สายพันธุ์ ที่มีอัตราส่วนดังกล่าวมากกว่า 0.5 รวมทั้งพันธุ์การค้าทั้ง 3 พันธุ์ จึงไม่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ทนทานต่อการหักล้ม (Lodging tolerance) และพบว่ามีสายพันธุ์ S_1 จำนวน 23 สายพันธุ์ ที่มีอัตราส่วนความสูงฝักต่อความสูงต้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 อย่างไรก็ตามในการคัดเลือกยังต้องพิจารณาถึงสายพันธุ์ ความสูงฝัก ที่มีความเหมาะสมกับการทำการเก็บเกี่ยวโดยคน โดยควรมีตำแหน่งความสูงฝักที่ไม่ต่ำเกินไป และลักษณะอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลางต้นที่มากจะบ่งบอกถึงความแข็งแรงและทนทานต่อการหักล้มของต้น

เมื่อพิจารณาลักษณะฝัก พบว่าพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เทียนสองสี และพันธุ์เทียนทอง มีขนาดฝักที่ค่อนข้างใหญ่ โดยมีขนาดฝักใกล้เคียงกับข้าวโพดขาวเหนียว ในขณะที่พันธุ์มินิแพนซีเป็นพันธุ์ที่มีขนาดฝักเล็กแบบข้าวโพดเทียน เนื่องจาก

ข้าวโพดเทียนและข้าวโพดข้าวเหนียวเป็นข้าวโพดในกลุ่มเดียวกัน คือเป็น Waxy corn (*Zea mays* var. *ceratina*) ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ข้าวโพดเทียนนั้นมียอดขนาดเล็กกว่า โดยมีความยาวฝัก 10 – 15 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก 2 – 3 เซนติเมตร และฝักมีจำนวนแถวของเมล็ด 8 – 12 แถว (ราเซนทร์, 2539) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากลักษณะฝักของข้าวโพดเทียนดังกล่าว พบว่ามีสายพันธุ์ S_1 จำนวน 12 สายพันธุ์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางฝักไม่เกิน 3 เซนติเมตร และความยาวฝักพบว่าสายพันธุ์ S_1 ทั้ง 36 สายพันธุ์ มีความยาวฝักไม่เกิน 15 เซนติเมตร ส่วนจำนวนแถวต่อฝักพบว่ามี 34 สายพันธุ์ที่มีจำนวนแถวต่อฝัก 8 – 12 แถว โดยมีเพียง 2 สายพันธุ์ คือสายพันธุ์ L23 และ L50 ที่มีจำนวนแถวต่อฝัก 10 – 14 แถวต่อฝัก ส่วนพันธุ์การค้า ได้แก่พันธุ์มินิแฟนซี พันธุ์เทียนทอง และพันธุ์เทียนสองสี มีจำนวนแถวต่อฝัก 10 – 18, 12 – 18 และ 8 – 16 แถวต่อฝัก ตามลำดับ โดยที่พันธุ์เทียนทอง และพันธุ์เทียนสองสี มีฝักค่อนข้างใหญ่ และเมล็ดใหญ่ค่อนข้างไปทางข้าวโพดข้าวเหนียว ในขณะที่พันธุ์มินิแฟนซีแม้จะมีจำนวนแถวต่อฝัก 10 – 18 แถว แต่เมล็ดมีขนาดเล็กและขนาดฝักเล็กแบบข้าวโพดเทียน โดยมีจำนวนเมล็ดต่อแถว 27.85 เมล็ดต่อแถว อย่างไรก็ตาม ลักษณะอีกอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณาก็คือความยาวปลายฝัก (ส่วนที่ไม่ติดเมล็ด) ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการให้น้อยที่สุด นั่นคือข้าวโพดควรมีการติดเมล็ดเต็มฝัก พบว่าพันธุ์มินิแฟนซีมีความยาวปลายฝักน้อยสุดในกลุ่มพันธุ์การค้าด้วยกัน คือ 0.47 เซนติเมตร โดยมีสายพันธุ์ S_1 จำนวน 10 สายพันธุ์ ที่มีความยาวปลายฝักมากกว่าพันธุ์มินิแฟนซีอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งต้องนำมาพิจารณาร่วมกันในการที่จะคัดเลือกสายพันธุ์ดังกล่าว

ผลผลิตฝักสดต่อไร่ เมื่อพิจารณาทั้งพันธุ์การค้าและสายพันธุ์ พบว่าพันธุ์การค้าเทียนสองสีและเทียนทอง ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกและผลผลิตฝักสดปอกเปลือกสูงเป็นอันดับ 1 และ 4 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์มินิแฟนซีให้ผลผลิตต่ำโดยอยู่ในอันดับเกือบท้ายสุด ทั้งนี้เนื่องจากพันธุ์เทียนสองสีและเทียนทองมีฝักขนาดใหญ่และน้ำหนักฝักมาก ในขณะที่พันธุ์มินิแฟนซีมีฝักขนาดเล็กและน้ำหนักฝักน้อย ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตต่อไร่โดยตรง ในส่วนของสายพันธุ์ S_1 พบว่าสายพันธุ์มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกตั้งแต่ 532 – 1,791 กิโลกรัมต่อไร่ และมีผลผลิตฝักสดปอกเปลือกตั้งแต่ 369 – 1,202 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังมีความแปรปรวนของสายพันธุ์อยู่สูงที่นักปรับปรุงพันธุ์จะนำมา Recombine เพื่อทำการคัดเลือกในรอบต่อ ๆ ไปได้อีก อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาผลผลิตของสายพันธุ์หรือพันธุ์ ลักษณะหนึ่งที่ต้องพิจารณาก็คือเปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก (%shelling) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของผลผลิตฝักสดปอกเปลือกต่อผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก โดยพบว่าสายพันธุ์ L18 และ L1 ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดปอกเปลือกสูงเป็นอันดับ 1 และ 2 (79.43 และ 78.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ดังนั้นจึงควรนำลักษณะนี้ไปพิจารณาร่วมกับผลผลิตต่อไร่ในการคัดเลือก

อัตราพันธุกรรมของสายพันธุ์ จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติและผลทางพันธุกรรมด้วยวิธี Analysis of variance ของสายพันธุ์ข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองบ้านเกาะลอย จำนวน 36 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถประเมินค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างของลักษณะฝักได้ พบว่าลักษณะฝักทั้งหมดที่ประเมินมีค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างตั้งแต่ 8.88 – 33.59 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าอัตราพันธุกรรมที่ต่ำ โดยที่ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป จัดว่ามีค่าสูงมาก ถ้ามีค่าตั้งแต่ 60 – 79 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีค่าสูงปานกลาง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 40 – 59 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีค่าปานกลาง และถ้ามีค่าต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีค่าต่ำ (Singh, 2001) แสดงว่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมยังมีอิทธิพลสูงต่อการแสดงออกของลักษณะฝักของข้าวโพดเทียนทั้ง 36 สายพันธุ์ดังกล่าว ดังนั้นการคัดเลือกโดยการทดสอบจากลูกผสมตัวเองในชั่วรุ่นที่มากขึ้น และใช้ลักษณะอื่นๆ ร่วมในการคัดเลือก จึงจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงประชากรข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองดังกล่าว

บทสรุป

การเปรียบเทียบสายพันธุ์ที่คัดเลือกและผสมตัวเองในชั่วรุ่นที่ 1 ของข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองบ้านเกาะลอย จำนวน 36 สายพันธุ์ โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์การค้า 3 พันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ S_1 ให้ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 532 – 1,791 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,190 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์การค้าตั้งแต่ 613 – 1,914 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,351 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเปอร์เซ็นต์

ผลผลิตฝักสดเปลือก (%shelling) ของสายพันธุ์อยู่ในช่วง 58.36 – 79.43 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 68.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์การค้ามีค่าตั้งแต่ 63.60 – 69.70 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ย 67.49 เปอร์เซ็นต์ การประเมินค่าอัตราพันธุ์กรรมอย่างกว้างของลักษณะฝัก พบว่าลักษณะฝักมีค่าอัตราพันธุ์กรรมอย่างกว้างต่ำ (8.88 – 33.59 เปอร์เซ็นต์) จากผลการทดสอบทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อนำไปปลูกคัดเลือกในรอบต่อไปสำหรับการปรับปรุงประชากรได้ และยังสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่โดดเด่นเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์ต่อไปได้อีกด้วย โดยสายพันธุ์ที่มีศักยภาพและมีความเหมาะสมนำไปพัฒนาสายพันธุ์ต่อไป คือสายพันธุ์ L45 และ L38 ซึ่งให้ผลผลิตฝักทั้งเปลือกต่อไร่สูง คือ 1,791 และ 1,637 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ มีลักษณะตรงตามลักษณะของข้าวโพดเทียน คือ มีความยาวฝัก 14.68 และ 15 เซนติเมตรตามลำดับ มีความกว้างฝัก 3.15 และ 3.19 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีจำนวนแถวต่อฝัก 8 – 12 แถวต่อฝักทั้ง 2 สายพันธุ์ นอกจากนี้สายพันธุ์ L45 และ L38 ยังให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักสดเปลือกสูง คือ 69.70 และ 72.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวจินตนา มุ่งคุณโคตร นายธันวา เกตุโอบ และเจ้าหน้าที่ประจำแผนกพืชผัก สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2539). พันธุ์พืชไร่. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์คุรุสภา: กรุงเทพฯ.
- กิตติภาพ วายภาพ. (2558). วิจัยและพัฒนาข้าวโพดฝักสด. รายงานการวิจัย. กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
- คมสัน อำนวยสิทธิ์. (2544). ข้าวโพดหวานฝักเล็กพันธุ์ “เทียนหวานพิษณุโลก”. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 19(3): 58–65.
- ชูศักดิ์ จอมพุท และทิวา พาโคกทม. (2547). ข้าวโพด. ใน นพพร คล้ายพวงพันธุ์, เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, รังสฤษดิ์ กาวีตะ และ สนิธิชัย จันทรเปรม, บรรณาธิการ. พืชเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 54-73.
- ประภา กันธสากุล, สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์ และจินดา จันทรอ่อน. (2535). ส่วนประกอบบางอย่างของข้าวโพดฝักสด. ใน เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาข้าวโพดหวาน. ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่. เชียงใหม่. 1-3.
- ปราโมทย์ พรสุริยา. (2554). เอกสารคำสอนวิชาหลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก: ชลบุรี.
- พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. (2525). พันธุ์ศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- ราเชนทร์ ธีรพร. (2539). ข้าวโพด. ด้านสุทธาการพิมพ์: กรุงเทพฯ.
- สุขาวดี นาคะทัต. (มปป). Augmented Randomized Complete Block Design. ฝ่ายวิชาการสถิติ กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร: กรุงเทพฯ.
- Federer W.T. and Raghavarao D. (1975). On Augmented Designs. Biometrics. 31(1): 29-35.
- Hee C.J., Hee B.L. and Takeo Y. (2010). Major Agricultural Characteristics and Antioxidants Analysis of the New Developed Colored Waxy Corn Hybrids. Journal of the Faculty of Agriculture. 55(1): 55–59
- Ji H.C., Cho J.W. and Yamakawa T. (2006). Diallel Analysis of Plant and Ear Heights in Tropical Maize. Journal of the Faculty of Agriculture. 51(2): 233–238.
- Singh B.D. (2001). Plant Breeding: Principles and Methods. 6th edition. Kalyani Publish: New Delhi.

Received: September 22, 2020; Revised: November 2, 2020; Accepted: November 11, 2020

ระเบียบวิธีฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเรียงกล่องบรรจุอาหารในตู้คอนเทนเนอร์

A heuristic method for food box packing in container

ธวัชชัย บุญตัน^{1*}, อัครพงศ์ วงศ์พัฒน์¹, เพ็ญภาค ศิริมา², ไกรศักดิ์ จันทระโกเมท² และสัณชัย ยอดมณี³Thawatchai Boontan^{1*}, Akkharaphong Wongphat¹, Penpark Sirimark², KraisakJantarakomet² and Sanchai Yotmanee³¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม²คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต

*Corresponding Author E-mail Address : tavatchaibt@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความต้องการทางด้านอาหารของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกิดปัญหาทางด้านกระบวนการขนส่ง จากโรงงานการผลิตหรือธุรกิจการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบรรจุ การเคลื่อนย้าย ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการจัดการ การบรรจุกล่องบรรจุอาหารใน 3 มิติ เพื่อที่จะลดช่องว่างในตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้ขนส่งสินค้า ลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการขนส่งโดยใช้อัลกอริทึมของฮิวริสติกส์แบบวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน (GA-AOT) และการจัดวางแบบจุดมุมร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (GA-CPP) และนำรูปแบบทั้งสองมาเปรียบเทียบกับ ผลปรากฏว่ารูปแบบการจัดวางแบบจุดมุมร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม GA-CPP ได้ผลดีกว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในการบรรจุอย่างน้อยที่สุด

คำสำคัญ: วิธีฮิวริสติกส์ วิธีเชิงพันธุกรรม ปัญหาการบรรจุกล่องอาหาร

Abstract

The increasing of consumer demand in foods resulted in their delivery problems, especially the packing, moving and shipping of food boxes into a limited rectangular container from the food manufacturing or postal business. Therefore, this research purposed to manage the problem for three-dimensional food boxes packing, to reduce the spaces, costs and time in the shipments using the heuristic algorithms base on genetic algorithm (GA) with Axis Order Test: GA-AOT and Corner Point Placing: GA-CPP. The computational

performance of both models is then compared. The results from GA-CPP provide the reduction of costs in shipments with the use minimum number of containers.

Keywords: Heuristic method, Genetic algorithm, Food box packing problems

บทนำ

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่มนุษย์ต้องการในการดำรงชีวิต ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่เน้นธุรกิจด้านเกษตรกรรม และสินค้าอาหารแปรรูปจากผลผลิตทางการเกษตร ส่งผลให้ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับอาหารเป็นธุรกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศ จากการศึกษาของ อภิสิทธิ์ (2552) กล่าวว่ากระบวนการผลิตอาหารโดยทั่วไปจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานการควบคุมคุณภาพสากลที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป คือ Good manufacturing practices (GMP) ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นตอนของการผลิตอาหารที่ดี และ Hazard analysis and critical control point (HACCP) ซึ่งเป็นระบบการผลิตอาหารที่ปลอดภัย จากหลักการของระบบมาตรฐานที่กล่าวมานั้น อาหารจะต้องควบคุมคุณภาพตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ กล่าวคือจะต้องมีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง และการจำหน่ายหน้าร้าน กระบวนการขนส่งอาหารสู่มือผู้บริโภค เป็นปัจจัยที่สำคัญและน่าสนใจคือรูปแบบของผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศไทยจะมีความหลากหลาย ส่งผลให้มีความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสินค้าและความต้องการของลูกค้า ดังนั้นบรรจุภัณฑ์เพื่อการเคลื่อนหรือขนส่ง (Logistics packaging) ที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าลดลง ต้นทุนจากการขนส่งและจัดเก็บสินค้ามีมูลค่าสูงขึ้น (อภิสิทธิ์, 2552) นอกจากนี้จากสภาวะการระบาดของเชื้อไวรัส Covid-19 ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อธุรกิจอาหารหลายด้าน โดยเฉพาะการขนส่งอาหารจากโรงงานผลิตอาหารสู่มือผู้บริโภค กล่าวคือในช่วงการระบาดของโรคดังกล่าวอุปสงค์ของการเลือกซื้ออาหารแบบออนไลน์จะสูงขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคพยายามลดความเสี่ยงที่จะติดเชื้อไวรัสจากบุคคลภายนอก ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการขนส่งสินค้าอาหาร ธนาภา และสรวิชัย (2561) ได้ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางในการเดินทางขนส่งสำหรับผู้ประกอบการเพื่อช่วยเหลือผู้ประกอบการ เพื่อนำอาหารและสิ่งของจำเป็นไปให้บริการรับและส่งมอบตามพื้นที่ที่ประสบภัยพิบัติแต่ละแห่งต้องการ โดยนำแนวคิดการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) มาใช้หาคำตอบ ผลการทดลองพบว่า ฮิวริสติกส์สามารถหาคำตอบที่เป็น Feasible solution ที่ดีกว่าวิธีกำหนดการเชิงเส้นด้วยโปรแกรม LINGO และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อยกว่า ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Hsueh et al. (2008) จากรายละเอียดที่กล่าวไปแล้วข้างต้น เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการขนส่งกล่องสินค้าอาหารที่มีขนาดหลากหลาย ทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะใช้วิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) เพื่อแก้ไขปัญหาจากกระบวนการขนส่งตลอดจนเป็นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในตู้ขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลต่อการลดต้นทุนและเวลาในการกระจายสินค้าอาหาร

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

รูปแบบวิธีการจัดวางกล่องสินค้า

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบการจัดวางกล่องสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์มี 2 วิธี คือ

1. การจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน (Axis order test: AOT)

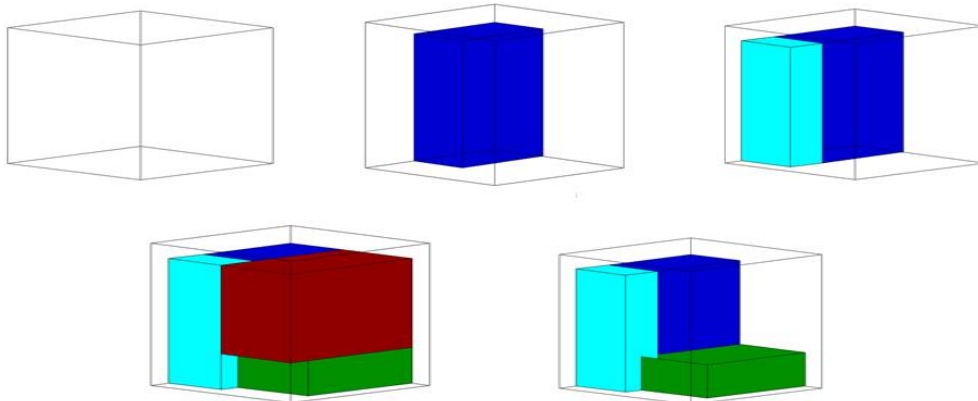
วิธีการจัดเรียงแบบ AOT เป็นวิธีพื้นฐานของการจัดเรียงกล่องสินค้า โดยมีหลักการที่ว่ากล่องที่นำมาจะถูกนำมาพิจารณาวางที่จุดพิกัดเริ่มต้น ที่จุด $(0,0,0)$ ทุกกล่อง กล่าวคือ ก่อนที่จะวางกล่อง B_i ซึ่งมีขนาด $(x \times y \times z)$ และตู้คอนเทนเนอร์ ขนาด $(X \times Y \times Z)$ อันดับแรกต้องทำการตรวจสอบก่อนว่าจุดที่จะบรรจุกล่อง B_i นั้นมีพื้นที่ที่สามารถวางลง

ได้หรือไม่ ถ้าวางได้ก็จะจัดวาง ณ จุด ๆ นั้น แต่ถ้าหากวางไม่ได้ จะทำการเพิ่มพิกัดตามแนวแกน x ทีละ 1 ค่า จนกว่าจะสามารถวาง B_i ได้ ในกรณีนี้

- ถ้า $x > X, y \leq Y, z \leq Z$ ให้เพิ่มพิกัดตามแนวแกน y ทีละ 1 ค่า โดยกำหนดให้ค่า $x=0$ แล้วเพิ่มพิกัดตามแนวแกน x ทีละ 1 ค่า จนกว่าจะสามารถวาง B_i ได้

- ถ้า $x > X, y > Y, z \leq Z$ ให้เพิ่มพิกัดตามแนวแกน z ทีละ 1 ค่า โดยกำหนดให้ค่า $x=0$ และ $y=0$ แล้วเพิ่มพิกัดตามแนวแกน x ทีละ 1 ค่า จนกว่าจะสามารถวาง B_i ได้

- ถ้า $x > X, y > Y, z > Z$ ให้วางกล่องที่ B_{i+1} ได้เลย ทำแบบนี้ซ้ำไปจนกว่าจะบรรจุกล่องทุกกล่องลงตู้คอนเทนเนอร์ได้



รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามแกน (Axis order test: AOT)

2. การจัดวางแบบจุดมุม (Corner point placing: CPP)

วิธีการจัดวางแบบจุดมุม ถูกนำเสนอโดย De Almeida and Figueiredo (2010) โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการวางกล่องลำดับที่ 1 ขนาด $(x_1 \times y_1 \times z_1)$ ที่จุดพิกัดเริ่มต้น $(0,0,0)$ หลังจากวางกล่องแล้ว จะเกิดจุดพิกัดที่เกิดจากการวางทั้งหมด 3 จุด คือ $(0+x_1,0,0), (0,0+y_1,0)$ และ $(0,0,0+z_1)$

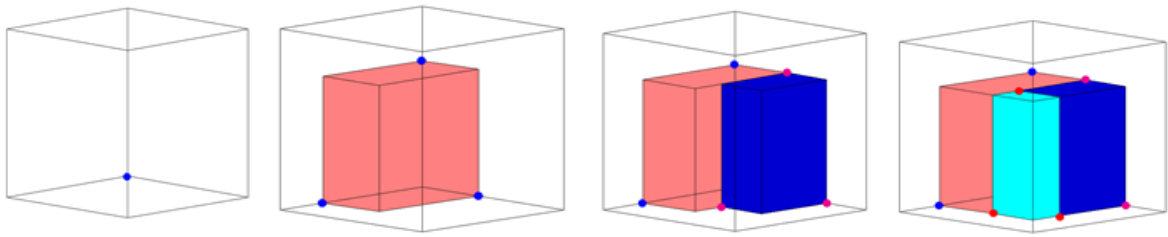
ขั้นตอนที่ 2 นำจุด $(0+x_1,0,0), (0,0+y_1,0)$ และ $(0,0,0+z_1)$ มาเป็นพิกัดสำหรับวางกล่องถัดไป โดยที่ (x_i, y_i, z_i) คือพิกัดที่เกิดจากการวางกล่อง

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบจุดพิกัดที่เกิดจากการวาง (x_i, y_i, z_i) เพื่อวางกล่องลำดับถัดไป

1. ถ้ากล่องใหม่ที่มีขนาด $(x_i \times y_i \times z_i)$ สามารถวางได้ ให้เพิ่มจุดพิกัดที่ได้จากการวางกล่องเพิ่มขึ้นอีก 3 จุด คือ $(x_i+x_i, y_i, z_i), (x_i, y_i+y_i, z_i), (x_i, y_i, z_i+z_i)$ และลบจุดพิกัดที่ใช้วางกล่องออกไป

2. ถ้ากล่องไม่สามารถวางได้ในจุดพิกัดนั้น ให้เลือกจุดพิกัดถัดไปมาทำการวาง

3. ถ้าจุดพิกัดที่มีทั้งหมดไม่สามารถวางกล่องได้ ให้ใช้กล่องลำดับถัดไปมาทดสอบในขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งจนครบตามลำดับของกล่อง



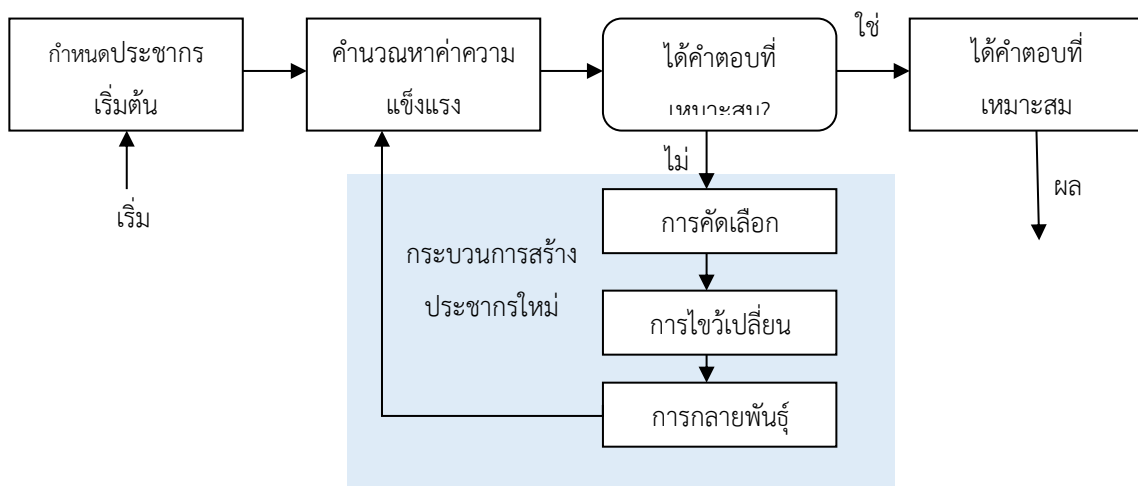
รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการจัดวางแบบจุดมุม (Corner point placing : CPP)

วิธีฮิวริสติก

วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA)

วิธีเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีที่ใช้สำหรับการหาค่าผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้หลักการทางทฤษฎี วิวัฒนาการทางธรรมชาติและการคัดเลือกตามธรรมชาติ กล่าวคือหากสิ่งมีชีวิตใดมีความเหมาะสมที่สุด จึงจะสามารถดำรงซึ่งเผ่าพันธุ์ได้ในขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมนั้น (Optimal solution) (John, 2004)

เราจะทำการแทนค่าคำตอบให้อยู่ในรูปแบบของโครโมโซม แล้วทำการปรับปรุงโครโมโซมในแต่ละชุด โดยใช้หลักการของการวิวัฒนาการ ในการปรับปรุงเพื่อให้ได้โครโมโซม(คำตอบ) ที่เหมาะสมนั้น จะเริ่มจากการสุ่มตัวอย่างและนำมาเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสับเปลี่ยนยีน, การกลายพันธุ์ (Mutation) หรือการไขว้เปลี่ยน (Cross over) ของโครโมโซม จนเกิดประชากรรุ่นใหม่ การเกิดวิวัฒนาการนี้จะทำไปเรื่อย ๆ จนพบค่าคำตอบที่เหมาะสมตรงกับความต้องการ กระบวนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรมแสดงดังอัลกอริทึมดังต่อไปนี้



รูปที่ 3 แสดงอัลกอริทึมของวิธีเชิงพันธุกรรม

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดสอบการจัดเรียงกล่องสินค้าลงในตู้คอนเทนเนอร์โดยใช้ระเบียบวิธีฮิวริสติกส์ ซึ่งเป็นวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA) ร่วมกับการจัดเรียงแบบการจัดวางแบบจุดมุม (GA-CPP) และการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน (GA-AOT) มีทั้งสิ้น 2 ปัญหาด้วยกันคือ ปัญหาของกล่องสินค้าที่นำมาบรรจุมีขนาดแตกต่างกันทั้งหมด (ปัญหาที่ 1) และปัญหาของกล่องที่มีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด (ปัญหาที่ 2) โดยมีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

ปัญหาที่ 1 ตู้คอนเทนเนอร์มีขนาด 7*7*7 เมตร และมีจำนวนกล่องย่อยทั้งหมด 30 กล่อง โดยที่ขนาดของกล่องสินค้าแตกต่างกันทั้ง 30 กล่อง โดยแสดงขนาดของกล่องดัง ตารางที่ 1

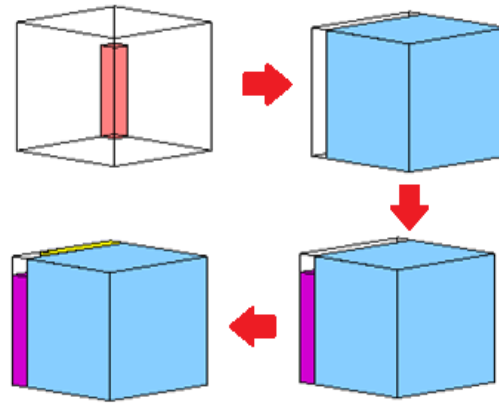
ตารางที่ 1 แสดงขนาดของกล่องย่อยทั้งหมด โดยที่ X คือความกว้าง, Y คือความยาว และ Z คือความสูง

กล่อง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X	7	4	7	3	5	2	5	1	1	1	1	7	1	2	7
Y	7	1	1	2	4	5	1	7	7	2	5	6	6	1	2
Z	2	2	3	5	7	5	1	2	2	3	6	7	5	3	4
กล่อง	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	5	3	2	2	1	5	1	4	6	3	1	1	1	3	2
Y	5	4	2	3	3	6	4	3	1	5	7	5	1	7	2
Z	3	5	3	4	4	4	1	2	6	4	6	7	5	6	1

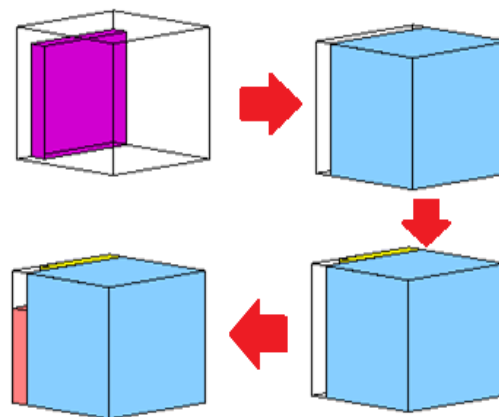
ตารางที่ 2 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ร่วมกับการจัดเรียงแบบการจัดวางแบบจุดมุมและการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน

Method	V	Order of placing	Time
GA-AOT	3	28, 12, 26, 15, 24, 9, 11, 27, 4, 14, 6, 23, 17, 18, 22, 7,	446.2
	4	19, 3, 29, 8, 30, 20, 21, 13, 16, 10, 25, 1, 2, 5,	48
	3		
GA-CPP	3	24, 12, 30, 23, 7, 5, 3, 1, 15, 18, 21,	51.58
	4	11, 8, 4, 20, 2, 28, 19, 6, 29, 10, 13,	0
	3	14, 16, 9, 25, 26, 17, 22, 27,	

หมายเหตุ : สีแดง คือ กล่องที่สามารถบรรจุลงไปได้



รูปที่ 4 แสดงลำดับการจัดวางแบบ GA-AOT ของปัญหาที่ 1



รูปที่ 5 แสดงลำดับการจัดวางแบบ GA-CPP ของปัญหาที่ 1

ปัญหาที่ 2 ตู้คอนเทนเนอร์มีขนาด $7 \times 7 \times 7$ เมตร และมีจำนวนกล่องย่อยทั้งหมด 30 กล่อง โดยที่ขนาดของกล่องสินค้ามีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด คือ $3 \times 3 \times 1$, $1 \times 3 \times 1$, $2 \times 6 \times 2$, $3 \times 2 \times 4$, $3 \times 2 \times 2$ และ $4 \times 2 \times 2$ จำนวน 30 กล่อง โดยแสดงขนาดของกล่องดังตารางที่ 3

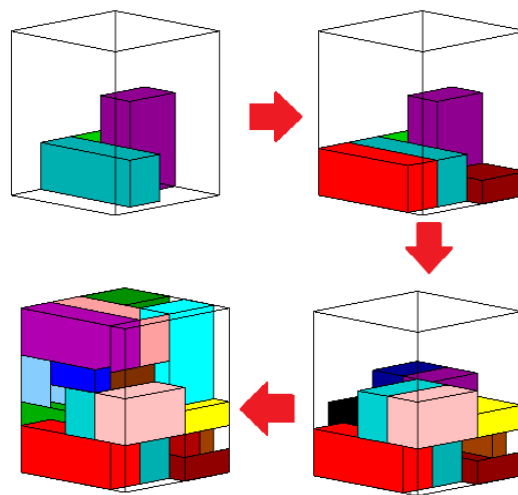
ตารางที่ 3 แสดงขนาดของกล่องย่อยทั้งหมด โดยที่ x คือความกว้าง, y คือความยาว และ z คือความสูง

กล่อง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X	3	1	3	3	2	4	3	1	3	3	2	4	3	1	3
Y	3	3	2	2	6	2	3	3	2	2	6	2	3	3	2
Z	1	1	2	4	2	2	1	1	2	4	2	2	1	1	2
กล่อง	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	3	2	4	3	1	3	3	2	4	3	1	3	3	2	4
Y	2	6	2	3	3	2	2	6	2	3	3	2	2	6	2
Z	4	2	2	1	1	2	4	2	2	1	1	2	4	2	2

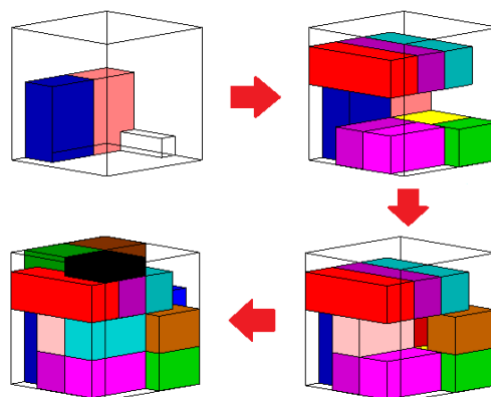
ตารางที่ 4 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีวิฤติกร่วมกับการจัดเรียงแบบการจัดวางแบบจุดมุมและการจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน

Method	V	Order of placing										Time
GA-AOT	300	15.	17.	22.	19.	5.	8.	1.	18.	9.	7.	643.471
		30.	26.	12.	4.	29.	24.	27.	25.	23.	28.	
		20.	21.	14.	6.	3.	11.	10.	2.	13.	16.	
GA-CPP	292	8.	10.	8.	26.	24.	23.	17.	15.	7.	6.	65.536
		5.	30.	29.	27.	21.	20.	13.	18.	4.	9.	
		3.	11.	12.	2.	22.	1.	19.	16.	14.	25.	

หมายเหตุ : สีแดง คือ กล่องที่สามารถบรรจุลงไปได้



รูปที่ 5 แสดงลำดับการจัดวางแบบ GA-AOT ของปัญหาที่ 2



รูปที่ 6 แสดงลำดับการจัดวางแบบ GA-CPP ของปัญหาที่ 2

การอภิปรายผล

จากงานวิจัยนี้เราได้ศึกษาและนำเสนอรูปแบบการบรรจุกล่องอาหารลงในตู้คอนเทนเนอร์ โดยได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์แบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm: GA) โดยวิธีดังกล่าวได้นำแนวคิดมาจาก Shopova and Vaklieva-Bancheva (2006) โดยนำมาประยุกต์ใช้ต่อในเรื่องของการบรรจุกล่องอาหาร ผู้นำเสนอได้นำเสนอปัญหาการบรรจุกล่องบรรจุภัณฑ์อาหารลงในตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในสภาวะปัจจุบันเพื่อลดเวลาขนส่ง เพิ่มกำไร และลดอัตราการการเน่าเสียของอาหาร

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบการจัดวางกล่องสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ 2 วิธี คือ การจัดวางแบบทดสอบจุดตัดตามลำดับแกน (Axis order test: AOT) และ การจัดวางแบบจุดมุม (Corner point placing: CPP) ร่วมกับวิธีการสุ่มหาผลเฉลยโดยวิธีฮิวริสติกส์ แบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สำหรับการหาค่าผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้หลักการทางทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติและการคัดเลือกตามธรรมชาติ ในการปรับปรุงเพื่อให้ได้โครโมโซม (คำตอบ) ที่เหมาะสมนั้น จะเริ่มจากการสุ่มตัวอย่างและนำมาเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสับเปลี่ยนยีน การกลายพันธุ์ (Mutation) หรือการไขว้เปลี่ยน (Cross over) ของโครโมโซม จนเกิดประชากรรุ่นใหม่ การเกิดวิวัฒนาการนี้จะทำไปเรื่อย ๆ จนพบคำตอบที่เหมาะสมตรงกับความต้องการ และเมื่อนำวิธีการจัดวางและวิธีการสุ่มหาผลเฉลยโดยวิธีฮิวริสติกส์แบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มาใช้รวมกันแล้ว จึงได้วิธีการจัดเรียงแบบ GA-AOT และ GA-CPP ออกมาเพื่อใช้แก้ปัญหา สำหรับตัวอย่างในการคำนวณหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยได้นำเสนอปัญหาการบรรจุ 2 ตัวอย่างด้วยกันก็คือ ปัญหาตู้คอนเทนเนอร์ที่มีขนาด $7*7*7$ ลูกบาศก์เมตร บรรจุกล่องสินค้าที่มีขนาดแตกต่างกัน 30 กล่อง และปัญหาตู้คอนเทนเนอร์ที่มีขนาด $7*7*7$ ลูกบาศก์เมตร แต่บรรจุกล่องสินค้ามีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด จากผลการทดลองทั้งสองปัญหา พบว่าวิธีการจัดเรียงแบบ CPP มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลสั้นที่สุด สาเหตุที่เป็นแบบนี้เนื่องจากว่าการจัดเรียงแบบ AOT จะทำการตรวจสอบทุกจุดที่เป็นไปได้ในการวางกล่องบรรจุภัณฑ์อาหาร แต่วิธีแบบ CPP จะเป็นการนำเฉพาะจุดที่เกิดจากการวาง 3 จุดมาตรวจสอบ ไม่ได้ตรวจสอบทุกจุดเหมือน AOT จึงทำให้ใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า

บทสรุป

จากผลงานวิจัย พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดวางแบบ GA-AOT และ GA-CPP ให้ผลเฉลยที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในด้านของเวลาที่ใช้ในการประมวลผล การนำวิธีการจัดวางแบบ GA-AOT สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่ไม่มี ความเร่งด่วนทางด้านเวลาและใช้ในการประมวลผลที่มีแม่นยำระดับสูง ส่วนวิธีการจัดวางแบบ GA-CPP สามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการผลที่รวดเร็วและใช้ในการประมวลผลที่มีแม่นยำระดับปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ และมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน

เอกสารอ้างอิง

- ธนาภา ควรผดุงศักดิ์ และสรวิชัย เยาวสุวรรณไชย. (2561). การพัฒนาฮิวริสติกส์เพื่อจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสำหรับช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติ ณ เวลาที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไป. วิศวกรรมสาร มก. 30(99): 1-16.
- อภิสิทธิ์ อริยนนทวิทย์. (2552). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บและขนส่งสินค้าด้วยการพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์มาตรฐาน
กรณีศึกษา: บริษัท AAA ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- De A.A. and Figueiredo M.B. (2010). A particular approach for the three-dimensional packing problem with additional constraints. Computers & Operations Research. 37(11): 1968-1976.
- Hsueh C.F., Chen H.K. and Chou H.W. (2008). Dynamic vehicle routing for relief logistics in natural disasters. Vehicle Routing Problem, 71-85.
- John M. (2004). Genetic algorithms for modelling and optimisation. Computational and Applied Mathematics. 184(1): 205-222.
- Shopova E.G. and Vaklieva-Bancheva N.G. (2006). BASIC—A genetic algorithm for engineering problems solution. Computers & chemical engineering . 3(8): 1293-1309.
- Vitsanusat A. and Phachirarat S. (2015). Measurement of radon in drinking water at Amphur Meaung, Khonkhaen Province with Ionization chamber. RMUTI Journal Science and Technology. 8(2): 12-20.

Received: September 8, 2020; Revised: October 3, 2020; Accepted: November 13, 2020

อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศพันธุ์ต่าง ๆ

Influence of chicken manure on growth and root yield of different sweet potato varieties

รัตนจิรา รัตนประเสริฐ¹ ยุพา บุตรดาพงษ์¹ รัชณี พุทธา² และรัตติกาล เสนน้อย^{3*}
Ruttanachira Ruttanaprasert¹, Yupa Butdaphong¹, Ratchanee Puttha²
and Rattikarn Sennoi^{3*}

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

²คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

³คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี

*Corresponding Author E-mail Address : rattikarn@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศ ทำการศึกษา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ เดือนกันยายน 2559 - กุมภาพันธ์ 2560 โดยกำหนดให้ปัจจัยหลักคืออัตราปุ๋ยมูลไก่ 3 อัตราคือ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1 และ 2 ตัน/ไร่ และปัจจัยรองคือพันธุ์มันเทศ 3 พันธุ์คือ พันธุ์ T101 พจ. 65-16 และ SR1601 ผลการศึกษาพบว่า อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่มีผลทำให้ความยาวเถาของมันเทศทั้ง 3 พันธุ์เพิ่มสูงขึ้น (อายุ 30 และ 90 วันหลังปลูก) และพบว่าผลของอัตราปุ๋ยมูลไก่มีผลทำให้จำนวนหัว/ต้น และน้ำหนักหัวสดสูงขึ้นทั้ง 3 พันธุ์ โดยพันธุ์ T101 ที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2 ตัน/ไร่ ได้รับผลผลิตหัวสดสูงสุด 2,346.7 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพันธุ์ SR1601 พจ. 65-16 และ T101 ให้ผลผลิตหัวสดเมื่อได้รับปุ๋ย 1 ตัน/ไร่ คือ 1,502.0 และ 2,195.3 และ 2,302.0 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ อีกทั้งพบเฉพาะปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อลักษณะจำนวนหัว/ต้น จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าการปลูกมันเทศพันธุ์ T101 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตัน/ไร่ เป็นวิธีที่เหมาะสมและคุ้มค่าในการผลิตมันเทศในพื้นที่ดังกล่าว

คำสำคัญ: ปุ๋ยมูลสัตว์ พืชทนแล้ง พืชเพื่อสุขภาพ

Abstract

The objective of this study was to investigate the influence of chicken manure and varieties on growth and root yield of sweet potato. The study was carried out at Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus and arranged in split plot in randomized complete block design (RCBD) with three replications during September 2016 to February 2017. The main plot was three rates of chicken manure (0, 2 and 3 ton/rai) and the sub-plot was three sweet potato varieties (T101, PJ 65-16 and SR1601). The chicken manure increased the length of stem (30 and 90 days after planting), number of storage root per plant and fresh storage root weight of three sweet potato varieties. The application of 2 ton/rai of chicken manure, the T101 variety produced the highest tuber fresh weight (2,346.7 kg/rai). The application of 1 ton/rai of chicken manure, SR1601, PJ 65-16 and T101 produced the storage root fresh weight as 1,502.0, 2,195.3 and 2,302.0 kg/rai, respectively. The interaction between chicken manure and sweet potato variety was found only in number of storage root per plant. Based on the results of this study, the use of T101 variety with a ton chicken manure is therefore recommended for efficient performance of sweet potato in this location.

Keywords: Animal manure, Drought tolerance crop, Healthy crop

บทนำ

ปัจจุบันคนไทยเริ่มประสบปัญหาสุขภาพ โดยเฉพาะกลุ่มโรค NCDs (Non-communicable diseases) เป็นโรคที่เกิดจากนิสัยหรือพฤติกรรม การดำเนินชีวิต การกิน การนอน การพักผ่อน การออกกำลังกาย และการทำงานต่าง ๆ ดังนั้นโรคในกลุ่มนี้จึงได้แก่โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคไตเรื้อรัง โรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการหันมาบริโภคอาหารที่มีประโยชน์และดีต่อสุขภาพ หัวมันเทศเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ มีสารอาหารที่สำคัญหลากหลายชนิด ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต แครอทินอยด์ โพแทสเซียม เหล็ก แคลเซียม ฟีนอลิก (Antonio et al., 2011) และแอนโทไซยานิน (Montilla et al., 2011) เป็นต้น นอกจากส่วนของหัวที่มีประโยชน์ในแง่ของอาหารแล้ว ส่วนของใบมันเทศยังถูกนำไปเป็นพืชอาหารสัตว์ (Aregheore, 2003) เนื่องจากมีเส้นใยและสารอาหารสูง จากคุณสมบัติดังกล่าวและกระแสดังกล่าวความต้องการพืชเพื่อสุขภาพ พืชชนิดนี้จึงน่าจะเป็นพืชอาหารเพื่อสุขภาพที่น่าส่งเสริมและผลักดันให้ผลิตเพื่อเป็นอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับมนุษย์ในปัจจุบัน

มันเทศได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้นโดยราคาของมันเทศยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดีคือ ราคาน้ำหนักหัวสด 15-20 บาท/กิโลกรัม ดังนั้นจึงทำให้เกษตรกรมีการขยายพื้นที่เพื่อเพาะปลูกมันเทศเป็นการค้าเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลผลิตหัวสดของมันเทศยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากคือให้ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 1.5-2.0 ตัน/ไร่ (มาลินี และคณะ, 2542) สาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งคือการขาดการจัดการให้ปุ๋ยแก่มันเทศที่เหมาะสม ซึ่งนอกเหนือจากการให้ปุ๋ยเคมีแล้วกรมวิชาการเกษตรยังได้ส่งเสริมให้เกษตรกรใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตมันเทศให้สูงขึ้น และลดการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แกดิน วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือปุ๋ยมูลไก่ สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น จากการศึกษาในพืชหัวบางชนิด เช่น แก่นตะวันที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่และขี้เถ้าแกลบอัตรา 1:1 มีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงผลผลิตหัวสดสูงสุดคือ 905 กรัม/ต้น (จิรัชมพร และคณะ, 2557) มีผลการทดสอบในผักคาวตอง รายงานว่าผักคาวตองที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่มีน้ำหนักแห้งต้น ใบ และราก มากกว่าผักคาวตองที่ได้รับปุ๋ย

มูลโค (สมมาตร และคณะ, 2557) นอกจากนี้ สมยศ และโสมนันท์ (2558) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 5 ตัน/ไร่ มีผลทำให้หญ้าปากกิ้งมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุด แต่ยังไม่พบการศึกษาผลของปุ๋ยมูลไก่ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในมันเทศ นอกจากนี้พันธุ์มันเทศที่นิยมปลูกกันอยู่ในปัจจุบันมีหลากหลายพันธุ์ ซึ่งยังขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองของพันธุ์มันเทศต่อปุ๋ยมูลไก่

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราของปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศ ซึ่งผลในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรผู้ปลูกมันเทศเพื่อให้ทราบอัตราปุ๋ยมูลไก่ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศแต่ละพันธุ์ และเป็นแนวทางในการลดต้นทุน และเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แกดินต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวางแผนการทดลองและการปลูก ดูแลรักษา

ทำการทดลอง ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ใช้พื้นที่ในการทดลอง แปลงปัญหาพิเศษ สาขาพืชศาสตร์ สิ่งทอ และการออกแบบ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ วางแผนการทดลองแบบ Split plot in randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักคืออัตราปุ๋ยมูลไก่ 3 อัตรา ได้แก่ 0 1 และ 2 ตัน/ไร่ ปัจจัยรองคือพันธุ์มันเทศ 3 พันธุ์ ได้แก่ T101 พจ.65-16 และ SR1601 โดยพันธุ์ T101 และ พจ.65-16 เป็นพันธุ์ปรับปรุงของกรมวิชาการเกษตร มีลักษณะหัวมีผิวสีแดงเนื้อสีส้ม และมีผิวสีแดงเนื้อสีขาว ตามลำดับ และ SR1601 ลักษณะหัวมีผิวสีแดงเนื้อสีส้ม (พันธุ์พื้นเมืองที่เก็บจากแปลงเกษตรกร)

เตรียมแปลงปลูกมันเทศ โดยทำการไถตะ แล้วตากดินทิ้งไว้ 7 วัน และไถพรวนอีก 1 ครั้ง แบ่งแปลงย่อยให้มีขนาด 2X3 ตารางเมตร จำนวน 27 แปลงย่อย ใส่ปุ๋ยมูลไก่ครั้งเดียวตามสิ่งทดลองของปัจจัยหลักพร้อมกับการเตรียมแปลงปลูก โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่ตามอัตราที่กำหนดแล้วผสมดินกับปุ๋ยมูลไก่ให้เข้ากันและให้สม่ำเสมอ

การปลูกมันเทศ เริ่มจากการเตรียมท่อนพันธุ์ทั้ง 3 พันธุ์ โดยตัดท่อนพันธุ์ ให้มีความยาวขนาด 30 เซนติเมตร นำท่อนพันธุ์มันเทศปลูก 4 แถวต่อแปลงย่อย ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ปลูกหลุมละ 1 ต้น การดูแลรักษาให้น้ำทุกวันช่วงปลูกระยะ 30 วันหลังปลูกและควบคุมวัชพืชและแมลงศัตรูพืชตลอดอายุการเจริญเติบโตของมันเทศตามความจำเป็น

ข้อมูลที่ตรวจวัด

1) ข้อมูลดิน หลังจากไถพรวนเสร็จสุ่มตัวอย่างดินจากแปลงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน โดยเก็บดินที่ตากแห้ง นำไปวิเคราะห์เนื้อดิน ประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินทราย (Sand) ดินร่วน (Silt) และดินเหนียว (Clay) ค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity; CEC)

2) ความยาวเถา โดยตรวจวัดที่อายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก สุ่มเก็บตัวอย่าง จำนวน 10 ต้น/แปลงย่อยจาก 2 แถวกลาง เว้นต้นที่อยู่หัวและท้ายแปลง

3) จำนวนหัว/ต้นของมันเทศนับจากหัวมันเทศที่ทำการเก็บเกี่ยวเรียบร้อยแล้ว โดยสุ่มนับ 16 ต้น จาก 2 แถวกลาง ยกเว้นหัวแถวและท้ายแถว

4) น้ำหนักหัวสดมันเทศต่อแปลงย่อยสุ่มเก็บจากมันเทศ 2 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อย ยกเว้นต้นที่อยู่หัวแถวและท้ายแถวซึ่งน้ำหนักหัวสดทั้งหมดและนำไปคำนวณหาน้ำหนักสด/ไร่ โดยอายุเก็บเกี่ยวหัวสดมันเทศนับตั้งแต่วันที่เริ่มปลูกจนอายุ 120 วัน หรือสังเกตจากดินที่โคนต้น ถ้าดินเริ่มแตกแสดงว่าเก็บเกี่ยวได้

5) ขนาดของหัวมันเทศสุ่มเก็บจากมันเทศ 2 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อย ยกเว้นต้นที่อยู่หัวแถวและท้ายแถว โดยการแยกขนาดของหัวมันเทศออกเป็น 3 ขนาดคือ หัวขนาดใหญ่ (ความกว้างของหัวมากกว่า 5 เซนติเมตร) หัวขนาดกลาง (ความกว้างของหัวอยู่ระหว่าง 2-5 เซนติเมตร) และหัวขนาดเล็ก (ความกว้างของหัวน้อยกว่า 2 เซนติเมตร) จำนวนขนาดละ 10 หัว/แปลงย่อย มาวัดความกว้าง และความยาว โดยเครื่องเวอร์เนียคาลิเปอร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลอง Split plot in randomized complete block design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) โดยโปรแกรม STATISTIX 8 (Statistix8, 2003)

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

โครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของดิน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน พบว่า ดินมีโครงสร้างของดินเป็นดินทรายปนดินร่วน (Loamy sand) ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคดินทราย (Sand) 84.8% ดินร่วน (Silt) 9.1% และดินเหนียว (Clay) 6.1% ค่า pH คือ 5.26 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) 0.03 เดซิซีเมน/เมตร (dS/m) อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) 0.45 ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) 0.04% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) 10.19 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (mg/kg) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) 51.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) 185.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (mg/kg) ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity; CEC) 6.60 เซนติโมล/กิโลกรัม (cmol/kg) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 โครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของดิน

Soil texture	
Sand (%)	84.8
Silt (%)	9.1
Clay (%)	6.1
Texture class	Loamy sand
Soil chemical properties	
pH	5.26
EC (dS/m)	0.03
Organic matter (%)	0.45
Total N (%)	0.04
Available P (mg/kg)	10.19
Exchangeable K (mg/kg)	51.18
Exchangeable Ca (mg/kg)	185.00
CEC (c mol/kg)	6.60

อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อความยาวเถา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของลักษณะความยาวเถาที่อายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์มันเทศทั้งสามสายพันธุ์มีความยาวเถาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกอายุ (ตารางที่ 2) ส่วนอัตราปุ๋ยมูลไก่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่อายุ 30 และ 90 วันหลังปลูก แต่ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยมูลไก่กับพันธุ์มันเทศต่อลักษณะความยาวเถาในทุกอายุ จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าพันธุ์มันเทศมีอิทธิพลสูงต่อการแสดงออกของความยาวเถาของมันเทศในทุกระยะการเจริญเติบโต

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของลักษณะความยาวเถาที่อายุ 30 60 90 วัน และอายุเก็บเกี่ยวของพันธุ์มันเทศ

Source of variance	df	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน		
		30 วัน	60 วัน	90 วัน
Replication	2	83.51	213.73	597.45
อัตราปุ๋ยมูลไก่ (RM)	2	277.66*	281.34 ^{ns}	477.01*
Error (a)	4	31.96	79.37	58.91
พันธุ์มันเทศ (V)	2	1552.67**	3117.59**	4356.62**
RM x V	4	103.22 ^{ns}	150.27 ^{ns}	324.58 ^{ns}
Error (b)	12	80.63	71.74	125.35
Total	26			
C.V.(a)		13.23	14.34	11.23
C.V.(b)		21.01	13.63	16.38

หมายเหตุ : *, **, ^{ns} มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, 99% และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์แยกอัตราปุ๋ยที่ได้รับกับมันเทศแต่ละพันธุ์ของลักษณะความยาวเถาที่อายุ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกอายุ (ตารางที่ 3) โดยที่อายุ 90 วันหลังปลูกมีความยาวเถาสูงสุด โดยมีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 37.66 - 99.33 เซนติเมตร อัตราปุ๋ยมูลไก่ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความยาวเถาของมันเทศยาวขึ้นทุกพันธุ์เมื่อเปรียบเทียบระหว่างมันเทศที่ไม่ได้รับปุ๋ยมูลไก่กับที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น เนื่องจากปุ๋ยมูลไกมีส่วนประกอบของธาตุไนโตรเจนสูงถึง 3.52% ฟอสฟอรัส 0.86% และโพแทสเซียม 1.83% (Zayed et al., 2013) โดยการใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ทำให้มันเทศมีความยาวเถาสูงสุดซึ่งอาจจะเป็นอัตราปุ๋ยมูลไก่ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมันเทศภายใต้สภาพการเพาะปลูกมันเทศในชุดดินร่อยเอ็ด

ตารางที่ 3 ความยาวเถาที่อายุ 30 60 และ 90 วันหลังปลูกของมันเทศ 3 พันธุ์ที่ได้รับปุ๋ย มูลไก่ในอัตรา 0 1 และ 2 ตัน/ไร่

พันธุ์ อัตราปุ๋ยมูลไก่	ความยาวเถาอายุ 30 วัน			ความยาวเถาอายุ 60 วัน			ความยาวเถาอายุ 90 วัน		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
SR1601	25.68b	26.84b	30.24b	39.92b	43.12c	41.52b	37.66b	46.80c	44.46b
T101	46.32a	53.76b	52.56a	69.04a	67.04b	74.40a	75.86a	73.86b	90.33a
65-16	37.65a	21.28a	50.32a	60.24a	83.60a	82.30a	66.46a	99.33a	80.40a
Means	36.55	47.29	44.37	55.73	64.58	66.07	60.00	73.33	71.73
F-Test	*	**	**	**	**	**	*	**	**

หมายเหตุ : *, **, ^{ns} มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% , 99% และไม่มีมีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อขนาดหัวของมันเทศ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของขนาดหัวของมันเทศ พบว่าปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศ ไม่มีอิทธิพลต่อขนาดหัวของมันเทศทุกขนาด (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมูลไก่มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นมากกว่าส่วนหัวซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชิมัมพร และคณะ (2557) ซึ่งรายงานว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่และซีแอดดนาเกลืออัตรา 1:1 ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของแก่นตะวัน ซึ่งหากใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่เหมาะสมและสอดคล้องกับระยะการเจริญเติบโต เช่น การใส่ปุ๋ยมูลไก่ในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบจะทำให้เป็นแหล่งอาหารและพร้อมส่งไปยังหัวหรือส่วนใต้ดินได้ในช่วงการเจริญเติบโตสุดท้าย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของลักษณะความกว้างและความยาวของหัวขนาดใหญ่ของมันเทศที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 0 1 และ 2 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 4) พบว่า อัตราปุ๋ยมูลไก่ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อขนาดของมันเทศทั้ง 3 พันธุ์ที่ศึกษา (ตารางที่ 4) และไม่พบความแตกต่างของพันธุ์มันเทศต่อลักษณะขนาดของหัวมันเทศขนาดใหญ่ยกเว้นความยาวของหัวขนาดใหญ่ของมันเทศที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 1 ตัน/ไร่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยค่าพิสัยของความกว้างของหัวมันเทศขนาดใหญ่อยู่ระหว่าง 5.33 - 7.00 เซนติเมตร ส่วนความยาวของหัวมันเทศขนาดใหญ่มีพิสัยอยู่ระหว่าง 9.80 - 13.73 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 ขนาดหัวของหัวมันเทศขนาดใหญ่ของมันเทศ 3 พันธุ์ที่ได้รับปุ๋ย มูลไก่ในอัตรา 0 1 และ 2 ตัน/ไร่

พันธุ์ อัตราปุ๋ยมูลไก่	อัตราปุ๋ย 0 ตัน/ไร่		อัตราปุ๋ย 1 ตัน/ไร่		อัตราปุ๋ย 2 ตัน/ไร่	
	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)
SR1601	5.25	13.73	5.65	10.90c	5.50	9.93
T101	7.00	10.00	5.80	12.13a	5.65	11.63
พจ. 65-16	6.50	10.97	5.33	11.47b	5.40	9.80
Means	6.25	11.57	5.59	11.50	5.51	10.45
F-Test	ns	ns	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ : *, ^{ns} มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และไม่มีมีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

อัตราปุ๋ยมูลไก่ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อขนาดของหัวมันเทศขนาดกลางทั้ง 3 พันธุ์ โดยมีค่าพิสัยความกว้างอยู่ระหว่าง 4.08 - 4.99 เซนติเมตร ขณะที่ความยาวมีพิสัยอยู่ระหว่าง 9.67 - 13.20 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ขนาดหัวของหัวมันเทศขนาดกลางของมันเทศ 3 พันธุ์ที่ได้รับปุ๋ย มูลไก่ในอัตรา 0 1 และ 2 ตัน/ไร่

พันธุ์ อัตราปุ๋ยมูลไก่	อัตราปุ๋ย 0 ตัน/ไร่		อัตราปุ๋ย 1 ตัน/ไร่		อัตราปุ๋ย 2 ตัน/ไร่	
	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)
SR1601	4.15	13.20	4.60	9.77	4.00	9.76
T101	4.08	9.67	4.33	10.40	4.35	12.96
พจ. 65-16	4.99	12.97	4.18	11.67	3.85	10.34
Means	4.41	11.94	4.37	10.61	4.07	11.02
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, *จากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบมันเทศหัวขนาดเล็ก

อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อจำนวนหัว/ต้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของลักษณะจำนวนหัว/ต้นพบว่าพันธุ์มันเทศมีอิทธิพลต่อจำนวนหัว/ต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) ไม่พบอิทธิพลของอัตราปุ๋ยมูลไก่ต่อลักษณะจำนวนหัว/ต้น แต่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยมูลไก่กับพันธุ์มันเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเห็นว่าการแสดงออกของพันธุ์ต่อลักษณะจำนวนหัว/ต้น มีความแตกต่างกันเมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของลักษณะจำนวนหัว/ต้น

Source of variance	df	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน
Replication	2	0.68
อัตราปุ๋ยมูลไก่	2	0.68 ^{ns}
Error (a)	4	0.44
พันธุ์มันเทศ	2	2.23**
อัตราปุ๋ยมูลไก่ x พันธุ์มันเทศ	4	0.54*
Error (b)	12	0.17
Total	26	
C.V.(a)		30.95
C.V.(b)		19.47

หมายเหตุ : *, **, ^{ns} มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% , 99% และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

พันธุ์มันเทศที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมูลไก่มีจำนวนหัว/ต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 และ 2 ตัน/ไร่ ส่งผลทำให้จำนวนหัว/ต้นของมันเทศแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) จำนวนหัว/ต้นมีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 1.57 - 3.33 หัว/ต้น พันธุ์ที่มีจำนวนหัวมากที่สุดคือ พันธุ์ T101 คือ 3.33 หัว/ต้น เมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตัน/ไร่

ตารางที่ 7 จำนวนหัว/ต้นของมันเทศ 3 สายพันธุ์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 0 1 และ 2 ตัน/ไร่

พันธุ์	จำนวนหัว/ต้น			
	อัตราปุ๋ยมูลไก่	อัตราปุ๋ย 0 ตัน/ไร่	อัตราปุ๋ย 1 ตัน/ไร่	อัตราปุ๋ย 2 ตัน/ไร่
SR1601		1.80	2.33ab	1.70b
T101		2.13	3.33a	2.73a
พจ. 65-16		1.67	1.57b	2.20ab
Means		1.70	2.41	2.21
F-Test		ns	*	*

หมายเหตุ : *, ns มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อน้ำหนักหัวสด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักหัวสดพบว่า อัตราปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศมีอิทธิพลต่อน้ำหนักหัวสดมันเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อลักษณะดังกล่าว (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของลักษณะน้ำหนักหัวสด (กิโลกรัม/ไร่)

Source of variance	df	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน
Replication	2	5751
อัตราปุ๋ยมูลไก่	2	866192*
Error (a)	4	77519
พันธุ์มันเทศ	2	2966771**
อัตราปุ๋ยมูลไก่ x พันธุ์มันเทศ	4	102526 ^{ns}
Error (b)	12	110671
Total	26	
C.V.(a)		16.25
C.V.(b)		19.42

หมายเหตุ : *, **, ^{ns} มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% , 99% และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่มีผลทำให้น้ำหนักหัวสดเฉลี่ยจากของมันเทศทั้งสามพันธุ์เพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 1,999.8 กิโลกรัม/ไร่ ขณะที่หัวมันเทศที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ยเพียง 1,393.8 กิโลกรัม/ไร่ และมันเทศที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่ 2 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 1756.1 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกเป็นพันธุ์พบว่า มันเทศพันธุ์ SR1601 และ พจ.65-16 ให้ผลผลิตมากที่สุดเมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตัน/ไร่ คือ 1,502.0 และ 2,195.3 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์ T101 ให้ผลผลิตมากที่สุดเมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2 ตัน/ไร่ คือ 2346.7 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 9) แต่หากพิจารณาถึงความคุ้มค่ามากกว่า พบว่า มันเทศพันธุ์ T101 เมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตสูงถึง 2,302.0 กิโลกรัม/ไร่ โดยปุ๋ยมูลไก่ 1 ตันคิดเป็นเงิน 1,000 บาท ดังนั้นหากสามารถลดต้นทุนปุ๋ยลงมาอีกเท่าตัว จะสามารถเพิ่มกำไรให้แก่เกษตรกรได้ แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 1 ตัน/ไร่ เป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันเทศที่ปลูกในสภาพการศึกษานี้มากที่สุด ซึ่งการใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่สูงเกินไป อาจไปส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นมากกว่าการสะสมอาหารของส่วนหัว

ด้านอิทธิพลของพันธุ์มันเทศมีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักหัวสดแตกต่างกันในทุกอัตราปุ๋ยมูลไก่ โดยพันธุ์ T101 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดในทุกส่วนระดับอัตราปุ๋ยมูลไก่ ผลผลิตหัวสดสูงสุด 2,346.7 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2 ตัน/ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ T101 เมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสด 2,302.0 กิโลกรัม/ไร่ การปลูกทดสอบมันเทศในประเทศไทย มีการรายงานว่ามีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่ต่างกัน อาทิ จากการศึกษาของ อำนวย และคณะ (2558) ทดสอบผลผลิตมันเทศพันธุ์ญี่ปุ่นพบว่าให้ผลผลิตประมาณ 1,036-2,167 กิโลกรัม/ไร่ ขณะที่ รัตนจิรา และคณะ (2560) ปลูกทดสอบมันเทศในช่วงฤดูแล้งในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์มันเทศพันธุ์ PROC NO.65-16 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดคือ 10,027 กิโลกรัม/ไร่ โดยพันธุ์การค้าปัจจุบันที่นิยมปลูกในภาคอีสานตอนล่างคือ T101 ให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 6,869 กิโลกรัม/ไร่ แต่สำหรับการเพาะปลูกในพื้นที่เกษตรทั่วไปให้ผลผลิตอยู่ประมาณ 3,390 กิโลกรัม/ไร่ (ณรงค์ และคณะ, 2558) ความแตกต่างของผลผลิตมีปัจจัยหลายด้าน ได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพภูมิอากาศ และพันธุ์มันเทศ เป็นต้น

ตารางที่ 9 น้ำหนักหัวสด/ตันของมันเทศ 3 สายพันธุ์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 0 1 และ 2 ตัน/ไร่

พันธุ์ อัตราปุ๋ยมูลไก่	น้ำหนักหัวสด (กิโลกรัม/ไร่)		
	อัตราปุ๋ย 0 ตัน/ไร่	อัตราปุ๋ย 1 ตัน/ไร่	อัตราปุ๋ย 2 ตัน/ไร่
SR1601	800.0c	1,502.0b	948.3b
T101	1,973.3a	2,302.0a	2,346.7a
พจ. 65-16	1,378.0b	2,195.3a	1,973.3ab
Means	1,383.8	1,999.8	1,756.1
F-Test	**	**	**

หมายเหตุ : ** มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

บทสรุป

อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่มีผลทำให้ความยาวเถาของมันเทศทั้ง 3 พันธุ์เพิ่มสูงขึ้น (อายุ 30 และ 90 วันหลังปลูก) นอกจากนี้ยังพบว่าผลของอัตราปุ๋ยมูลไก่มีผลให้จำนวนหัว/ต้น และน้ำหนักหัวสดสูงขึ้นทั้ง 3 พันธุ์ โดยพันธุ์ T101 ที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 2 ตัน/ไร่ ได้รับผลผลิตหัวสดสูงสุด 2,346.7 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพันธุ์ SR1601 และพันธุ์ พจ. 65-16 ให้ผลผลิตสูงเมื่อได้รับปุ๋ย 1 ตัน/ไร่ คือ 1,502.0 และ 2,195.3 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยมูลไก่และพันธุ์มันเทศต่อลักษณะจำนวนหัว/ต้น แต่หากพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าแล้ว พบว่า การปลูกมันเทศพันธุ์ T101 และใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 ตัน/ไร่ ให้ผลผลิตหัวสด 2,195.3 กิโลกรัม/ไร่ เป็นวิธีการที่เหมาะสมและเป็นแนวทางปฏิบัติให้แก่เกษตรกรเพื่อการผลิตมันเทศอินทรีย์ได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณแหล่งเงินทุนจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

- ทิฆัมพร สิงห์เทียน, เทวินทร์ จันทวงศ์, ภาณุวัฒน์ สีนเมือง และชมดาว ขำจริง. (2557). อิทธิพลของปุ๋ยมูลไก่และขี้แควคณาเกลือที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแก่นตะวัน ตำบลนาเวียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี. วารสารแก่นเกษตร. 42(2): 158-163.
- ณรงค์ แดงเปี่ยม, ดรฤณี สมณะ, อนุรักษ์ สุขขารมย์, ทวีป หลวงแก้ว, เสี่ยงม แหม่มจำรูญ, วราพงษ์ ภีระบรรณ และมนัสชญา สายพนัส. (2558). เปรียบเทียบพันธุ์มันเทศเพื่อการอุตสาหกรรมการผลิตแป้งและเอทานอล. รายงานการวิจัย. กรมวิชาการเกษตร พิจิตร.
- มาลินี พิทักษ์, สมศรี บุญเรือง, รังสิมันต์ สัมฤทธิ์, สมศักดิ์ สุริโย, รัตนา เสวตาสัย และนรินทร์ พูลเพิ่ม. (2542). การปลูกมันเทศ. กรมส่งเสริมการเกษตร. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด: กรุงเทพฯ.
- รัตนจิรา รัตนประเสริฐ, รัตติกาล เสนน้อย, กนกวรรณ ใจแมน, ณัฏชา แมนศรี และสุพัสชา ชัยทอง. (2560). ศักยภาพการให้ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และสหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิตของมันเทศ 5 พันธุ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. วารสารแก่นเกษตร. 45(1): 977-984.
- สมภาร อยู่สุขยิ่ง, สถาพร สมยศ, เดช ภิรัตน์มงคล และธวัชชัย อุบลเกิด. (2557). ผลของปุ๋ยมูลไก่และมูลโคอัตราต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคาวตอง (*Houttuynia cordata* Thunb.). ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 4-7 กุมภาพันธ์ 2557. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 415-422.
- สมยศ เดชภิรัตน์มงคล และโสมนันท์ ลิพันธ์. (2558). ผลของปุ๋ยมูลไก่ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหญ้าปากกิ้ง. วารสารแก่นเกษตร. 43 ฉบับพิเศษ (1): 650-655.
- อำนวย อรรถจักรรอง, ณรงค์ แดงเปี่ยม, ทิพย์ดรฤณี สิทธินาม และสุภาวดี สมภาค. (2558). การเปรียบเทียบพันธุ์มันเทศญี่ปุ่น รายงานการวิจัย. กรมวิชาการเกษตร พิจิตร.
- Antonio G.C., Takeiti C.Y., Oliveira RA de and Park K.J. (2011). Sweet potato: production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. 5 Special issue (2): 1-18.
- Aregheore E.M. (2003). Nutritive value of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) forage as goat feed: voluntary intake, growth and digestibility of mixed rations of sweet potato and batiki grass (*Ischaemum aristatum* var. *indicum*). Small Ruminant Research. 51(3): 235-241.
- Montilla E.C., Hillebrand S. and Winterhalter P. (2011). Anthocyanins in purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. 5 Special issue (2): 19-24.
- Statistix8. (2003). Statistix8: Analytical software user's manual. Tallahassee: FL.
- Zayed M.S., Hassanein M.K.K., Esa N.H. and Abdallah M.M.F. (2013). Productivity of pepper crop *Capsicum annuum* L. as affected by organic fertilizer, soil solarization and endomycorrhizae. Annals of Agricultural Sciences. 58(2): 131-137.

Received: September 9, 2020; Revised: November 3, 2020; Accepted: November 19, 2020

ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์

กำแพงแสน 42

Effect of packaging on postharvest quality of mulberry fruit

cv. Kamphaeng Saen 42

ลัดดาวัลย์ คำมะปนะนา^{1*} ศิริพร มุลาลิน¹ และสุภาวดี ตั้งธีระวัฒนะ¹Laddawan Kammaphana^{1*}, Siriporn Mulalin¹ and Supawadee Tangteerawattana¹¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address: noihort2526@gmail.com

บทคัดย่อ

ผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 มีอายุการวางจำหน่ายสั้นเพียง 1-2 วัน ภายใต้สภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และสภาพบรรยากาศปกติ เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพและระบบการเก็บรักษาผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ระหว่างเดือนมีนาคม-เมษายน 2562 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ 1 ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 บรรจุลงในถุงโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene; LDPE) กรรมวิธีที่ 3 บรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride ; PVC) และกรรมวิธีที่ 4 บรรจุในกล่องพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate; PET) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±2 จากผลการทดลองพบว่าผลหม่อนที่บรรจุในถุง LDPE สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก และยับยั้งการเกิดโรคในผลหม่อนได้ เนื่องจากภายในบรรจุภัณฑ์มีก๊าซ O₂ ต่ำ และ CO₂ สูง แต่กลับไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตทั้งปริมาณ TSS และ TA

คำสำคัญ: ผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 บรรจุภัณฑ์ คุณภาพ

Abstract

Mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42 are short shelf-life and unacceptable for customers (1-2 day) under stored at ambient condition. In order to solve the problem, the objective of this research was to study the effect of packaging on postharvest quality of mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42. The study was conducted at Postharvest Quality and Storage System Laboratory, Division of Agri-Science and Technology (Postharvest Technology), Faculty of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi during March-April 2019. The experiment was laid out in Completely Randomized Design (CRD) with four replication and four treatments consisting of 1) unpacked fruit (control) 2) packed in low density polyethylene bag (LDPE) 3) placed on foam tray and wrapped with polyvinyl chloride (PVC) and 4) packed in polyethylene terephthalate (PET) plastic box and then stored at 10 ± 2 °C, 90 ± 2 % relative humidity (RH). The results showed that fruit packed in LDPE bags retarded the changes of color, weight loss and suppressed disease incidence in mulberry fruit. Due to it had low O_2 and high CO_2 inside the package. Whereas, there was no effect on TSS and TA.

Keywords: Mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42', Packaging, Quality

บทนำ

หม่อนรับประทานผลสด (Mulberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morua alba* อยู่ในตระกูลเบอร์รี่ ผลเป็นแบบผลกลุ่ม ผลสุกมีสีม่วงดำ มีรสชาติหวานหรือหวานอมเปรี้ยวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ในหลายประเทศทั่วโลกมีการปลูกและนำผลหม่อนมาใช้ในการประกอบอาหารและเครื่องดื่มกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร มีสารแอนโทไซยานิน แคลโรทีน และวิตามินซี ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง (ลือชัย, 2555) โรคเบาหวาน โรครูมาติกโรคโลหิตจาง โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 กรดทาร์ทาริก และกรดซัคซินิก สำหรับประเทศไทยการปลูกหม่อนรับประทานผลสดยังมีอยู่น้อย เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกหม่อนเพื่อเก็บใบไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงไหมเท่านั้น ซึ่งการปลูกหม่อนรับประทานผลสดในเชิงพาณิชย์มีเพียงไม่กี่แห่ง จันทบุรี และบุรีรัมย์ ที่เป็นผู้ผลิตและแปรรูปหม่อนแบบครบวงจรรายแรกและรายใหญ่ของประเทศไทย (วิชัย, 2557) แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันเกษตรกรเริ่มหันมาปลูกหม่อนเพื่อรับประทานผลสดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผลหม่อนเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพเพิ่มมากขึ้น และหม่อนเป็นพืชที่ปลูกง่าย มีโรคและแมลงรบกวนน้อย ไม่มีการใช้สารเคมี และขายได้ราคาสูง (ลือชัย, 2555) แต่อย่างไรก็ตามปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของหม่อนรับประทานผลสด คือมีอายุการเก็บรักษาหรือวางจำหน่ายสั้นเนื่องจากผลมีลักษณะอ่อนนุ่ม บอบช้ำง่าย เชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย (วสันต์, 2545) โดยพบว่ามีอายุการวางจำหน่ายเพียง 1-2 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และสภาพบรรยากาศปกติ (อิติพันธ์, 2549)

ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยและตีพิมพ์เผยแพร่เกี่ยวกับการนำเอาเทคโนโลยีการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified atmosphere: MA) มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา และอายุการวางจำหน่ายผักและผลไม้หลายชนิด เช่น มะนาว (Ramin and Khoshbakh, 2008) สตรอเบอร์รี่ (Panda et al., 2016) ลองกอง (Vennatachalam and Meenune, 2015) และพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค (ปรารักษ์ทอง และคณะ, 2560) เป็นต้น เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถปฏิบัติได้ง่าย ราคาถูก และไม่มีการใช้สารเคมี ในสภาพดังกล่าวเป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มี O_2 ต่ำกว่าร้อยละ 21

และ CO₂ สูงกว่าร้อยละ 0.03 ซึ่งเปลี่ยนไปจากสภาพบรรยากาศปกติ โดยการนำผลผลิตบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ หรือกล่องพลาสติก ซึ่งในสภาพการบรรจุดังกล่าวสามารถลดอัตราการหายใจของผลผลิต การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแก๊สในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สามารถชักนำให้ผลผลิตภายในบรรจุภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีอัตราการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาลดลง นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Farber et al., 2003) แต่อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ควรมีคุณสมบัติในการให้แก๊สซึมผ่านได้พอเหมาะสำหรับผลผลิตใช้ในการหายใจ และไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (จริงแท้, 2541) แต่สำหรับการเก็บรักษาผลหมอนในสภาพบรรยากาศดัดแปลงยังมีการศึกษาอยู่น้อย โดยสมโภชน์ และพฤษ (2554) รายงานว่าจากการศึกษาผลของความบริสุทธิ์และวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาผลหมอนพันธุ์เสียงใหม่ โดยเก็บรักษาผลหมอนในระยะ M1-M5 แล้วบรรจุลงในถุง Polyvinyl chloride (PVC) Polypropylene (PP) และ Polyethylene (PE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 พบว่าผลหมอนในระยะ M4 สามารถเปลี่ยนเป็นสีดำภายใน 7 วัน ขณะที่ผลในระยะ M2 และ M3 เปลี่ยนเป็นสีดำภายใน 14 วัน ปริมาณ Titratable acid (TA) ของผลหมอนในระยะ M1 และ M2 สูงกว่าระยะ M3 M4 และ M5 และหลังจากเก็บรักษานาน 10 วัน ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในแต่ละสิ่งการทดลองไม่แตกต่างกัน ผลหมอนที่บรรจุใน PVC เหี่ยวเร็วกว่าผลที่บรรจุใน PP และ PE เนื่องจากการบรรจุใน PVC มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูงกว่าพลาสติก PP และ PE ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวผลหมอนพันธุ์กำแพงแสน 42 โดยเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก และเป็นบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้เพื่อการจำหน่าย ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นประโยชน์และพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลหมอนในระยะสีแดง (70 เปอร์เซ็นต์) จากศูนย์หมอนไหมราชชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ขนส่งโดยรถยนต์ปรับอากาศมายังห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพและระบบการเก็บรักษาผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ภายในเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทำความสะอาดผลหมอนโดยใช้พัดลมเป่าเพื่อกำจัดเศษสิ่งสกปรกที่ติดมาพร้อมกับการใช้มือหยิบออก ทำการคัดคุณภาพอีกครั้ง แล้วนำผลหมอนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (ชุดควบคุม) บรรจุลงในถุง LDPE ความหนา 0.042 มิลลิเมตร ขนาดถุง 5×8 นิ้ว ค่า Oxygen transmission rate (OTR) เท่ากับ 2,104 cc·m⁻²·day⁻¹ และค่า Water vapor transmission rate (WVTR) เท่ากับ 14.8 g·m⁻²·day⁻¹ ปิดผนึกถุง ด้วยเครื่อง Plastic bag machine heat sealer บรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ความหนา 0.009 มิลลิเมตร ค่า OTR เท่ากับ 10,000 cc·m⁻²·day⁻¹ และค่า WVTR เท่ากับ 34.8 g·m⁻²·day⁻¹ ปิดผนึกแบบยืดรัดรูปโดยใช้มือดึงและกดแน่น และบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET ความหนา 0.160 มิลลิเมตร ขนาด 7×8.5×3 เซนติเมตร ค่า OTR เท่ากับ 120 cc·m⁻²·day⁻¹ และค่า WVTR เท่ากับ 18.13 g·m⁻²·day⁻¹ ปิดผนึกฝากล่องด้วยเทปใสโดยรอบ โดยแต่ละกรรมวิธีมีจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ซ้ำละ 200 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บรักษา ร้อยละ 90±2 ทำการบันทึกผลการทดลองทุก ๆ 2 วัน จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา ทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงสี

ทำการวัดสีของผลหม่อน โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta model DP-301 โดยให้หัววัดแนบสัมผัสกับผลหม่อนมากที่สุดและรายงานผลเป็นค่า Hunter scale ซึ่งประกอบด้วยค่าต่าง ๆ ดังนี้

ค่า L เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L สูง หมายถึง มีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีค่าความสว่างน้อยหรือคล้ำลง

ค่า a เป็นค่าที่รายงานถึงค่าสี (สีเขียว – สีแดง) ค่าลบ (-) แสดงสีเขียว และค่าบวก (+) แสดงสีแดง

ค่า b เป็นค่าที่รายงานถึงค่าสี (สีน้ำเงิน – สีเหลือง) ค่าลบ (-) แสดงสีน้ำเงิน และค่าบวก (+) แสดงสีเหลือง

ค่า ΔE value เป็นค่าที่รายงานถึง ค่าความแตกต่างของสีของผลิตผลที่เปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกทำการเก็บรักษา คำนวณโดยใช้สูตร $\sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$ โดย L_0 เป็นค่า L ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา; a_0 เป็นค่า a ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา; b_0 เป็นค่า b ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา หากค่า ΔE value สูง แสดงว่า สีของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษามาก แต่หากค่า ΔE value ต่ำ แสดงว่า สีของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษาน้อย

สูญเสียน้ำหนัก

ทำการชั่งน้ำหนักผลหม่อนในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา จากนั้นทำการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแก้วมังกรโดยชั่งน้ำหนักของแก้วมังกรทุก ๆ 2 วัน และนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนักสด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS)

นำผลหม่อนมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วคั้นเอาน้ำโดยใช้ผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำคั้นที่ได้ไปวัดหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Hand refractometer รายงานผลเป็นค่า °Brix

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity; TA)

การหาปริมาณ TA ของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ดัดแปลงเล็กน้อยตามวิธีการของ AOAC (1990) โดยนำค่าปริมาณสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรทกรด มาคำนวณตามสมการ

$$\%TA = \frac{(N \text{ NaOH}) \times (mL \text{ NaOH}) \times 0.064 \times 100}{\text{ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง}}$$

N NaOH = ความเข้มข้นของปริมาณสารละลาย NaOH ที่ใช้ไตเตรท (นอร์มอล)

mL NaOH = ปริมาตรของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)

ปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์

การวัดปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง CheckMate3 O_2/CO_2 Headspace Analyser (Dansensor, Denmark)

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

การเกิดโรคของผลหม่อนประเมินด้วยสายตา โดยนับจากจำนวนผลหม่อนทั้งหมดที่เกิดโรค โดยผลหม่อนที่เกิดโรคจะมีเส้นใยของเชื้อราขึ้นปกคลุมผลหรือผลเน่าและมากกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ผิวผลทั้งหมด จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค} = \frac{\text{จำนวนผลหม่อนที่เกิดโรค} \times 100}{\text{จำนวนผลหม่อนทั้งหมด}}$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติใช้โปรแกรม SAS 9.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

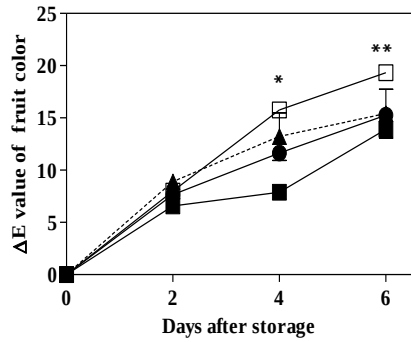
ผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงสีของผลหม่อน

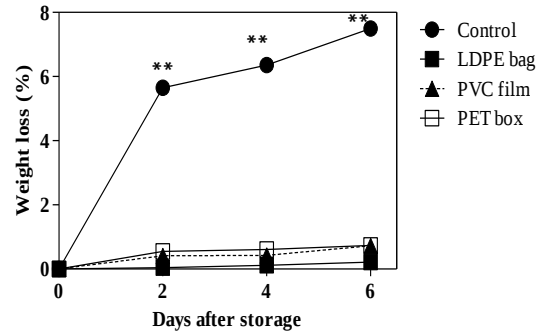
เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ผลหม่อนมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงเป็นสีม่วง ดำเพิ่มมากขึ้น โดยในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงสีไม่แตกต่างกัน แต่หลังจากนั้นผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผลหม่อนได้ดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 1ก)

การสูญเสียน้ำหนัก

ผลหม่อนในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ โดยเฉพาะในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 1ข) ในขณะที่การบรรจุผลหม่อนในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลได้ โดยการบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการบรรจุในภาชนะโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และบรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET



(ก) การเปลี่ยนแปลงสี



(ข) การสูญเสียน้ำหนักสด

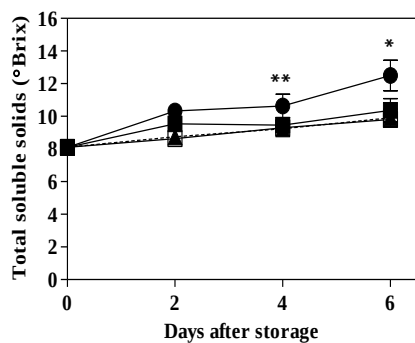
รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสี (ก) และการสูญเสียน้ำหนักสด (ข) ของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids ; TSS)

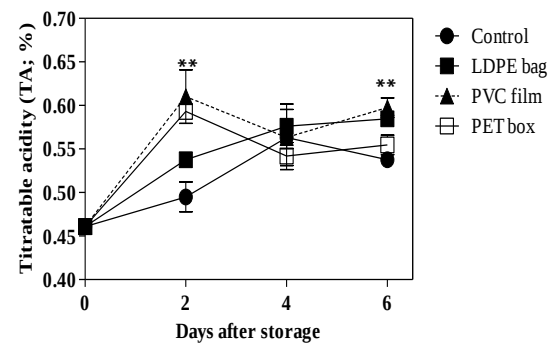
การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS ของผลหม่อนในทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยและมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 2ก)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity ; TA)

ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา ผลหม่อนในทุกกรรมวิธีมีปริมาณ TA เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลหม่อนที่บรรจุในภาตโพนแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีแนวโน้มมีปริมาณ TA มากที่สุด (0.61 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET ขณะที่ชุดควบคุมมี TA น้อยที่สุด (0.49 เปอร์เซ็นต์) (รูปที่ 2ข)



(ก) TSS



(ข) TA

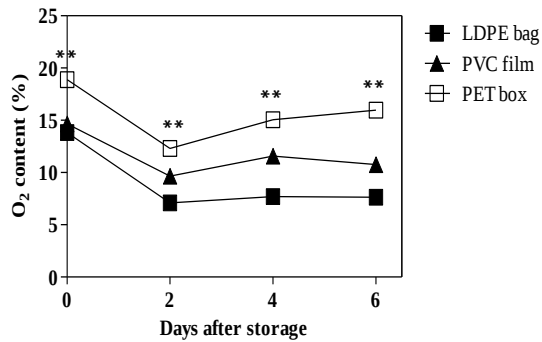
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS (ก) และ TA (ข) ของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

ปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์

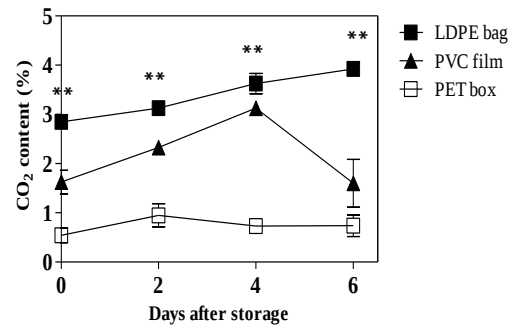
ในวันแรกของการเก็บรักษา ปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน โดยบรรจุภัณฑ์ LDPE PVC และ PET มีปริมาณก๊าซ O_2 เท่ากับ ร้อยละ 18.87 14.65 และ 13.82 ตามลำดับ จากนั้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ปริมาณ

ก๊าซ O_2 ในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดลดลง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุภัณฑ์ PET มีปริมาณก๊าซ O_2 มากที่สุด และบรรจุภัณฑ์ LDPE มีปริมาณก๊าซ O_2 น้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 3 ก)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยบรรจุภัณฑ์ LDPE มีปริมาณก๊าซ CO_2 มากที่สุด รองลงมาคือ บรรจุภัณฑ์ PVC และบรรจุภัณฑ์ PET มีปริมาณก๊าซ CO_2 น้อยที่สุด (รูปที่ 3 ข)



(ก) ปริมาณก๊าซ O_2

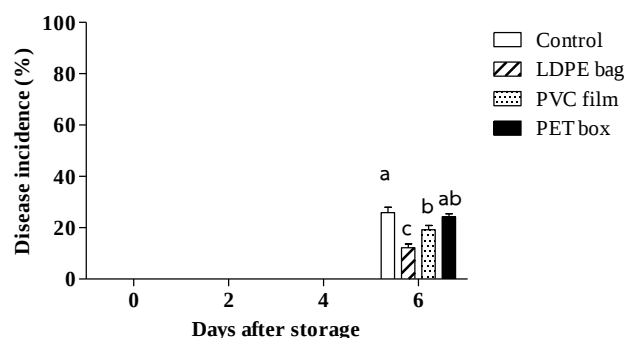


(ข) ปริมาณก๊าซ CO_2

รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซ O_2 (ก) และปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ที่บรรจุผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา ผลหม่อนในทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรค แต่พบการเกิดโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลทำให้ผลหม่อนหมดอายุการเก็บรักษา โดยพบว่าผลหม่อนในชุดควบคุมพบการเกิดโรคมามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25.90 รองลงมา คือผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET พบการเกิดโรคคิดเป็นร้อยละ 24.18 ขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE ทำให้ผลหม่อนเกิดโรคน้อยที่สุด (ร้อยละ 12.20) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

การอภิปรายผล

ผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ในขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผลหม่อนได้ดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ PET มีค่า OTR ต่ำ ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณ O_2 มาก นอกจากนี้ยังค่า WVTR ($18.2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) สูงกว่าบรรจุภัณฑ์ LDPE ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยา และมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น สอดคล้องกับรายงานของสมโภชน์ และพฤกษ์ (2554) รายงานว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการหายใจส่งเสริมให้มีการสร้างสารสี และการสูญเสียน้ำทำให้สารสีเข้มข้นขึ้น

ผลหม่อนในชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการบรรจุผลหม่อนในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งการบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE สามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการบรรจุในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และบรรจุในกล่องพลาสติก PET ทั้งนี้เนื่องจากภายในถุง LDPE มีปริมาณก๊าซ O_2 ต่ำ และ CO_2 สูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอัตราการหายใจลดลง ส่งผลให้ผลหม่อนมีการสูญเสียน้ำน้อย นอกจากนี้ถุง LDPE มีค่า WVTR ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์ยังคงมีความชื้นสะสมอยู่ ดังนั้นผลหม่อนจึงมีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อย ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ PVC และ PET มีปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์สูง และมีปริมาณ CO_2 ต่ำกว่า และมีค่า WVTR มากกว่า สอดคล้องกับรายงานของสมโภชน์ และพฤกษ์ (2560) ว่าการบรรจุผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ใน PVC มีค่า WVTR สูงกว่าพลาสติก PP และ PE จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เหี่ยว และการบรรจุใน Clam shell สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ระยะหนึ่งเท่านั้นหลังจากนั้นผลหม่อนก็จะเหี่ยว

โดยทั่วไปในระหว่างการสุกของผลไม้ ปริมาณกรดจะลดลงเนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ และปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดซึ่งมีคุณภาพเหมาะแก่การรับประทาน หลังจากนั้นความหวานจะลดลง เนื่องจากน้ำตาลถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ (Ulrich, 1970) จากผลการทดลองพบว่าผลหม่อนในชุดควบคุมมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นมากกว่าผลหม่อนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ และมีปริมาณ TA น้อยที่สุด เนื่องมาจากในสภาพบรรยากาศปกติมีปริมาณก๊าซ O_2 สูง และ CO_2 ต่ำกว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง จึงทำให้ผลหม่อนในชุดควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีเกิดขึ้นเร็วกว่าผลหม่อนที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์

ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการซึมผ่านของ O_2 ของบรรจุภัณฑ์ (OTR) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณก๊าซ O_2 ภายในบรรจุภัณฑ์ PET สูงกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ เนื่องจากมีค่า OTR เท่ากับ $120 \text{ cc}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ ซึ่งต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ (ค่า OTR ของ LDPE และ PVC คือ 2,104 และ $10,000 \text{ cc}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ ตามลำดับ) จึงป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ทำให้ภายในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณ O_2 สะสมอยู่มาก ซึ่งในวันแรกของการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ PET มีปริมาณ O_2 เฉลี่ยในบรรจุภัณฑ์มีค่าเท่ากับร้อยละ 18.8 จากนั้นลดลงเหลือ ร้อยละ 15.0 หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน เพราะ O_2 ถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจเผาผลาญอาหารสะสมให้เป็น CO_2 น้ำ และพลังงาน (จริงแท้, 2541) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นในบรรจุภัณฑ์ PET จากเริ่มต้นร้อยละ 0.5 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.7 หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ขณะที่บรรจุภัณฑ์ LDPE มีปริมาณ O_2 ต่ำกว่า และ CO_2 สูงกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ

ผลหม่อนในทุกกรรมวิธีพบการเกิดโรคในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ซึ่งส่งผลทำให้ผลหม่อนมีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน โดยพบว่าผลหม่อนในชุดควบคุมพบการเกิดโรคมามากที่สุด รองลงมาคือผลหม่อนที่บรรจุในกล่องพลาสติกชนิด PET ขณะที่การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE ทำให้ผลหม่อนเกิดโรคน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากการบรรจุในถุง LDPE มีปริมาณก๊าซ CO_2 สูง และ O_2 ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ สามารถชะลอการเสื่อมสภาพ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ Kader (2002) รายงานว่าการบรรจุผลผลิตในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

สามารถลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน ชะลอการเสื่อมสภาพ และชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ ปรากฏทอง และคณะ (2560) รายงานว่าจากการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยบรรจุพริกหวานในถาดพลาสติกดำแล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC ถุง PE ถุง PP และถุง OPP พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ในพริกหวานที่บรรจุในถุง OPP มีปริมาณต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากถุง OPP มีปริมาณ O_2 ต่ำ CO_2 สูง ซึ่งสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

บทสรุป

การบรรจุผลหม่อนในถุง LDPE ที่ภายในมีปริมาณก๊าซ CO_2 สูง และ O_2 ต่ำ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก และยับยั้งการเกิดโรคในผลหม่อนได้ดีกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ และชุดควบคุม (ไม่บรรจุในบรรจุภัณฑ์)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีงบประมาณ 2562 และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ และห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพและระบบการเก็บรักษาผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่ และเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. (2541). สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- ธิตินันท์ จันทิมพ์. (2549). การเก็บรักษาหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ (*Morus alba* var. Chiang Mai). การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ลือชัย บุตรคุป. (2555). วิจัยพบ “ลูกหม่อน” ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง. สารวิจัยเพื่อชุมชน. 1(3): 41-47.
- วิชัย อุตสาหกิจ. (2557). ไร่นาน้อยจุล องค์กรแสนสุขเรียบง่ายและยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ส. เจริญ การพิมพ์ จำกัด: นครปฐม.
- วสันต์ นุ้ยภิรมย์. (2545). หม่อนรับประทานผลและแปรรูป. สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร : กรุงเทพฯ.
- สมโภชน์ โกมลณี และพฤษัช ชูสังข์. (2554). ผลของความบริสุทธิ์และวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลหม่อน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42(1): 623-626.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis (16 ed.). Washington, DC, USA: Association Official Analytical Chemists.
- Farber J.N., Harris L.J., Parish M.E., Beuchat L.R., Suslow T.V., Gorney J.R., Garrett E.H. and Busta F.F. (2003). Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh-cut produce. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2: 142-160.

- Kader A.A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops. 3th edition. The Regents of University of California Division of Agriculture and Nature Resources Publication.
- Panda A.K., Goyal R.K., Godara A.K. and Sharma V.K. (2016). Effect of packaging materials on the shelf-life of strawberry cv. Sweet Charlie under room temperature storage. *Journal of Applied and Natural Science*. 8(3): 1290-1294.
- Ramin A.A. and Khoshbakhat D. (2008). Effects of Microperforated polyethylene bags and temperatures on the storage quality of acid lime fruits. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 3(4): 590-594.
- Saini R.S., Sharma K.D., Kaushik R.A. and Dhankhar O.P. (2006). Laboratory manual analytical techniques in horticulture. IST Edition, Agrobios (India).
- Venkatachalam K. and Meenune M. (2015). Effect of packaging on postharvest quality changes of longkong. *Walailak Journal of Science and Technology*. 12(3): 229-236.
- Ulrich K. (1970). Organic acid, pp.89-118. *In* Hulme A.C. (ed.). *The Biochemistry of fruit and their product*. Academic Press, London.

Received: September 11, 2020; Revised: October 30, 2020; Accepted: November 16, 2020

การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ Design and fabrication of automatic corn sowing machine

ปรมัตต์ จันทรโคตร^{1*}, ปัญญาสัมปทา จันทวิสา¹ และณัฐพงษ์ หมุนดี¹

Paramust Juntarakod^{1*}, Punyasumpata Chantawisa¹ and Natthapong Moondee¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

*Corresponding Author E-mail Address: paramust_kmitnb@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) ในการควบคุมการทำงาน ตัวเครื่องประกอบด้วยถังบรรจุดิน 2 ถัง และชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสำหรับถาดปลูกขนาด 25x54x5 ซม. จำนวน 50 หลุม การทำงานเริ่มจาก สายพานลำเลียงจะเลื่อนถาดปลูกให้ผ่านด้านล่างถังใส่ดินตัวที่ 1 ที่ไซมอเตอร์ช่วยเขย่าจะปล่อยดินปริมาณ 30 - 40 กรัม สำหรับดินชั้นแรกลงในถาด จากนั้นถาดจะเลื่อนไปยังชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดซึ่งจะหยอดเมล็ดประมาณ 3 - 4 เมล็ด ลงในแต่ละหลุม หลังจากนั้นถาดปลูกจะเลื่อนผ่านด้านล่างของถังตัวที่ 2 ซึ่งจะปล่อยดินปริมาณ 30 - 40 กรัม เพื่อกลบหน้าเมล็ดพันธุ์ และจบการทำงาน การทดสอบพบว่า การทำงานต่อเนื่องอัตโนมัติ จำนวน 10 ครั้ง สรุปผลได้ว่าประสิทธิภาพ 94.87% ใช้งานได้ปกติ และ มีกำลังการผลิตเฉลี่ย 1 ถาด/นาที่ การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานมนุษย์ จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1,200 ถาด มีระยะเวลาคืนทุนคือ 2 เดือน และสามารถใช้งานหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานได้ถึง 2 เท่า

คำสำคัญ: ข้าวโพด เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ถาดปลูก

Abstract

The objective of this research is for design and fabrication an automatic corn-seed-dropping machine controlled by a programmable logic controller. The machine consists of 2 soil tanks and a corn-seed-dropping unit for 50 pits of a 25x54x5 centimeters planting tray. The machine's operation begins with that the conveyor moves the first planting tray to the underneath of the first soil tank. This soil tank is vibrated by a motor to release approximately 30 - 40 grams of soil into the tray as the first layer soil. Then the tray moves to a corn-seed dropping unit which drops 3 - 4 corn seeds into each pit. After that, the tray moves

to the underneath of the second soil tray which release 30 - 40 grams of soil for cover the seeds and completes the operation. According to the test of 10 rounds of continuously automatic operation, the efficiency is 94.87 percentages, and the operation runs smoothly. The average productivity is 1 tray per minute. From the engineering economic evaluation compared with human labor, the break event point is at 1,200 trays. Payback period is 2 months. The operation of the machine is 2 times faster than that of labor.

Keywords: Corn, Sowing machine, Programmable logic control, Seedling tray

บทนำ

การเพาะปลูกพืชด้วยเมล็ดพันธุ์ เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่ว และพืชไร่ในอดีต นิยมใช้วิธีการหว่านเมล็ดพันธุ์ลงบนแปลงเพาะปลูกโดยตรง ซึ่งมีข้อเสียคือความไม่สม่ำเสมอของต้นกล้าที่งอก การแย่งอาหารของรากพืชแต่ละต้นที่อยู่ติดกันเกินไป รวมถึงปัญหาเรื่องการจัดการศัตรูพืชและวัชพืช และอัตราการงอกของต้นกล้าต่ำ ทำให้ต้นกล้าไม่แข็งแรง มีผลผลิตต่ำเมื่อถึงช่วงอายุเก็บเกี่ยวผลผลิต ปัจจุบันมีการแก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยการเปลี่ยนวิธีการเพาะปลูกมาเป็นแบบวิธีการเพาะเมล็ดบนถาดเพาะกล้า ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายประการ เช่น ประหยัดเมล็ดพันธุ์ในการเพาะปลูก ง่ายต่อการจัดการในการเคลื่อนย้าย ลดปัญหาการจัดการศัตรูพืชและวัชพืช และเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากต้นกล้าอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เกษตรกรจึงเลือกใช้วิธีการเพาะปลูกโดยใช้ถาดเพาะกล้าเข้ามาช่วยในการเพาะปลูกมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น หากมีการออกแบบสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ลงในถาดเพาะได้เอง โดยใช้เทคโนโลยีภายในประเทศก็จะทำให้กลุ่มเกษตรกรสมัยใหม่ในรูปสหกรณ์ สามารถเพาะต้นกล้าได้รวดเร็ว ทดแทนการใช้แรงงาน ลดต้นทุน มีความทันสมัย และยังสามารถพัฒนาเป็นธุรกิจได้ต่อไป แต่ปัจจุบัน พบว่า เกษตรกรยังใช้วิธีการหยอดเมล็ดพันธุ์ลงบนถาดเพาะกล้าด้วยแรงงานคน ซึ่งมีข้อบกพร่องในการทำงานคือความล่าช้าในการทำงาน การหยอดเมล็ดพันธุ์แต่ละหลุมมากเกินไปส่งผลให้สิ้นเปลืองเมล็ดพันธุ์พืชอย่างมาก และการขาดแคลนแรงงาน ส่งผลให้ต้นทุนของต้นกล้าที่ใช้แรงงานคนปลูกมีมากกว่าแบบใช้เครื่องจักร (Dzung, 2012)

การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพืชลงถาดเพาะของ ศรีนรินทร์ และคณะ (2553) โดยใช้ถาดที่มีหลุมเพาะกล้าขนาด 105 หลุม โดยมีการออกแบบส่วนของการเลื่อนถาดเพาะกล้าร่วมกับการกดเมล็ดพืชลงหลุม หลักการทำงานของเครื่องจะแบ่งออกเป็น ส่วนที่ 1 ชุดส่งกำลัง ซึ่งจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้าต่อเข้ากับชุดเกียร์ทดรอบเพื่อขับโซ่ลำเลียง ส่วนที่ 2 ชุด บรรจุน้ำ จะบรรจุน้ำลงในถาดเพาะ ผลการทดสอบการใช้งานของเครื่อง พบว่า มีความสามารถทำงานเป็น 138 ถาดต่อชม. คิดเป็น อัตรา 14,490 หลุมต่อชม. มีร้อยละของการสูญเสียของเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 12.48 เมื่อเปรียบเทียบกับกรหยอดโดยใช้แรงงานคน เมื่อหยอดเมล็ดพืชลงถาดเพาะกล้า

การศึกษาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าโดยใช้วงจรนิวแมติกส์ของ อีรพงศ์ และคณะ (2556) ซึ่งควบคุมด้วย โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) เครื่องหยอดเมล็ดนี้มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ 1. โครงสร้างของเครื่อง 2. ส่วนควบคุมด้วย PLC 3. ส่วนการทำงานของเครื่องหยอดเมล็ดด้วยระบบนิวแมติกส์ ผลการทดลองเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์มีประสิทธิภาพเท่ากับ 91.98 % หยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้าได้ 94.7 ถาดต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน 3.46 เท่า

เกรียงไกร และเกียรติศักดิ์ (2557) ได้พัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักคั้นในถาดเพาะกล้าสำหรับเกษตรกรสมัยใหม่เพื่อปลูกผักคั้นในระบบโรงเรือนโดยเฉพาะและทดแทนการใช้แรงงานคน เครื่องต้นแบบแบ่งออกเป็น ส่วนที่ 1 ชุดส่งกำลังซึ่งใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ต่อเข้ากับชุดเฟืองทดรอบเพื่อขับโซ่ลำเลียง และส่วนที่ 2 ชุดบรรจุน้ำลงในถาดเพาะ

มาตรฐานขนาด 105 หลุม (แบบ CHIA TAI 105 I) โดยมีการติดตั้งตัวคลุกเคล้าและกวาดดิน ผลการทดสอบเครื่องพบว่า มีความสามารถทำงานเป็น 140 ถาดต่อชั่วโมง คิดเป็นอัตรา 14,700 หลุมต่อชั่วโมง โดยมีการรอกหลังจากหยอด 86.62% และการสูญเสีย 12.48% เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานด้วยแรงงานคน

การสร้างเครื่องหยอดเพาะเมล็ดพันธุ์ด้วยระบบนิวเมติกส์ในราคาประหยัดในถาดเพาะปลูกพลาสติก ผลงานของ Gaikwad et al. (2008) ประเทศอินเดีย หลักการทำงานแบ่งออกเป็น การใช้หลอดหรือแท่งให้เมล็ดไหลผ่าน และระบบสุญญากาศดูดเมล็ดอีกด้าน เมล็ดพันธุ์ที่ใช้คือพริกและมะเขือเทศ ผลการทดสอบเครื่องได้ผลอย่างน่าพอใจ มีประสิทธิภาพการปลูกมากกว่า 90% ของแต่ละถาดที่ได้ทดสอบ ต้นทุนในการทำงานสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 15.27% ของต้นทุนทั้งหมด โดยประมาณเปรียบเทียบกับของการทำงานด้วยแรงงานในแต่ละถาดปลูก

การออกแบบและวิเคราะห์เครื่องเพาะเมล็ดแบบอัตโนมัติใช้ร่วมกับเครื่องชั่งขนาดเล็ก สำหรับวิธีการปลูกพืชในถาดปลูกพลาสติก (Dhairiyashi et al., 2017) ในประเทศอินเดีย เมล็ดพันธุ์ที่ใช้คือข้าว หลักการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องชั่งและกลไกหรือหยอดเมล็ดพันธุ์ในหลอดพลาสติกลงในถาดปลูก พบว่าประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 20.23 รูปี (Rs) ต่อ 1,000 เมล็ดพันธุ์ ประสิทธิภาพ 66.08% ระยะเวลาคืนทุนเพียง 27.87 ชั่วโมงทำงาน เมื่อใช้อุปกรณ์นี้ต่อเนื่องทดแทนแรงงาน

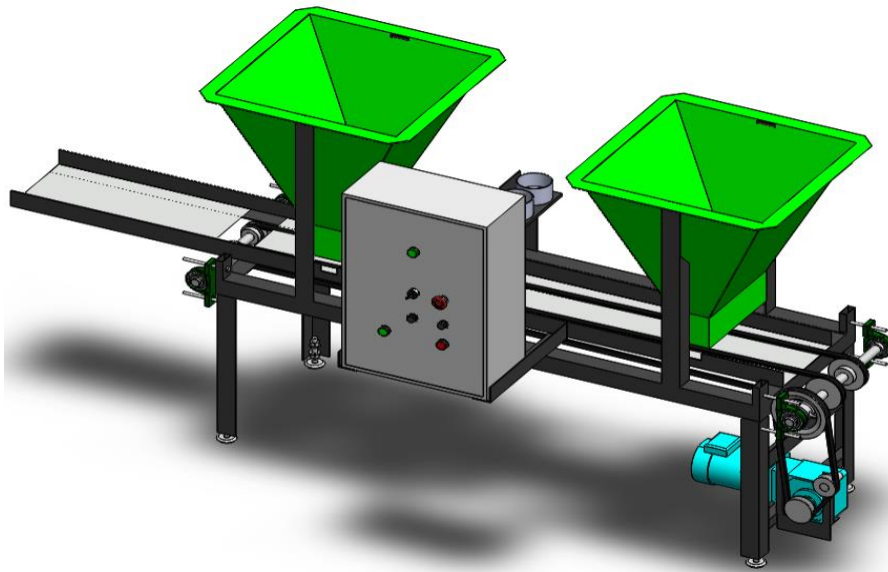
ดังนั้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดจะจัดทำเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ เพื่อเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในกระบวนการผลิตต้นกล้าข้าวโพด ให้มีความรวดเร็วเพิ่มขึ้นโดยเป็นการประยุกต์ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ Programable logic control (PLC) ในงานด้านเกษตรกรรมทั้งนี้เพื่อเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตแบบเก่าที่ยังใช้มือเอาดินบรรจุลงในถาดเพาะต้นกล้าและหยอดเมล็ดมาเป็นการใช้เครื่องจักรในการทำงานแทนในแบบอัตโนมัติ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ

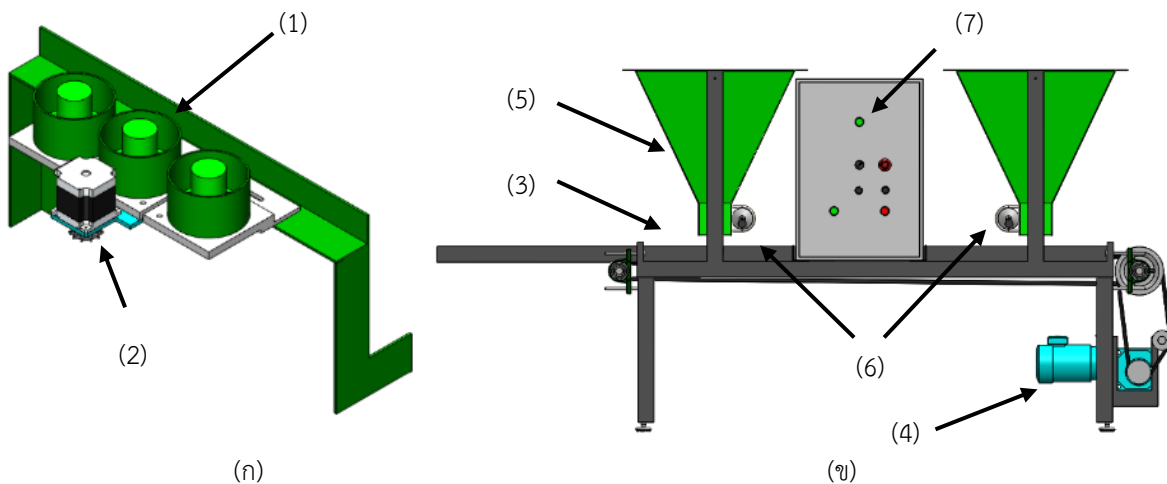
กลไกการหยอดเมล็ดพันธุ์ อาศัยหลักการเขย่าให้เมล็ดข้าวโพดร่วงลงถาดพลาสติก ตามจังหวะการเคลื่อนที่ของสายพาน โดยที่ถาดปลูกจะต้องมีการโรยดินที่เตรียมไว้ก่อน 1 ครั้ง และเมื่อหยอดเมล็ดเสร็จแล้วจะมีการโรยดินกลบเมล็ดอีก 1 ครั้ง รวมจำนวน 2 ครั้ง ทำการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ โดยเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 1) ชุดโครงสร้างทำจากเหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว 2) ถังบรรจุดินผลิตจากเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร แยกกันจำนวน 2 ชุด 3) กล่องหยอดเมล็ดของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดตามจำนวนหลุมของถาด 200 หลุม จำนวน 3 กล่อง 4) ระบบขับเคลื่อนและควบคุม ประกอบด้วย สายพานลำเลียงร่อนปี ระบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มอเตอร์เกียร์ 0.2 กิโลวัตต์ อินเวอร์เตอร์ 0.4 กิโลวัตต์ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสง 3 ชุด แมกเนติกส์ สเตปเปอร์มอเตอร์ รีเลย์ ดีซีมอเตอร์ ในระบบเขย่าดิน 2 ชุด และกล่องควบคุมหลอดไฟแสดงสถานะ โดยแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. การออกแบบโครงสร้างหลักของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ สายพานลำเลียง ถังบรรจุดิน ภาชนะบรรจุเมล็ดข้าวโพด ตัวควบคุมระบบ และลักษณะโครงสร้าง 3 มิติ แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การออกแบบโครงสร้างหลักของเครื่องหอยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ

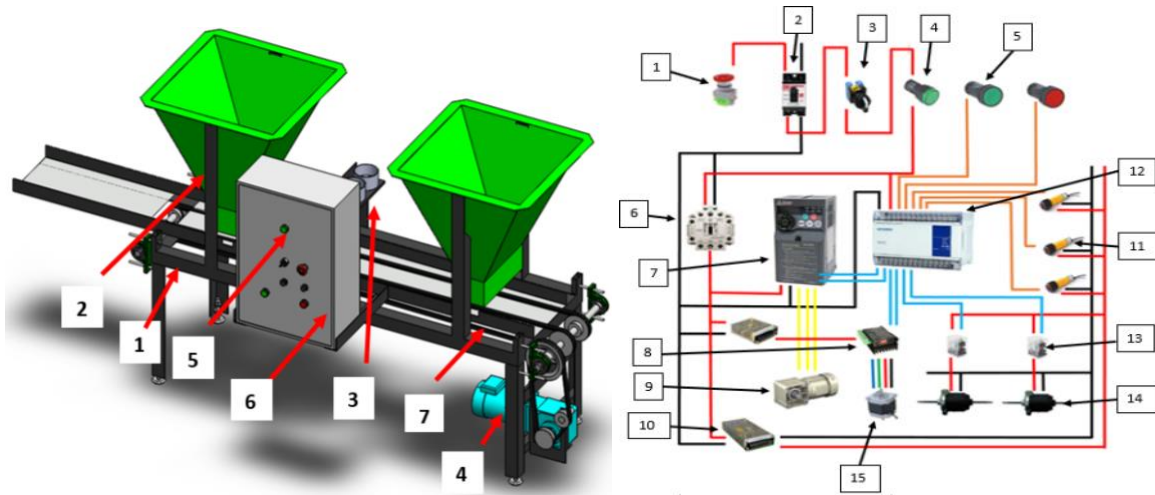
2. การออกแบบ (1) ถังหอยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด 200 กรัมต่อถัง จำนวน 3 ช่อง (2) สเตปเปอร์มอเตอร์สามารถปรับปริมาณการหอยอดเมล็ดได้ด้วยการปรับรอบด้วยดีฟสวิทช์ ดังรูปที่ 2 (ก) (3) สายพานลำเลียงถาดพลาสติก (4) มอเตอร์เกียร์ 0.2 กิโลวัตต์ สามารถปรับความเร็วสายพานด้วยอินเวอร์เตอร์ (5) ถังบรรจุดิน สามารถรองรับปริมาณการปลูกได้ 30 ถาด (6) มอเตอร์เขย่าสำหรับปรับปริมาณดินลงถาด และ (7) ตู้ควบคุมระบบ ตามลำดับ ดังรูปที่ 2 (ข)



รูปที่ 2 (ก) ถังหอยอดเมล็ดและสายพาน (ข) ระบบส่งกำลัง

3. แบบประกอบของเครื่องต้นแบบ มีรายละเอียดแสดงส่วนประกอบตามรูปที่ 3 ก. ได้แก่ 1) คือ โครงสร้างเครื่อง 2) คือ ถังบรรจุดิน 3) คือ ที่หอยอดเมล็ดข้าวโพด 4) คือ มอเตอร์ 3 เฟส 5) คือ สวิตช์ควบคุมและหลอดแสดงสถานะ 6) คือ ตู้คอนโทรล 7) คือ สายพานลำเลียง V-Belt ร่อง B และชุดควบคุมระบบการทำงานอัตโนมัติใช้ระบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) มาประยุกต์ใช้งานกับ มอเตอร์เกียร์ (ทดรอบ) 0.2 กิโลวัตต์ อินเวอร์เตอร์ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสง 3 ชุด และดีซีมอเตอร์ในระบบเขย่าดิน 2 ชุด รูปที่ 3 ข. แสดงตัวอย่างการต่อวงจรเครื่องหอยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ ดังนี้ 1) คือ สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน 2) คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ 3) คือ เซลลูลาร์สวิตช์ 4) คือ หลอดไฟแจ้งเตือนสถานะ

5) คือ สวิตช์ 6) คือ แมกเนติก 7) คือ อินเวอร์เตอร์ อินพุต 1 เฟส เอาต์พุต 3 เฟส 8) สเต็ปเปอร์และไดรฟ์เวอร์ 9) คือ มอเตอร์ 0.2 กิโลวัตต์ 10) คือ เพาเวอร์ซัพพลาย 11) คือ ออฟติกเซนเซอร์ 12) คือ พีแอลซี 13) คือ รีเลย์ 14) คือ มอเตอร์ดีซี และ 15) คือ สเต็ปเปอร์มอเตอร์



(ก) โครงสร้างหลัก

(ข) การต่อวงจรควบคุม

รูปที่ 3 (ก) การประกอบโครงสร้างหลักจากการออกแบบ และ (ข) การออกแบบชุดระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ

การทดสอบประเมินผลเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนชุดลำเลียงถาดร่วมกับระบบเขย่าดิน ส่วนชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และ ส่วนระบบการควบคุมอัตโนมัติ โดยประเมินผลจากความผิดพลาดในการทำงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบ

1. การทดสอบชุดลำเลียงถาดร่วมกับระบบบรรจุดิน 1 ถัง บรรจุดินประมาณ 55 กิโลกรัม รองรับจำนวนถาดได้ 30 ถาดต่อรอบ ทดสอบระบบเขย่าเพื่อบรรจุดินในปริมาณ 30-40 กรัม หรือ $\frac{1}{3}$ ของปริมาตรหลุม โดยใช้ถาดพลาสติกขนาด $25 \times 54 \times 5$ ซม. จำนวน 50 หลุม รองรับดินจากถังที่ 1 และภายหลังหยอดเมล็ดแล้ว ระบบเขย่าดินจากถังที่ 2 จะต้องบรรจุดินปริมาณ (30-40 กรัม) หรืออีก $\frac{1}{3}$ ของปริมาตรหลุมเพื่อกลบเมล็ดพันธุ์ได้ โดยทำการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ซึ่งมีลูกเบี้ยวของชุดเขย่าดินประมาณ 100 รอบ/นาที และทำการปรับความเร็วสายพานลำเลียงถาดเพาะจากการปรับอินเวอร์เตอร์ที่ตั้งไว้ให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดในการทำงาน สามารถทำงานได้ 1-3 เมตร/นาที ของความเร็วสายพาน ประเมินผลจากการชั่งน้ำหนักดินที่บรรจุได้ โดยทำการทดสอบซ้ำ 10 ครั้ง และนำผลมาพิจารณาความผิดพลาดจากการทำงานของระบบเขย่าดิน

2. การทดสอบชุดหยอดเมล็ดข้าวโพด ดำเนินการโดยปรับตั้งขนาดช่องการไหลของเมล็ด และปรับค่าสัญญาณพัลส์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ เพื่อควบคุมความเร็วรอบของอุปกรณ์หยอดในแต่ละหลุมให้เหมาะสมที่สุด จนกระทั่งได้ปริมาณเมล็ดที่พอเหมาะ 3-4 เมล็ดต่อหลุม ทำการติดตั้งช่องหยอดในตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการหยอด ทำการทดสอบซ้ำ 10 ครั้ง ประเมินผลจากความผิดพลาดของเครื่องหยอด

3. การทดสอบระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติด้วย PLC ซึ่งใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุด้วยแสง 3 จุด ติดตั้งในชุดลำเลียงถาดระบบเขย่าดินทั้ง 2 ถัง และชุดหยอดเมล็ดข้าวโพด ทำการทดสอบการทำงานซ้ำ 10 ครั้ง และประเมินหาความสามารถในการทำงานของเครื่อง

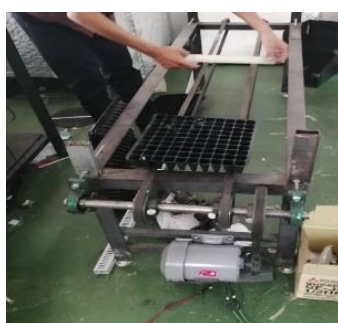
4. การประเมินผลตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยใช้ราคารวมของเครื่องเป็นตัวประเมิน ประกอบด้วย การเปรียบเทียบเวลาการใช้เครื่องกับการหยอดเมล็ดด้วยแรงงานคน ทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ถาด 1 ถาด 30 ถาด และ

60 ถาด เพื่อคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน ปริมาณจุดคุ้มทุน (จำนวนถาด) สำหรับถาดปลูกพลาสติก ขนาด 25x54x5 ซม. จำนวน 50 หลุม

ผลการวิจัย

ผลการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ

งานเชื่อมประกอบโครงสร้างมีรายละเอียด คือ โครงสร้างเหล็กฉาก ถึงรอยดิน ที่หยอดเมล็ดข้าวโพด อินเวอร์เตอร์ 0.4 กิโลวัตต์ มอเตอร์เกียร์ 0.2 กิโลวัตต์ สวิตช์ควบคุม ตู้คอนโทรล ปุ่มสตาร์ท ปุ่มสต็อป หลอดแสดงสถานะสีเขียวขณะทำงาน และสีแดงขณะหยุดทำงาน ออฟติกเซนเซอร์ 24 โวลต์ สายพานลำเลียงร่องบี มอเตอร์ปรับเขย่งดิน 12 โวลต์ สเต็ปมอเตอร์ปรับเขย่งเมล็ด NEMA23 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ Mitsubishi FX2N-20MT



(ก)



(ข)

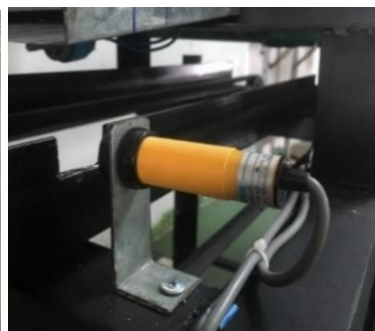


(ค)

รูปที่ 4 (ก) การติดตั้งมอเตอร์เกียร์ 0.2 กิโลวัตต์และระยะสายพานแบบร่อง B (ข) การติดตั้งมอเตอร์ดีซีที่ปรับรอบได้สำหรับเขย่งดินบริเวณด้านข้างถึงบรรจุดิน (ค) การติดตั้งถังบรรจุดิน 2 ถัง



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 (ก) วงจรปรับรอบมอเตอร์เขย่งดิน (ข) ออฟติกเซนเซอร์ และ (ค) ติดตั้งกล่องหยอดเมล็ดจำนวน 3 กล่อง



(ก)



(ข)

รูปที่ 6 (ก) ติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้คอนโทรล และ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ Mitsubishi FX2N-20MT
(ข) เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ พร้อมทดสอบสมรรถนะ

การทดสอบประเมินผลเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ

1. การทดสอบชุดลำเลียงถาดร่วมกับระบบบรรจุดิน

พบว่าปริมาณดินที่ร่วงจากถังบรรจุดินที่ 1 (ดินร่อนพื้นหลุม) และถังบรรจุที่ 2 (ดินกลบเมล็ด) พิจารณาความผิดพลาดการเขย่งดินร่อนพื้นหลุมและดินกลบเมล็ด โดยการทดสอบบรรจุดิน 10 ถาด จำนวนหลุมในถาดพลาสติก 50 หลุม มีดินที่บรรจุได้ปริมาณ 30 - 40 กรัม จำนวนหลุมที่ดินร่วงลงเหมาะสมคือ 47 - 48 หลุมในแต่ละครั้งที่ทดสอบ โดยการปรับมอเตอร์เขย่งดินให้ร่วงลงถาดให้เหมาะสม มีความผิดพลาดในแต่ละถาด ประมาณ 2 - 3 หลุม ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 6.8% ที่ความเร็วสายพาน 1 เมตร/นาที่ โดยการปรับอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสม

2. การทดสอบชุดหยอดเมล็ดข้าวโพด

จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พิจารณาจากค่าเฉลี่ยจำนวนหลุมที่ใช้งานได้ดี 3 - 4 เมล็ด คือ 46.89 ค่าเฉลี่ยจำนวนหลุมที่มีความผิดพลาด น้อยกว่า 3 เมล็ดต่อหลุม และมากกว่า 4 เมล็ดต่อหลุม คือ 3.2 และ 6.4 ตามลำดับ

3. การทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติ ผ่านการควบคุมผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

การทดสอบนี้ควบคุมผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ Mitsubishi FX2N-20MT การทดสอบพิจารณาปริมาณดินที่ร่วงจากถังบรรจุดินที่ 1 (ฮอปเปอร์ 1) และปริมาณดินที่ร่วงจากถังบรรจุดินที่ 2 (ฮอปเปอร์ 2) ปริมาณ 30 - 40 กรัมต่อครั้งต่อหลุม โดยใช้การชั่งน้ำหนัก และปริมาณการหยอดเมล็ดข้าวโพด 3 - 4 ของเมล็ดข้าวโพด ต่อหลุม จำนวน 50 หลุมต่อถาด การทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ระบบเขย่งดินที่ร่วงในถังที่ 1 (ดินร่อนพื้นหลุม) 30 - 40 กรัม/หลุม มีค่าเฉลี่ยคือ 47.8 หรือ 48 หลุมใช้งานได้ดี จำนวนหลุมที่เมล็ดข้าวโพดร่วงลง 3 - 4 เมล็ดต่อหลุม จากระบบหยอด มีค่าเฉลี่ยคือ 46.8 หรือ 47 หลุมใช้งานได้ดี ระบบเขย่งดินที่ร่วงในถังที่ 2 (ดินกลบเมล็ด) 30 - 40 กรัมต่อหลุม มีค่าเฉลี่ยคือ 47.7 หรือ 48 หลุมใช้งานได้ดี เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย (ต่อถาด) คือ 5.13%



(ก)

(ข)

รูปที่ 7 การทดสอบร่วมให้เป็นระบบอัตโนมัติ (ก) ชุดลำเลียงถาดร่วมกับระบบเขี่ยดิน (ข) การทดสอบชุดหยอดเมล็ดข้าวโพด

4. ผลการประเมินตามหลักเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับการใช้แรงงานหยอดเมล็ด

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า เครื่องใช้เวลาเร็วกว่าใช้แรงงานประมาณ 2 เท่าของเวลาในการปลูกหรือหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด และเมื่อพิจารณาปริมาณดินและเมล็ดที่หยอดพบว่า แรงงานคน (เกษตรกรที่ปลูกพืชลงในถุงเพาะชำเพื่อจำหน่าย) หยอดมีปริมาณไม่แน่นอน บางหลุมดินมากเกินไป บางหลุมดินน้อยเกินไป และมีจำนวนเมล็ดพันธุ์ น้อยกว่า 3 เมล็ดต่อหลุม และมากกว่า 4 เมล็ดต่อหลุม เป็นจำนวนมาก ซึ่งต่างจากการใช้เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติซึ่งมีความใกล้เคียงกันในแต่ละถาด ข้อสรุปจากตารางที่ 1 เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติมีกำลังการผลิตเฉลี่ย 1 ถาด/นาที่

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบเวลาก่อนและหลังการแรงงานคน (เกษตรกรที่ปลูกพืชลงในถุงเพาะชำเพื่อจำหน่าย) หยอดเมล็ดพันธุ์และดินปลูกลงถาด กับการใช้เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ

ลำดับ	จำนวนถาด	เวลาในการทำงาน แรงงานหยอด (นาที่)	เวลาในการทำงาน ใช้เครื่องฯ (นาที่)	เวลาที่ลดลง (นาที่)
1	1	2	1	1
2	30	60	29	31
3	60	120	55	65

ผลการประเมินตามหลักเศรษฐศาสตร์พิจารณาจาก ปริมาณจุดคุ้มทุน (Q) ของผลลัพธ์ที่นำไปขายตามราคาท้องตลาด การคำนวณมูลค่าคุ้มทุนของเครื่องพิจารณาจาก ค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปร ทั้งหมดของระบบ วิธีคำนวณปริมาณจุดคุ้มทุนของโครงการนี้ใช้จำนวนถาดที่ผลิตและนำไปขายได้ (Q) โดยมีรายละเอียด คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ ประกอบด้วย ค่าเครื่องจักรค่าอุปกรณ์ (F) และ ค่าใช้จ่ายผันแปร (T) ประกอบด้วย ค่าแรง ค่าไฟฟ้า ค่าเสื่อมสภาพหรือเสื่อมราคา (P) ยอดขาย ณ จุดคุ้มทุน F คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ทั้งหมด T คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรเฉลี่ย V คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย ดังนั้น ปริมาณจุดคุ้มทุน สามารถคำนวณได้จากสูตร $PQ = F + TV$ จากการดำเนินโครงการพบว่า ค่าใช้จ่ายคงที่คือ ราคาอุปกรณ์ 25,000 บาท (F) ค่าแรงงานเฉลี่ย 0.6 บาท/ถาด (T) ค่าพลังงานไฟฟ้า เฉลี่ย 12 บาท/ถาด (T) ค่าสึกหรอของเครื่องจักรเฉลี่ย 0.02 บาท/ถาด (พิจารณาจากราคาอุปกรณ์หลักที่จะพังก่อนและต้องเปลี่ยนก่อน เป็นไปตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์นั้น คือ เกียร์ของมอเตอร์และตัวควบคุม (PLC) ราคา 14,400 บาท เมื่อใช้ระบบต่อเนื่องจึงจุดคุ้มทุน) (T) ค่าน้ำ 0.2 บาท/ถาด ค่าดินปลูกผัก 5 บาท/ถาด (V) ค่าเมล็ดผัก 6.25 บาท/ถาด (V) ค่าถาด 2 บาท/ถาด (V) ดังนั้นมีค่าใช้จ่ายผันแปร 40.5 บาท/

ถาด (TV) ราคาขายต่อหน่วยของสินค้า 60 บาท/ถาด (P) ปริมาณจุดคุ้มทุน $Q = 1,200$ ถาด และระยะเวลาคืนทุนเมื่อกำหนดยอดขายวันละ 20 ถาด มีระยะเวลาคืนทุนคือ 60 วัน หรือ 2 เดือน

บทสรุป

การทดสอบและประเมินผลเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัติ พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ตามระบบควบคุมที่ออกแบบไว้ มีประสิทธิภาพและทดแทนแรงงานหยอดเมล็ดลงถาด ระบบสามารถปรับค่าความเร็วสายพานลำเลียงถาด สามารถปรับปริมาณการบรรจุดินลงถาดหลุมและสามารถปรับปริมาณการหยอดเมล็ดพันธุ์ได้ ที่สำคัญสามารถเปลี่ยนชนิดถาดได้หรือใช้เมล็ดพันธุ์อื่นที่มีขนาดใกล้เคียงกันได้ ตามความเหมาะสมและมีขนาดใกล้เคียงกัน การทดสอบชุดลำเลียงถาดร่วมกับระบบเขี่ยดิน การตั้งค่าปริมาณดินที่ร่วงจากถังที่ 1 และถังที่ 2 ในแต่ละถาด ที่ 30 - 40 กรัมต่อหลุม สรุปผลได้ว่า 95.2% ใช้งานได้ปกติ การทดสอบชุดหยอดเมล็ดข้าวโพด ค่าเฉลี่ยจำนวนหลุมที่เมล็ดไม่ร่วงลงตามการกำหนดที่ 3 - 4 เมล็ดต่อหลุม สรุปผลได้ว่ามีประสิทธิภาพ 95.4% ใช้งานได้ปกติ การทดสอบการทำงานในระบบอัตโนมัติ สรุปผลได้ว่ามีประสิทธิภาพ 94.87% ใช้งานทั้งระบบได้ปกติ เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดแบบอัตโนมัตินี้กำลังการผลิตเฉลี่ย 1 ถาด/นาที ต้นแบบเครื่องมีราคา 25,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุนคือ 60 วัน มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1,200 ถาด และเครื่องใช้เวลาทำงานน้อยกว่าการใช้แรงงานคนถึง 2 เท่า

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนโครงการปริญญาโท งบประมาณรายได้ ปี 2563 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร แซ่มสีม่วง และเกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. (2557). การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฝักกะน้าในถาดเพาะกล้า สำหรับเกษตรกรสมัยใหม่. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 23(2): 17-25.
- ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ และกฤษณ์ ผลโพธิ์. (2556). การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า. ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 6 1-4 เมษายน 2556. โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์พลาซ่า. ประจวบคีรีขันธ์ . 229-234.
- ศรนรินทร์ ทุนไทสง, ศรีณยู บุญประสิทธิ์ และโอฬาร ลัดดาภาม. (2553). การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพืชลงถาดเพาะกล้า. ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Dhairyashil A.N. and Harshad M.T. (2017). Design and analysis of an automated seeder for small scale sowing applications for tray plantation method. International Journal of Engineering Research and Technology. 10(1): 716-723.
- Dzung N.T. (2012). Simple and Effective S.R.I. and Agriculture Innovation. Available: http://S.R.I..ciifad.cornell.edu/countries/vietnam/VN_S.R.I._booklet_Eng2012.pdf. Accessed Dec. 2, 2019.

Gaikwad B.B. and Sirohi N.P.S. (2008). Design of a low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays. Biosystems Engineering. 99(3): 322-329.

Received: September 15, 2020; Revised: November 29, 2020; Accepted: December 3, 2020

การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน Producing golden banana syrup beads by extrusion technique

จิรายุ มุสิกกา^{1*} ธนวรรณ อวยศักดิ์ไชยงค์¹ และพนารัตน์ สังข์อินทร์¹
Jirayu Musika^{1*}, Thanawan Auisakchaiyoung¹ and Panarat Sungin¹

¹ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

*Corresponding Author E-mail Address: Jirayu.m@sskru.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน การดำเนินงานประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองสุกหอม โดยศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเติมเอนไซม์อะไมเลสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 0.10 และ 0.13 ตามลำดับ (ปริมาตร/น้ำหนัก) ร่วมกับเอนไซม์เพกทินเอสเอร์เลส 0.06 (ปริมาตร/น้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยแช่ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่าปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 0.13 (ปริมาตร/น้ำหนัก) จากนั้นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้สารละลายโซเดียมอัลจิเนต 3 ความเข้มข้นคือร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.1 ระยะเวลา 10 นาที พบว่าเมื่อความเข้มข้นของอัลจิเนตเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในทางกลับกันปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อนำมาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคน ($n=50$) ให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของเม็ดบีดส์อัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มากที่สุด เท่ากับ 7.33 ± 0.89 คะแนน ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: เทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน กล้วยหอมทอง อะไมเลส เม็ดบีดส์ อัลจิเนต

Abstract

The objective of this study was to develop the golden banana syrup beads production by extrusion technique. The operation consists of 2 steps: The study of the optimum conditions for the production of ripe golden banana syrup was found that the appropriate amount of amylase enzyme was studied at the concentrations of 0.05, 0.10 and 0.13% respectively (vol./wt.). The result was found that the optimum amount

of amylase was 0.13% (vol./wt.) in combination with pectinase 0.06% (vol./wt.) at 50 °C for 2 hours, the enzyme reaction was stopped by soaking in 90 °C boiling water for 10 minutes. Optimal conditions of three sodium alginate concentrations for golden banana beads syrup production were 0.7, 1.0 and 1.2% respectively, in 0.1% calcium chloride for 10 minutes. The result found that the total dissolved solids and titration acid content was decreased ($p \leq 0.05$) when the sodium alginate concentrations were increased. While, the chemical and physical properties was increased ($p \leq 0.05$). The most acceptance value of the golden banana syrup beads at 1.0% alginate concentration was evaluated by consumers ($n=50$) was 7.33 ± 0.89 points ($p \leq 0.05$).

Keywords: Extrusion technique, Golden banana, Amylase, Beads, Alginate

บทนำ

ปัจจุบันตลาดอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเติบโตเพิ่มสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เนื่องจากผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น การบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบันจากกระแสความใส่ใจสุขภาพของผู้บริโภคที่มีมากขึ้นดังกล่าว มูลค่าตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ในปี 2560 ที่ผ่านมา จึงพบว่ามีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง เฉลี่ยร้อยละ 3.5 ต่อปี มีมูลค่าราว 187,000 ล้านบาท ขณะที่ปี 2561 มีมูลค่า 191,893 ล้านบาท ขยายตัวร้อยละ 2.8 ประมาณการว่าในปี 2565 จะมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 213,099 ล้านบาท ขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 2.7 ต่อปี (โพสท์ทูเดย์, 2559) ถือเป็นกลุ่มสินค้าที่ขับเคลื่อนให้ตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเติบโตต่อเนื่อง ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีแนวโน้มการเติบโตทางการตลาดและการบริโภคที่สูงขึ้นในอนาคต

กล้วยหอมทอง *Musa* (AAA group) Kluai Hom thong อยู่ในวงศ์ Musaceae จัดอยู่ในกลุ่ม AAA กล้วยหอมเป็นไม้ล้มลุกชนิดหนึ่ง มีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ เช่น กล้วยหอมจันทร์ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว จัดเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารครบถ้วนตามหลักทางโภชนาการ ประกอบไปด้วยวิตามิน ไฟเบอร์ ที่มีส่วนช่วยในเรื่องของการขับถ่าย มีสารแทนนิน ซึ่งมีส่วนช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีชื่อว่า *Escherichia coli* ที่เชื่อว่าจะทำให้เกิดอาการท้องร่วงได้ เป็นต้น ซึ่งกล้วยหอมได้ถูกจัดว่าเป็นผลไม้ของเขตเมืองร้อน สามารถปลูกได้เกือบทุกประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้นหลายแห่งสำหรับประเทศไทยสามารถปลูกกล้วยหอมได้ทั่วประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่สำหรับปลูกกล้วยหอมอยู่ประมาณ 140,000 ไร่ (ผลการสำรวจปี พ.ศ. 2559) โดยพบว่าภาคที่มีการปลูกกล้วยหอมมากที่สุด ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออก (เครื่องมือเกษตร, 2559) คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทอง ปริมาณ 100 กรัม (ประมาณ 1 ลูกขนาดกลาง) ให้พลังงานทั้งหมด 132 กิโลแคลอรี มีน้ำอยู่ 66.3 กรัม โปรตีน 0.9 กรัม ไขมัน 0.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 31.7 กรัม ไฟเบอร์ 1.9 กรัม แคลเซียม 26 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 46 มิลลิกรัม เหล็ก 0.8 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 99 ไมโครกรัม วิตามินเอ 17 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง (ไทอะมิน) 0.04 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง (ไรโบฟลาวิน) 0.07 มิลลิกรัม ไนอะซิน 0.1 มิลลิกรัม และ วิตามินซี 27 มิลลิกรัม กล้วยหอมทองจึงมีประโยชน์และสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ (กรมอนามัยกองโภชนาการ, 2553)

โซเดียมแอลจินเตเป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากธรรมชาติ โดยสกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล มีสมบัติเป็นประจุลบ ประกอบด้วย 1,4-linked- β -D-mannuronic (M) และ α -L-guluronic acid (G) ที่ต่อกันแบบ Homopolymeric blocks (G หรือ M-blocks) และ Heteropolymeric blocks (MG-blocks) Mohy et al. (2014) โดยหมู่ D G- blocks สามารถจับกับ ประจุบวกของสารชนิดอื่น โดยการแทนที่ไฮโดรเจนใน หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) แล้วเกิดเป็น โครงสร้างตาข่ายที่เรียกว่า Egg box model ได้ เช่น Ca^{2+} Ba^{2+} และ Al^{3+} (Tsai et al., 2017; Sinha

et al., 2015) แอลจิเนตมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง ราคาไม่แพง สามารถเกิดเจลในสภาวะที่เหมาะสม และยังมีสมบัติเป็น Bio-compatibility จึงไม่ส่งผลเสียต่อร่างกาย (Pawar and Edgar, 2012)

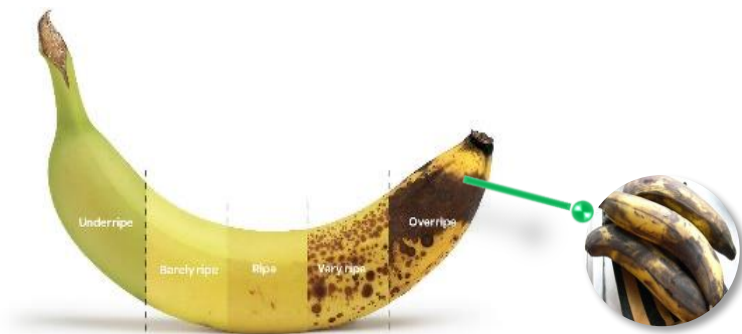
เม็ดบีตส์ไฮโดรเจล (Hydrogel bead) หรือ แอลจิเนตแคปซูล (Alginate capsule) คือ เม็ดบีตส์ที่ได้จากการห่อหุ้มสารโดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) เป็นองค์ประกอบหลัก มีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มรูปแบบใหม่เพื่อนำส่งสารสำคัญทางอาหาร ช่วยรักษากลิ่นรสในอาหาร รวมทั้งควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญต่าง ๆ (Hu et al., 2008) ซึ่งในกระบวนการผลิตเม็ดบีตส์ทำได้ 3 วิธีหลัก วิธีแรกเป็นการใช้ Extrusion ในการห่อหุ้มสารที่เป็นของเหลวภายใน โดยผสมกับโซเดียมแอลจิเนตแล้วหยดลงในสารละลายสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) (Phawaphuthanon et al., 2014) วิธีที่ 2 เรียกว่า Spherification เป็นการทำเม็ดบีตส์ แอลจิเนต อาศัยความแตกต่างระหว่างประจุของพอลิเมอร์ในการเคลือบสาร โดยหยดโซเดียมแอลจิเนตลงในสารละลายที่มีประจุบวก (Correia et al., 2013) ส่วนวิธีที่ 3 เรียกว่า Reverse spherification โดยใช้แคลเซียมคลอไรด์ร่วมกับสารประกอบอื่น ๆ หยดลงในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเพื่อให้เกิดการห่อหุ้มสารภายใน ซึ่งอาจมีการนำเม็ดบีตส์ที่ได้แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์อีกครั้งเพื่อให้กระบวนการกักเก็บสารเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ (Blandino et al., 1999)

ปัจจุบันเกษตรกรนิยมเพาะปลูกกล้วยหอมมากขึ้น เนื่องจากเพาะปลูกง่ายให้ผลผลิตสูงผนวกกับนโยบายจากภาครัฐสนับสนุนจึงมีผลผลิตจำนวนมากออกมามากจนจำหน่ายในท้องตลาดพร้อมกันส่งผลให้ราคาคงต่ำ รวมทั้งมีกล้วยที่สุกเกินระดับความต้องการของผู้บริโภคที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์เกิดเป็นของเสียและไม่เกิดมูลค่า จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมทองที่สุกเกินระดับความต้องการของตลาดมาผ่านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารพัฒนาเป็นเม็ดบีตส์จากน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจ สร้างอาชีพเสริมให้เกษตรกร รวมทั้งยกระดับมาตรฐานคุณภาพการผลิตพืชผลไม้ในท้องถิ่นสู่สากลต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง

โดยนำกล้วยหอมทองระยะสุกงอม ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำเปล่า ปอกเปลือก นำไปบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักกล้วยหอมบดมา 100 กรัม เติมน้ำเอนไซม์เพคตินเอสรี้อยละ 0.06 และ เอนไซม์อะไมเลส ร้อยละ 0.05 0.10 และ 0.13 ตามลำดับ บรรจุลงให้ถุงพลาสติก Polyethylene บ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยแช่ในน้ำเดือด อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที บรรจุขวดแก้วทันที เก็บรักษาที่ 5 ± 2 องศาเซลเซียส วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)

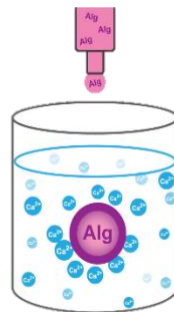


รูปที่ 1 ระดับความสุกของกล้วยหอม

ที่มา: Finecooking (2018)

การเตรียมเม็ดปิดส์โดยวิธีอิเล็กโทรซันเทคนิค

เตรียมน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง (จากขั้นตอนที่ 1) จากนั้นผสมเข้ากับสารละลายอัลจินตร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 ตามลำดับ ในน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง 100 มิลลิลิตร โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียส แช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใช้ดรอปเปอร์ดูดน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ผสมเข้ากับสารละลายอัลจินต์ในแต่ละความเข้มข้น เพื่อให้เกิดเจลที่มีลักษณะเป็นทรงกลม ขยำเบาๆ หลังจากนั้นนำเม็ดปิดส์ที่ได้ล้าง ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง เก็บรักษาตัวอย่างในภาชนะบรรจุน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นทำการตรวจสอบคุณภาพ โดยนำตัวอย่างเม็ดปิดส์ทั้ง 3 ความเข้มข้น มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

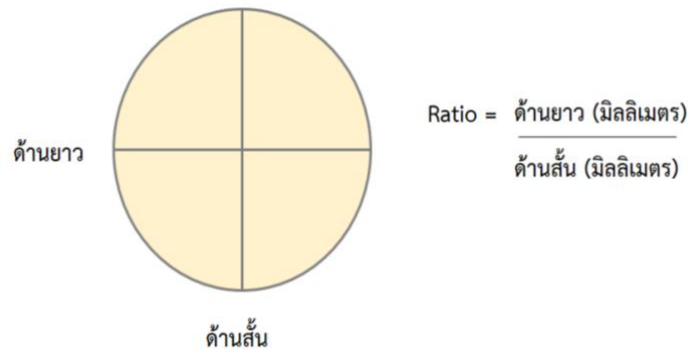


รูปที่ 2 การเตรียมเม็ดปิดส์การหยดลงในสารละลายแอลจินต์ และแช่แคลเซียมคลอไรด์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเม็ดปิดส์

ที่มา: Nerdygummy (2019)

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดปิดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง

วัดขนาด นำตัวอย่างเม็ดปิดส์แต่ละความเข้มข้นมา 10 เม็ด วัดขนาดของเม็ดปิดส์ทีละตัวอย่าง โดยใช้ Vernier caliper แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยด้านยาว ด้านสั้น และอัตราส่วนระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) เพื่อดูความกลมของเม็ดปิดส์ โดยค่าอัตราส่วนจะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเม็ดปิดส์มีความกลมมาก (พัชรี และสุธีรา, 2561)



รูปที่ 3 การวัดขนาดของตัวอย่างเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง

ชั่งน้ำหนัก โดยนำตัวอย่างเม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 10 เม็ด ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง รุ่น OHAUS ผลิตโดยบริษัท ไทยทีโอปโกลบอลจำกัด ประเทศไทย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและขนาดของเม็ดบีดส์ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง นำน้ำกลั่นที่ใช้แช่เม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 30 มิลลิลิตร วัดความเป็นกรด-ด่าง pH Meter รุ่น Ultra BASIC ผลิตโดยบริษัท เดอเวอร์ เอ็นเตอร์เทนเมนท์จำกัด ประเทศไทย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (AOAC, 2000)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ นำน้ำกลั่นที่ใช้แช่เม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 1 มิลลิลิตร วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Hand-Refractometer) รุ่น ATAGO ผลิตโดยบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศไทยโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (AOAC, 2000)

ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต(ร้อยละ) นำน้ำกลั่นที่ใช้แช่เม็ดบีดส์แต่ละความเข้มข้นมา 30 มิลลิลิตร ไทเทรตกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N นำมาคำนวณหาปริมาณกรด (ร้อยละ) อยู่ในรูปกรดแลคติกโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (AOAC, 2000)

การประเมินทางประสาทสัมผัสเม็ดบีดส์ในแต่ละความเข้มข้น ใช้ผู้ทดสอบ (n=50) โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ทดสอบผลิตภัณฑ์เม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง ในคุณลักษณะทางด้านความชอบ ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นตอนการเตรียมเม็ดบีดส์โดยวิธีเอ็กซ์ทรูชันเทคนิค และการศึกษาคูณภาพทางกายภาพ และเคมี ของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยศึกษาอัลจินต์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน โดยทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนในขั้นตอนการประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) โดยศึกษาความชอบของผู้ทดสอบต่อลักษณะด้านต่าง ๆ ของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง ใช้ผู้ทดสอบ (n=50) วิเคราะห์ความแปรปรวน โดย Analysis of variance (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (IBM SPSS Statistics version 21)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ

ผลการทดลองค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสความเข้มข้น 3 ระดับคือ ร้อยละ 0.05 0.10 และ 0.13 ตามลำดับ พบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ในช่วง 30.00 - 45.00 องศาบริกซ์ ตารางที่ 1 จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) เพิ่มขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิในการบ่มที่ 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากเอนไซม์มีความเสถียรที่อุณหภูมิ 30 - 50 องศาเซลเซียส เมื่อใช้อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ทำให้เอนไซม์เสียสภาพอัตราเร็วของปฏิกิริยาจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (จิตชัย และวิชัย, 2547) พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินเอนร่วมกับเซลลูเลสในการย่อยกล้วยหอมทองอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ

เอนไซม์อะไมเลส (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)
0.05	30.00±0.01 ^c
0.10	35.00±0.00 ^b
0.13	45.00±0.01 ^a

หมายเหตุ: เฉลี่ย ($n=3$) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเม้ดปิดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

ผลการทดลองค่าคุณภาพทางกายภาพของเม้ดปิดส์อัลจินตทั้ง 3 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่าน้ำหนักและขนาดของเม้ดปิดส์อัลจินตทั้ง 3 ความเข้มข้น มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีค่าน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.06 - 0.012 กรัม และค่าขนาดอยู่ในช่วง 0.45 - 0.63 มิลลิเมตร แสดงในตารางที่ 2

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเม้ดปิดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

ผลการทดลองค่าคุณภาพทางด้านเคมีของเม้ดปิดส์อัลจินตทั้ง 3 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่ามีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ และปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 4.49 - 4.58 ค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ มีค่าอยู่ในช่วง 3.27 - 4.99 องศาบริกซ์ และค่าปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต ค่าอยู่ในช่วง 6.92 - 7.85 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

อัลจินต (ร้อยละ)	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาด (มิลลิเมตร)	ความเป็น กรด-ด่าง (pH)	ปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)	ปริมาณกรดที่ได้จาก การไทเทรต (ร้อยละ)
0.7	0.06±0.02 ^c	0.45±0.06 ^c	4.49±0.30 ^b	4.90±0.00 ^a	7.85±0.88 ^a
1.0	0.09±0.01 ^b	0.52±0.07 ^b	4.49±0.27 ^b	4.80±0.01 ^b	7.84±1.00 ^a
1.2	0.12±0.02 ^a	0.63±0.11 ^a	4.58±0.26 ^a	3.20±0.01 ^c	6.92±0.76 ^b

หมายเหตุ: เฉลี่ย (n=3) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

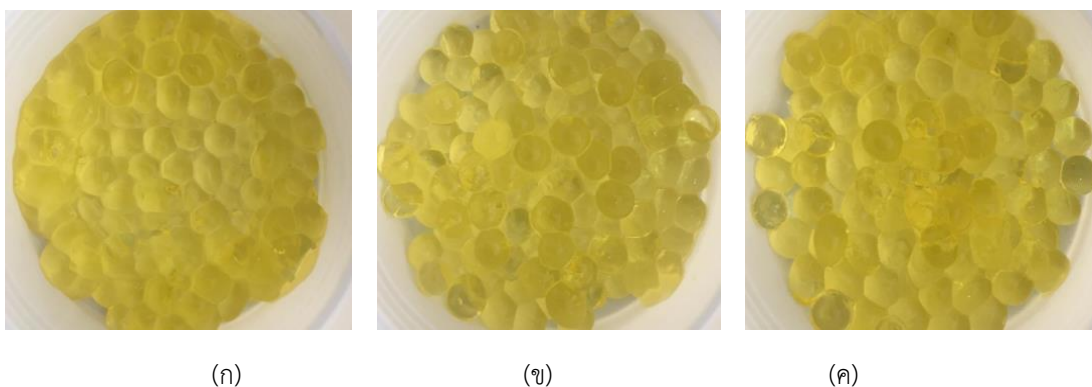
ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 50 คน อายุระหว่าง 15 - 65 ปี โดยเม็ดบีดส์อัลจินต ทั้ง 3 ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้าน สี เนื้อสัมผัส ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของเม็ดบีดส์อัลจินตแต่ละความเข้มข้นมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสีอยู่ในช่วง 5.87 - 6.63 คะแนน คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 5.73 - 7.13 คะแนน คุณลักษณะด้านความนุ่มอยู่ในช่วง 5.46 - 6.80 คะแนน และคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.77 - 7.33 คะแนน แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

อัลจินต (ร้อยละ)	สี	เนื้อสัมผัส	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
0.7	5.87±1.31 ^b	6.03±1.38 ^b	6.47±1.33 ^a	6.13±1.22 ^b
1.0	6.63±0.96 ^a	7.13±0.73 ^a	6.80±1.27 ^a	7.33±0.99 ^a
1.2	6.16±1.08 ^{ab}	5.73±1.08 ^b	5.46±1.45 ^b	5.77±1.43 ^b

หมายเหตุ: เฉลี่ย (n=50) ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



รูปที่ 4 ลักษณะเม็ดบีดส์น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ เก็บรักษาระยะเวลา 5 วัน (ก) อัลจินต ร้อยละ 0.7 (ข) อัลจินตร้อยละ 1.0 และ (ค) อัลจินตร้อยละ 1.2

การอภิปรายผล

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) น้ำเชื่อมกล้วยหอมทอง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสที่ความเข้มข้น 3 ระดับ

จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเอนไซม์อะไมเลสส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) เพิ่มขึ้น อะไมเลสเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่สามารถไฮโดรไลซ์พันธะในโมเลกุลของสตาร์ชให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลงทำให้ได้เป็น เดกซ์ทริน และน้ำตาล ไดแซ็กคาไรด์ เช่น มอลโทส มอนแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส (นิธิยา, 2553) ในการทดลองนี้ใช้เอนไซม์ อะไมเลส ความเข้มข้นที่ร้อยละ 0.13 ร่วมกับเอนไซม์เพคตินเนสร้อยละ 0.06 ได้ค่าสูงสุด เนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ที่มีเนื้อ มากกว่าน้ำและมีปริมาณสารเพคตินอยู่สูง การใช้เอนไซม์เพคตินเนสจะช่วยให้ย่อยสลายเพคตินในเนื้อกล้วยทำให้ความข้นหนืด ลดลงขณะทำการสกัดทำให้ให้สกัดง่าย ซึ่งการใช้เอนไซม์เพคตินเนสร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลส จะช่วยให้ประสิทธิภาพดีกว่า การใช้เอนไซม์ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงลำพัง (ชิดชัย และวิชัย, 2547) จึงเลือกอัตราส่วนนี้ไปทำการศึกษานในขั้นตอนต่อไป

คุณภาพทางกายภาพเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

จากผลการทดลองค่าคุณภาพทางกายภาพของเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินตทั้ง 3 ความเข้มข้น พบว่าอัลจินตความเข้มข้น ร้อยละ 1.2 มีค่าน้ำหนักและขนาดสูงสุด เมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 1.2 ไม่เป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างหนา เนื่องจากความเข้มข้นของอัลจินตในระดับสูงจะทำให้สารละลายเคลื่อนที่ไปที่ปลายหลอดหยดช้า การหยดของสารละลายอัลจินต ไม่สามารถแยกตัวออกจากปลายหลอดหยดได้ในทันทีจนกว่าหยดของสารละลายเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้น ร้อยละ 1.0 มีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างเรียบไม่หยาบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.52 มิลลิเมตร ค่าอัตราส่วนด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.98 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง กับงานวิจัยของ พชร และสุธีรา (2561) ที่รายงาน ว่า อัตราส่วนระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (Ratio) ที่เหมาะสมจะมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.7 มีลักษณะ ไม่เป็นทรงกลม ผิวด้านนอกไม่เป็นรูปร่าง ไม่เรียบและไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากความเข้มข้นของอัลจินตในระดับต่ำจึงทำให้ เปลือกห่อหุ้มมีลักษณะบางเกินไป แสดงในตารางที่ 2

คุณภาพทางเคมีเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

จากผลการทดลองค่าคุณภาพทางด้านเคมีของเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินตทั้ง 3 ความเข้มข้น พบว่าอัลจินตที่ความเข้มข้น ร้อยละ 1.2 มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) สูงสุด เนื่องจากเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 1.2 ไม่เป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างหนา จึงทำให้การแพร่กระจายของ ไฮโดรเจนไอออนน้อยที่สุด ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง สูงกว่าอัลจินตความเข้มข้นอื่น ๆ และยังพบว่าอัลจินตความเข้มข้น ร้อยละ 0.7 มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และค่าปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตสูงสุด เนื่องจากเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.7 มีลักษณะผิวด้านนอกค่อนข้างอ่อนจึงทำให้การแพร่กระจายของไฮโดรเจนไอออนออกมามาก ผลส่งผลให้ค่าปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายได้และค่าปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรตมีค่าสูงความเข้มข้นอื่น แสดงในตารางที่ 2

การประเมินทางประสาทสัมผัสของเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 3 ระดับ

ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้นของอัลจินต 1.0 มากที่สุดแตกต่างจากความเข้มข้นอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นคุณลักษณะด้านสีได้คะแนนความชอบไม่แตกต่าง จากเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้น ร้อยละ 1.2 ส่วนคุณลักษณะด้านความนุ่ม ได้คะแนนความชอบไม่แตกต่างจากเมื่อบดส้มน้ำเชื่อมกล้วยหอมทองที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.7 แสดงในตารางที่ 3

บทสรุป

จากการศึกษาการผลิตเม็ดปิดส่น้ำเชื่อมกล้วยหอมทองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน จากการผลิตน้ำเชื่อมโดยใช้เอนไซม์อะไมเลส 3 ระดับพบว่าความเข้มข้นร้อยละ 0.13 ร่วมกับเอนไซม์เพคตินเอสเอร์ร้อยละ 0.06 ได้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์) สูงสุด จากสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 3 ความเข้มข้นร้อยละ 0.7 1.0 และ 1.2 พบว่าเม็ดปิดส่น้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เม็ดปิดส่นี้มีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวภายนอกค่อนข้างเรียบไม่หดตัว และได้รับคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด ทั้งนี้อาจต้องศึกษาปัจจัยอื่นเพิ่มเติมเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณลักษณะของเม็ดปิดส่น้ำเชื่อมให้ดีขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่สนับสนุนสถานที่และเครื่องมือในการวิจัย และงบประมาณสนับสนุนการนำเสนองานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัยกองโภชนาการ. (2553). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. โรงพิมพ์ทหารผ่านศึก: กรุงเทพฯ.
- เครื่องมือเกษตร. (2559). เยือนแหล่งปลูกกล้วยหอมทองแหล่งใหญ่. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2561.
<http://www.vigotech.in.th/index.php?lay=show&ac=article&id=539810567&Ntype=8>.
- ชิดชัย ปัญญาสวรรค์ และวิชัย หลุทัยธนาสันต์. (2547). การพัฒนาไซรัปเข้มข้นจากกล้วยหอมทองโดยใช้เอนไซม์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2553). เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.
- พัชรีย์ คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล. (2561). การผลิตเม็ดปิดส่น้ำเชื่อมรสกล้วยหอมทองด้วยเทคนิครีเวิร์สเฟสเฟอริฟิเคชัน. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี. 26(8): 1381-1393.
- โพสต์ทูเดย์. (2559). โอกาสของอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2561.
<https://www.posttoday.com/finance-stock/columnist/427460>.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists.
- Blandino A., Macías M. and Cantero D. (1999). Formation of calcium alginate gel capsules: Influence of sodium alginate and CaCl_2 concentration on gelation kinetics. Journal of Bioscience and Bioengineering. 88(2): 686-689.
- Chan G., Barnes-Holmes D., Barnes-Holmes Y. and Stewart I. (2009). Implicit attitudes to work and leisure among north american and irish individuals: a preliminary study. Psychology and Psychological Science. 9(2): 317-334.
- Correia C.R., Sher P., Reis R.L. and Mano J.F. (2013). Liquified chitosan-alginate multilayer capsules incorporating poly (lactic acid) microparticles as cell carriers. Soft Matter. 9(1): 2125 - 2130.

- Finecooking. (2018). How to choose the right banana for any recipe. Accessed 25 March 2018. <https://www.finecooking.com/article/choose-right-banana-recipe>.
- Hu S.H., Tsai C.H., Liao C.F., Liu D.M. and Chen S.Y. (2008). Controlled rupture of magnetic polyelectrolyte microcapsules for drug delivery. *Langmuir*. 24(3): 11811-11818.
- Mohy M.S., Kamoun E.A., Sofan M.A. and Elbayomi S.M. (2014). L-arginine grafted alginate hydrogel beads: a novel pH-sensitive system for specific protein delivery. *Arabian Journal of Chemistry*. 8(1): 355-365.
- Nerdygummy. (2019). Molecular gastronomy. Accessed 25 March 2018. <https://www.nerdygummy.com/>.
- Pawar S.N. and Edgar K.J. (2012). Alginate derivatization: A review of chemistry properties and applications. *Journal of Biomaterials Applications*. 33(2): 3279-3305.
- Phawaphuthanon N., Behnam S., Koo S.Y., Pan C.H. and Chung D. (2014). Characterization of core-shell calciumalginate macrocapsules fabricated by electro-coextrusion. *International Journal of Biological Macromolecules*. 65(3): 267-274.
- Sinha P., Ubaidulla U., Hasnain M.S., Nayak A.K. and Rama B. (2015). Alginateokra gum blend beads of diclofenac sodium from aqueous template using ZnSO₄ as a cross-linker. *International Journal of Biological Macromolecules*. 79(3): 555-563.
- Tsai F.H., Chiang P.Y., Kitamura Y., Kokawa M. and Islam M.Z. (2017). Producing liquid-core hydrogel beads by reverse spherification effect of secondary gelation on physical properties and release characteristics. *Journal Food Hydrocolloid*. 62(1): 140-148.

Received: October 15, 2020; Revised: November 24, 2020; Accepted: December 9, 2020

การออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติโดยใช้ถาดคัดเมล็ดพันธุ์ Design and fabrication of automatic single-rice seeding system with The Seed-Selected Tray

บรรลุ เพียชิน¹ กิตติคุณ ปิตุพรหมพันธ์^{1*} สมาน คันทริน¹ กฤษณพันธ์ ศรีมงคล¹ และวีรยุทธ จีเพชร¹
Banlu Phiachin¹, Kittikun Pituprompan^{1*}, Smarn Kantarin¹, Krisanapan Srimongkon¹
and Veerayut Jeepetch¹

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

*Corresponding Author E-mail Address: Kittikun.pi@muti.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวแบบอัตโนมัติ โดยมีส่วนประกอบหลักได้แก่ 1) ชุดโครงสร้าง 2) ชุดลำเลียง ถาดปลูก 3) ชุดป้อนวัสดุปลูก (ก่อนโรย) 4) ชุดโรยข้าวเมล็ดเดี่ยว 5) ชุดป้อนวัสดุปลูก(หลังโรย) และ 6) ชุดควบคุมการทำงาน อัตโนมัติ จากผลการศึกษาพบว่า ชุดลำเลียงถาดปลูกมีความเร็วเชิงเส้นในการลำเลียงที่เหมาะสม เท่ากับ 16.67 เมตรต่อวินาที (0.28 เมตรต่อวินาที) ชุดป้อนวัสดุปลูก (ก่อนโรย) มีมุมการไหลของวัสดุปลูกเท่ากับ 30 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์ สั่นสะเทือนเท่ากับ 1,673 รอบต่อวินาที ส่งผลทำให้มีอัตราการป้อนวัสดุปลูก (ก่อนโรย) เท่ากับ 67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณการป้อนวัสดุปลูกได้ตามความต้องการคือ ความสูง ½ ของหลุมถาดปลูก สำหรับชุดโรยข้าวเมล็ด เดี่ยวกำหนดมุมเอียงเท่ากับ 16 องศา ร่วมกับการทำงานของชุดมอเตอร์สั่นสะเทือนตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 ที่ระดับความเร็วรอบ 1,818 และ 1,648 รอบต่อวินาที ตามลำดับ ซึ่งส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพในการโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวลงหลุมสูงสุดคือ มีค่าเท่ากับ 92 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เครื่องโรยข้าว ชุดลำเลียงถาดปลูก ระบบโรยข้าวเมล็ดเดี่ยว ชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ประสิทธิภาพการโรย ข้าว

Abstract

A design and construction of automatic single-rice seedling machine. The main components of this machine consists of: 1) main frame 2) planting tray conveyor set 3) planting material feeding set1 (pre) 4) single-grain rice sprinkling set 5) planting material feeding set2 (post), and 6) automatic control unit. The

result shows that the appropriate linear velocity of planting tray conveyor set equal to 16.67 meters per minute (0.28 meters per second). For the planting material feeding set1 (pre) has the angle of repose is 30 degrees and revolution speed of vibrating motor is 1,673 rpm. which has a feeding capacity equal to 67 kilograms per hour. This condition can be control amount of planting material feeding in the middle of the hole by requirement method. The single-grain rice sprinkling set has the incline angle is 16 degrees and the combination of double vibrating motor are 1818 and 1648 rpm. in revolution speed, respectively. The effects of this set can be show single-grain rice sprinkling efficiency equal to 92 percent.

Keywords: Seedling machine, Tray conveyor set, Single-rice seedling system, Automatic control unit, Single-grain rice sprinkling efficiency

บทนำ

การทำเกษตรกรรมถือว่าเป็นอาชีพหลักของคนไทยมาอย่างยาวนาน เป็นอยู่ข้าวอยู่น้ำ ชับเคลื่อนเศรษฐกิจ และหล่อเลี้ยงคนในประเทศ แต่ในปัจจุบันผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการขาดแคลนแรงงาน ทำให้ต้องมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิต ควบคุมคุณภาพ และลดการใช้แรงงานจากคน โดยเฉพาะในการเพาะปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีเป้าหมายการใช้ข้าวเพื่อการส่งออก การบริโภค การอุตสาหกรรมและผลิตเมล็ดพันธุ์ในปี 2563 - 2564 จำนวน 28.786 ล้านตัน คิดเป็นพื้นที่ถึง 70 ล้านไร่ (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ข้าว, 2563) ทำให้ต้องมีการวางแผนการผลิตเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ จากปัญหาดังกล่าวได้มีกลุ่มชาวนารุ่นใหม่ได้พยายามปรับปรุงการดำเนินงานแบบใหม่ที่เรียกว่า การทำนาแบบเอสอาร์ไอแบบประยุกต์โดยมีการพัฒนาขึ้นในมาดากัสการ์ โดยชาวฝรั่งเศสชื่อ อองรี เดอ โลลानी (สารัลย์, 2558) ซึ่งทำงานร่วมกับเกษตรกรและเพื่อนร่วมงานชาวมาลากาซีในช่วงปี พ.ศ. 2504 - 2538 เพื่อปรับปรุงวิธีผลิตข้าวในประเทศ ด้วยความปรารถนาที่จะให้ชาวนามาลากาซีให้ได้ผลผลิตต่อไร่ที่มากขึ้น ซึ่งระบบการผลิตข้าวแบบ System of rice intensification (SRI) มีหลักปฏิบัติที่สำคัญ 5 ข้อ (VN S.R.I. Booklet Eng, 2012) คือ (1) ในการปักดำต้นกล้าควรมีใบไม่เกิน 3 ใบ (2) เป็นการปักดำที่มีระยะห่างระหว่างต้นเท่ากันเช่น 25x25 cm โดยใช้ต้นกล้าเพียงต้นเดียว (3) ต้องมีการควบคุมน้ำโดยปล่อยให้หน้าดินแห้งและเปียกสลับกัน (4) ต้องมีการกำจัดวัชพืชระหว่างแถวเมื่อต้นข้าวมีอายุ 12 - 15 วัน และ 25 - 27 วัน (5) ควรจัดการธาตุอาหารสำหรับข้าวให้เหมาะสมข้อดีของระบบการผลิตข้าวแบบ SRI คือ (1) ประหยัดพันธุ์ข้าว เนื่องจากใช้การปักดำกอละหนึ่งเมล็ด ดังนั้น ในหนึ่งไร่จะใช้เมล็ดพันธุ์เพียง 300 - 500 กรัม (ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว) (2) เป็นการปลูกข้าวเพื่อคัดเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่ให้มีข้าวปน เหมาะสำหรับทำเป็นพันธุ์ข้าวในรุ่นต่อไป (3) ผลผลิตของข้าวจะเพิ่มขึ้น เช่น นายโอโนเร อาร์ เกษตรกรซึ่งเริ่มทำงานกับเทฟิไซนา (TEFY SAINA) ในฤดูการผลิตปี 1994/1995 ปลูกข้าวบนพื้นที่เพียง 1.5 ไร่ ผลผลิตที่ได้ 1,500 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเทียบกับ 320 - 480 กิโลกรัม/ไร่ ในฤดูผลิตก่อน (สารัลย์, 2558) และจากผลงานวิจัยของ Japan association of the system of rice intensification พบว่าผลผลิตของข้าวมีค่าเท่ากับ 3,525 กิโลกรัม/เฮกเตอร์ หรือ 1,392 กิโลกรัม/ไร่ (สมาน, 2559) สำหรับประเทศไทยได้มีการทดลองทำเป็นครั้งแรกที่ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถาบันแมคเคนเพื่อการฟื้นฟูสภาพและพื้นที่ของคณะกรรมการคหาทอลิคเพื่อการพัฒนา (สารัลย์, 2558) ในปัจจุบันเกษตรกรได้มีการประยุกต์ใช้ถาดเพาะกล้าขนาด 434 หลุมต่อถาดสำหรับการเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ได้ข้าวหลอมละ 1 เมล็ด สำหรับเวลาที่ใช้ในการเพาะกล้าให้เสร็จหนึ่งถาดนั้นจะต้องใช้เวลา 30 นาทีเป็นอย่างต่ำ ดังนั้นการเพาะกล้าต้นเดียวจำเป็นต้องใช้แรงงานและเวลาเป็นจำนวนมาก เพื่อให้เพียงพอกับพื้นที่เพาะปลูกจึงเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับการทำนาในระบบการเพิ่มผลผลิตข้าวในประเทศไทย

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงได้นำเอาหลักการทำนาแบบเอสอาร์โอมาผสมกับการทำนาโยนอย่างลงตัว โดยข้อดีของการทำนาแบบเอสอาร์โอคือได้ผลผลิตต่อไร่สูง และสามารถควบคุมข้าววัชพืชหรือวัชพืชทั่วไปได้ดีการทำนาแบบเดิม การทำนาแบบเอสอาร์โอแบบประยุกต์ทำได้โดยนำเมล็ดข้าวลงมาเพาะที่ถาดเพาะกล้าโยนให้ได้หลุมละหนึ่งเมล็ดเมื่อข้าวงอกได้ประมาณ 15 วันก็นำไปโยนให้เป็นแถวเป็นแนวเพื่อต่อการควบคุมและกำจัดวัชพืช ในครั้งนี้คณะนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนได้พัฒนาเครื่องหย่อนกล้าโยนได้สำเร็จเพื่อใช้ในการทำนาแบบโยน แต่ประสบปัญหาในขั้นตอนการเตรียมกล้าให้ได้หลุมละหนึ่งเมล็ด มีผลทำให้ต้องใช้แรงงานและ เวลามากในขั้นตอนการเตรียมกล้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการเพาะกล้าโยนแบบอัตโนมัติให้ได้จำนวนข้าวหนึ่งเมล็ดต่อหนึ่งหลุมนาโยนสำหรับการทำนาในระบบเอสอาร์โอแบบประยุกต์เพื่อช่วยลดปัญหาแรงงานและเวลาที่ใช้ในการเพาะกล้า โดยแบ่งแนวทางในการศึกษาเป็น 4 ส่วน คือ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก ออกแบบและพัฒนาเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติ และทดสอบประเมินผลของเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพในการออกแบบและสร้างเครื่องหยอดข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติมาใช้ในการทำงาน เพื่อทดแทนแรงงานคนและประหยัดเวลาในกระบวนการเพาะเมล็ดลงถาดเพาะ ซึ่งการการเพาะเมล็ดลงในถาดเพาะนั้น เพื่อทราบถึงลักษณะทางกายภาพก่อนการออกแบบและสร้างเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงได้ดำเนินการศึกษา ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 มีความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาช่วยในการออกแบบและสร้างเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติดังต่อไปนี้

1. การศึกษาความกว้างและความยาวของเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์จำนวน 50 เมล็ด จากนั้นทำการวัดความกว้างและความยาวโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์
2. ศึกษาการร่วงหล่นของเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 โดยทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิจำนวน 50 เมล็ด นำมาทดสอบหาอัตราการร่วงของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ความสูงต่าง ๆ ด้วยวิธีการปล่อยเมล็ดตกอย่างอิสระ
3. ศึกษาหามุมการไหลของเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิตมุมคงสภาพตั้งสมการที่ 1 (โรสลิโน และคณะ, 2560) ซึ่งพื้นผิวที่ทำการหาคือพื้นเหล็กและพื้นอะคริลิก เพื่อหามุมการไหลของเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 100 กรัม โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาวางบนพื้นผิวที่ต้องการ จากนั้นจึงค่อย ๆ ยกขึ้นจนกระทั่งเมล็ดพันธุ์ข้าวเริ่มไหล จนไหลหมด แล้วอ่านค่ามุมที่ได้ที่ทำซ้ำเช่นนี้ 10 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 1

$$\mu_s = \tan \theta \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ μ_s คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต
 θ คือ มุมการลื่นไถล



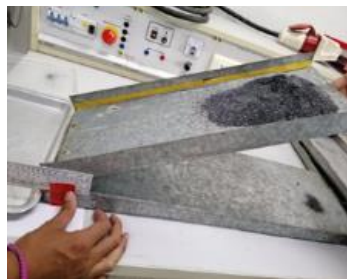
รูปที่ 1 การหามุมการไหลของเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิตมุมคงสภาพ

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของแกลบดำ

1. ศึกษาความชื้นของแกลบดำ เพื่อหาค่าความชื้นที่มีผลต่อการไหล อ้างอิงตามมาตรฐาน AOAC. โดยตัวอย่างการทดสอบ 3 ตัวอย่าง อบด้วยเครื่องอบแบบ Hot air oven ดังรูปที่ 2 ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาความชื้น (%) ตามสมการที่ 2

$$Mw = \frac{w-d}{w} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

2. ศึกษาหามุมการไหลของแกลบดำ การศึกษาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิตมุมคงสภาพ (สมการที่ 1) โดยพื้นผิวที่ทำการศึกษาคือพื้นเหล็ก และพื้นสังกะสี เพื่อหาอัตราการป้อนแกลบแกลบดำลงถาดเพาะโดยนำแกลบดำ 100 กรัมมาวางบนพื้นผิวที่ต้องการ จากนั้นจึงค่อยๆ ยกขึ้นจนกระทั่งแกลบดำเริ่มไหล จนไหลหมด แล้วอ่านค่ามุมที่ได้ ที่ทำซ้ำเช่นนี้ 10 ครั้งดังแสดงในรูปที่ 2 นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิตดังสมการ $\mu = \tan \theta$

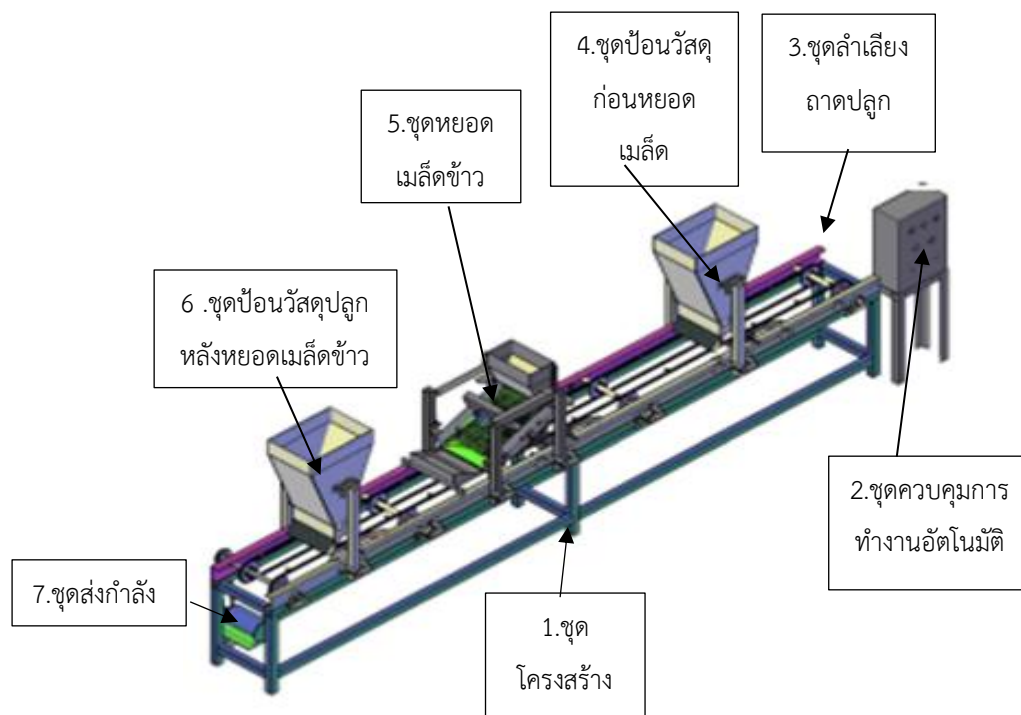


รูปที่ 2 การหามุมการไหลของแกลบดำเพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิตมุมคงสภาพ

การศึกษาการออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติ

โดยการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะกล้านาโยนได้พิจารณาจากลักษณะทางกายภาพทั่วไปของเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ และแกลบดำ ได้มีการนำหลักการและทฤษฎีเครื่องหยอดเมล็ดข้าวชนิดต่าง ๆ มาเป็นข้อมูลในการออกแบบชิ้นส่วนหลัก ส่วนคือ ชุดโครงสร้าง ชุดถังบรรจุแกลบดำโรยรองพื้น ชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว ชุดถังบรรจุแกลบดำโรยกลบหน้า ชุดโซ่ลำเลียง ชุดควบคุมระบบการทำงาน

1. การออกแบบชุดโครงสร้าง ออกแบบให้ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมั่นคง มีการแบ่งสัดส่วนพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีความสมดุล และมีการซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติ

2. ชุดควบคุมระบบการทำงานอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ จึงนำความรู้ทางด้านการใช้โปรแกรม ARDUNO มาประยุกต์ใช้โดยการนำเอาโปรแกรม ARDUNO เป็นส่วนสำคัญของระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างของเครื่อง มีข้อดีคือ ราคาประหยัด และสามารถใช้งานได้นาน ดังรูปที่ 3

3. ชุดลำเลียงถาดปลูก ออกแบบโดยใช้โซ่ลำเลียง เพราะเป็นวัสดุที่ทนทาน แข็งแรง และไม่ทำให้เกิดการลื่นไถลระหว่างการลำเลียง ดังรูปที่ 3

4. การออกแบบชุดถังบรรจุวัสดุปลูกเพื่อโรยร่องพื้นและกลบเมล็ดข้าว ออกแบบให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมคางหมูขนาดพอดี โดยพิจารณาจากการศึกษาน้ำหนักและมุมการไหลของวัสดุปลูกมาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบสามารถ 350 ลูกบาศก์เซนติเมตร ควบคุมการโรยด้วยระบบมอเตอร์สั่นสะเทือน ดังรูปที่ 3

5. การออกแบบแผ่นโรยเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยออกแบบความกว้างและความยาว ให้มีขนาดใกล้เคียงกับถาดเพาะ และออกแบบรูหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวมีจำนวนรู 434 รู เท่ากันกับหลุมถาดเพาะ โดยพิจารณาจากการศึกษาหาความยาวและความกว้างของเมล็ดพันธุ์ข้าว มาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบความกว้างของรูหยอดเมล็ดมีขนาด 3 มิลลิเมตร มีความยาวของรู 13 มิลลิเมตร และมอเตอร์สั่นสะเทือนเพื่อทำให้เมล็ดข้าวมีการเคลื่อนตัวไปยังหลุมกำหนดเมล็ด มอเตอร์ตัวที่ 1 ติดตั้งที่ตำแหน่งกลางของชุดโรยข้าว และตัวที่ 2 ติดตั้งที่ด้านหลัง ของชุดโรยข้าวกลาง ดังรูปที่ 4 ทำการทดสอบโดยปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

6. ออกแบบชุดส่งกำลังด้วยมอเตอร์ ใช้พูลเลย์สายพานร่อน V หน้าตัดแบบ B เพราะสามารถส่งกำลังได้ดีและหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด เลือกใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง เพราะให้ประสิทธิภาพในการส่งกำลังได้ดี สมำเสมอ ไม่ส่งเสียงดัง โดยใช้การคำนวณเพื่อเลือกขนาดพูลเลย์สายพานและแรงม้าที่เหมาะสมกับความเร็วรอบที่ใช้ในการ ดังรูปที่ 3

การทดสอบประเมินผลเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติ

โดยการทดสอบประเมินผลเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติ จะทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติแบ่งออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ ชุดถึงบรรจุวัสดุปลูกเพื่อโรยรองพื้นก่อนการหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว ชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว ชุดป้อนวัสดุปลูกกลับเมล็ดหลังโรยเมล็ดพันธุ์ข้าวลงหลุม

1. การทดสอบชุดถึงบรรจุวัสดุปลูกเพื่อโรยรองพื้นก่อนการหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว ดำเนินการปรับความเร็วรอบมอเตอร์ สั่นสะเทือน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบมอเตอร์สั่นสะเทือนในระดับที่แตกต่างกันสามระดับ โดยมีโดยกำหนดปริมาณวัสดุปลูกอยู่ที่ ½ ของแต่ละหลุมเป็นค่าชี้ผล

2. การทดสอบชุดโรยข้าวเมล็ดเดียว ดำเนินการโดยกำหนดมุมเอียง 3 ระดับ และกำหนดความเร็วรอบมอเตอร์ สั่นสะเทือนตัวที่หนึ่งและตัวที่สองที่ระดับความเร็ว 1533,1435 1818,1648 2044,1853 รอบต่อนาที ตามลำดับนำถาดเพาะกล้านาโยนขนาด 434 หลุม วางไว้ตำแหน่งที่เหมาะสมของชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ จากนั้นทำการเปิดชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิและนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิที่ร่วงหล่นลงในถาดเพาะ ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และนำผลมาคำนวณหาประสิทธิภาพการหยอดเมล็ด และความสามารถในการทำงานของเครื่อง

3. การประเมินผลเครื่องหยอดข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบผลการประเมินเครื่องหยอดข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติซึ่งใช้ค่าชี้ผลในการประเมินผลหาค่า ประสิทธิภาพเครื่องหยอดข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติ ความสามารถในการทำงานเครื่องหยอดข้าวสำหรับนาโยน โดยใช้สมการการคำนวณดังแสดงในสมการที่ (3) - (4)

เมื่อ	Efficiency	=	$((S-H)/H) \times 100 \dots \dots \dots (3)$
	Efficiency	=	ประสิทธิภาพการทำงาน
	S	=	จำนวนเมล็ดในหลุม
	H	=	จำนวนหลุมทั้งหมด
เมื่อ	Capacity	=	$P/T \dots \dots \dots (4)$
	Capacity	=	กำลังการผลิต (ถาด/ชั่วโมง)
	P	=	จำนวนถาด (ถาด)
	T	=	เวลา (ชั่วโมง)

ผลการวิจัย

การศึกษาการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหอมมะลิ 105 เพื่อนำข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นที่ได้ไปออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติโดยใช้ถาดคัดเมล็ดพันธุ์ ทำการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่อง ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหอมมะลิ 105

1. ผลการศึกษาขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 ผลจากการศึกษาพบว่ามีความยาวของเมล็ดเฉลี่ย 10.09 มิลลิเมตร และกว้าง 2.14 มิลลิเมตร

2. ผลการศึกษาการร่วงหล่นของเมล็ดพันธุ์ข้าว ผลจากการศึกษาพบว่าอัตราการร่วงหล่นของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ความสูง 0.2 เมตร ใช้เวลา 0.02 นาที่ ที่ความสูง 0.3 เมตร ใช้เวลา 0.04 นาที่ ที่ความสูง 0.4 เมตร ใช้เวลา 0.06 นาที่

3. ผลการศึกษาการหามุมการไหลของเมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตยโดยเปรียบเทียบพื้นผิวที่อะคริลิกและพื้นเหล็ก เพื่อนำผลที่ได้เป็นแนวทางออกแบบชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาวางบนพื้นผิว จากนั้นจึงค่อย ๆ ยกขึ้นจนกระทั่งเมล็ดพันธุ์ข้าวเริ่มไหลลง และเมื่อเมล็ดพันธุ์ข้าวไหลหมด โดยได้ค่ามุมการไหลโดยเฉลี่ยของพื้นอะคริลิกที่มุมเริ่มไหล และมุมไหลหมด เท่ากับ 12.4 และ 23 องศา และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตยที่มุมเริ่มไหล และมุมไหลหมด เท่ากับ 0.22 และ 0.42 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการศึกษาหามุมการไหลของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่พื้นผิวเหล็ก ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตยโดยพื้นผิวเหล็ก เพื่อนำผลที่ได้เป็นแนวทางออกแบบชุดหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาวางบนพื้นผิวเหล็ก จากนั้นจึงค่อย ๆ ยกขึ้นจนกระทั่งเมล็ดพันธุ์ข้าวเริ่มไหลลง และเมื่อเมล็ดพันธุ์ข้าวไหลหมด โดยได้ค่ามุมเริ่มไหล และมุมไหลหมด โดยเฉลี่ยของพื้นผิวเหล็ก 23.8 และ 30 องศา และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตยที่ 0.44 และ 0.57 ตามลำดับจากผลการศึกษา ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตยของวัสดุทั้งสองชนิดมีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานโดยพื้นผิวอะคริลิกและผิวเหล็ก

ข้อมูล	มุมการไหล (องศา)			
	มุมเริ่มไหลผิว	มุมเริ่มไหลผิว	มุมไหลหมดผิว	มุมไหลหมดผิว
	อะคริลิก	เหล็ก	อะคริลิก	เหล็ก
ค่าต่ำสุด	10	22	20	30
ค่าสูงสุด	13	25	30	30
เฉลี่ย	12.4	23.8	23	30
สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย	0.22	0.44	0.42	0.57

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก

1. การศึกษาความชื้นของวัสดุปลูกสุ่มตัวอย่างในการทดลอง ผลจากการศึกษาพบว่าวัสดุปลูกมีความชื้นเฉลี่ย 25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

2. การศึกษาหามุมการไหลของวัสดุปลูกที่พื้นผิวเหล็ก ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตยโดยพื้นผิวที่ทำการหา คือพื้นเหล็ก เพื่อนำผลที่ได้เป็นแนวทางออกแบบถังบรรจุ โดยนำวัสดุปลูกมาวางบนพื้นผิว จากนั้นจึงค่อย ๆ ยกขึ้นจนกระทั่งวัสดุปลูกเริ่มไหลลงแล้วอ่านค่ามุมที่วัสดุปลูกไหลหมด โดยได้ค่ามุมเริ่มไหล และมุมไหลหมด โดยเฉลี่ยของพื้นผิวเหล็ก เท่ากับ 35.5 และ 50.8 องศา และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย เท่ากับ 0.71 และ 1.22 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการศึกษาหามุมการไหลของวัสดุปลูกที่พื้นผิวสังกะสี ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตยโดยพื้นผิวที่สังกะสี เพื่อนำผลที่ได้เป็นแนวทางออกแบบถังบรรจุ โดยนำวัสดุปลูกมาวางบนพื้นผิว จากนั้นจึงค่อย ๆ ยกขึ้นจนกระทั่งวัสดุปลูกเริ่มไหลลงแล้วอ่านค่ามุมที่วัสดุปลูกไหลหมด โดยได้ค่ามุมเริ่มไหล และมุมไหลหมด โดยเฉลี่ยของพื้นผิวเหล็ก 25.2 และ

39.6 องศา และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์ที่ 0.47 และ 0.82 ตามลำดับ จากผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์ของวัสดุทั้งสองชนิดมีค่าแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบมุมการไถล และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์ของวัสดุปลูกพื้นผิวหลักกับพื้นสังกะสี

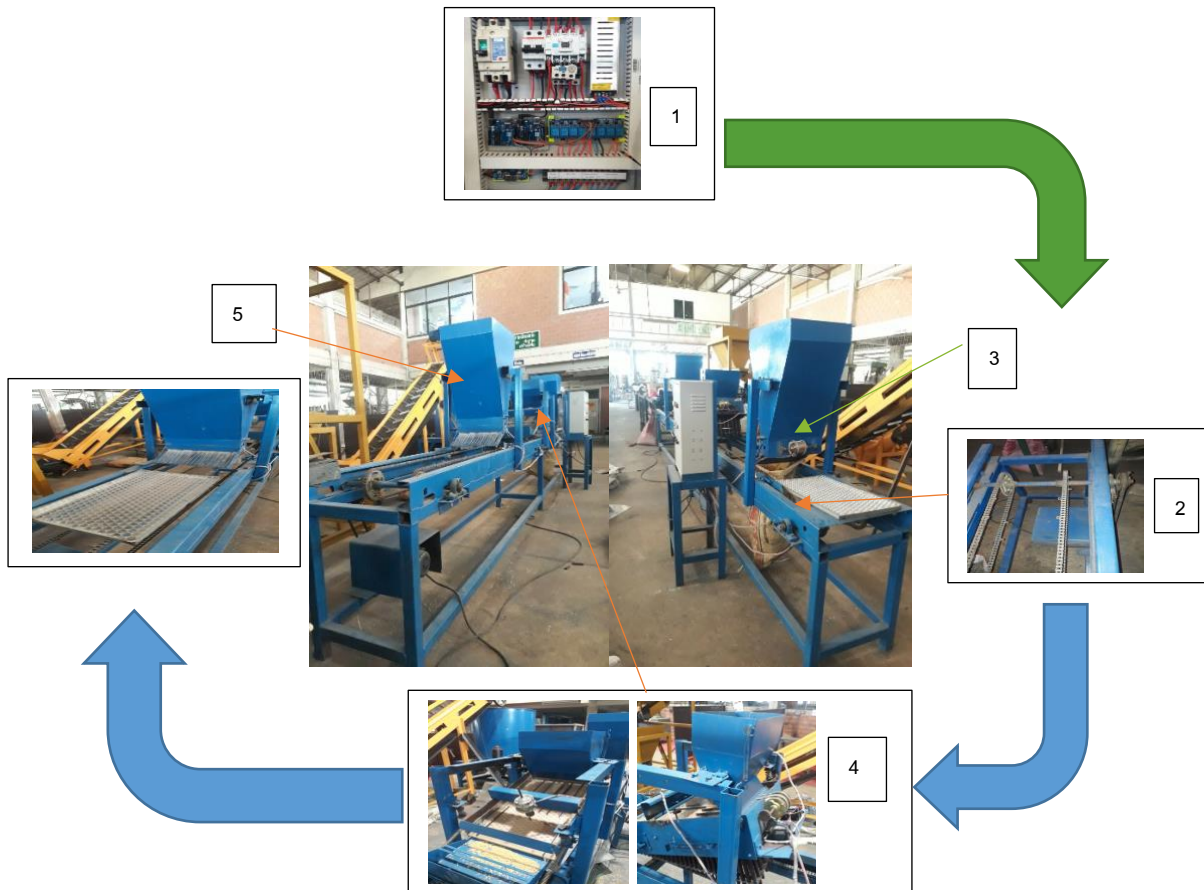
ข้อมูล	มุมการไถล (องศา)			
	มุมเริ่มไถล	มุมเริ่มไถล	มุมไถลหมด	มุมไถลหมด
	ผิวหลัก	ผิวสังกะสี	ผิวหลัก	ผิวสังกะสี
ค่าต่ำสุด	35	25	50	38
ค่าสูงสุด	36	26	52	41
เฉลี่ย	35.5	25.2	50.8	39.6
สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตย์	0.71	0.47	1.22	0.82

ผลการสร้างเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติ และขั้นตอนการทำงาน

การออกแบบสร้างเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวมีส่วนประกอบตามขั้นตอนการทำงานดังนี้ ชุดโครงสร้าง ชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ชุดลำเลียงเมล็ดปลูก ชุดป้อนวัสดุปลูก ชุดหยอดเมล็ดข้าว ชุดป้อนวัสดุปลูกหลังการหยอดเมล็ดข้าว

การออกแบบชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติโดยใช้ตู้คอนโทรลขนาด ความกว้าง 200 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร ความลึก 150 มิลลิเมตรชุดควบคุมประกอบด้วยระบบเปิด-ปิด ได้แก่ เมนเบรค เบรคเกอร์ และแม่กเนติก ระบบรับข้อมูลและสั่งการ ได้แก่ บอร์ดอาดูโน R3 รีเลย์ 8 ขาแนล และลิมิตสวิสท์ เหตุผลที่เลือกใช้อุปกรณ์ที่กล่าวมาทั้งหมด เนื่องจากหาซื้อง่ายตามท้องตลาดและมีราคาถูก

หลักการทำงานดังนี้ เมื่อต้นคันสวิทช์อยู่ในสถานะเปิด ที่ชุดควบคุม 1 ชุดลำเลียงเมล็ดเพาะกล้า 2 จะทำงาน การวางเมล็ดเพาะกล้าลงในโซ่ลำเลียงขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนการทำงาน เมื่อเมล็ดเพาะกล้าถูกลำเลียงผ่านเซ็นเซอร์ระบบสั่งด้วยมอเตอร์ของถังโรยวัสดุปลูก 3 จะทำงานทำให้วัสดุปลูกถูกโรยลงในถาดเพาะกล้า ในขณะเดียวกันชุดควบคุมการหยอดเมล็ดจะเตรียมเมล็ดพันธุ์ลงไปในห้องหยอดด้วยระบบสั่งด้วยมอเตอร์ 4 เมื่อถาดเพาะกล้าเลื่อนผ่านเซ็นเซอร์ระบบจะสั่งการให้ชุดลำเลียงถาดเพาะกล้าหยุดในตำแหน่งหยอด จากนั้นระบบจะสั่งการเปิดชุดหยอดทำงานเมล็ดข้าวจะร่วงลงถาดเพาะกล้า จากนั้นระบบจะสั่งการให้ชุดลำเลียงถาดเพาะกล้าทำงานอีกครั้งเมื่อถาดเพาะกล้าเลื่อนผ่านเซ็นเซอร์ควบคุมการทำงานของชุดโรยวัสดุเพื่อกลบเมล็ดข้าวอีกครั้งเป็นเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวแบบอัตโนมัติ

ผลการทดสอบระบบโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติ

ภายหลังการสร้างเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติสำเร็จ นักวิจัยได้ทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ของความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดลำเลียงถาดเพาะกล้า อัตราการปล่อยวัสดุปลูก การหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว และการปล่อยวัสดุปลูกหลังการหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว เพื่อหาประสิทธิภาพการหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าว และความสามารถในการทำงานได้ผลดังนี้

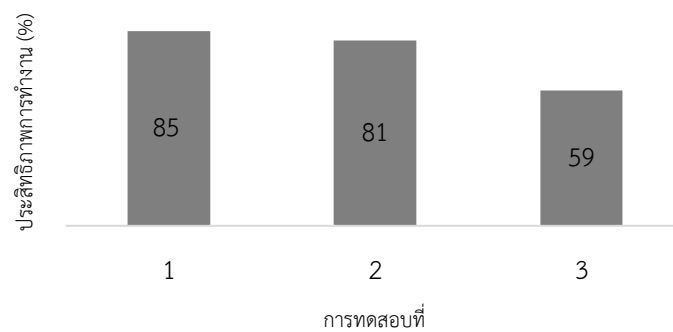
1. ผลการทดสอบชุดลำเลียงถาดเพาะกล้า ผู้วิจัยได้กำหนดความเร็วเชิงเส้นของชุดลำเลียงถาดเพาะกล้าที่ความเร็วเชิงเส้น 16.67 เมตรต่อนาที จากการทดสอบเบื้องต้นความเร็วจะมีความสัมพันธ์ในการทำงานของเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติ และชุดปล่อยวัสดุปลูกที่สามารถปรับอัตราการป้อนได้ $\frac{1}{2}$ ของหลุมเพาะกล้า

2. ผลการทดสอบชุดโรยวัสดุปลูกก่อนโรยเมล็ดข้าว ผลการทดสอบในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดปริมาณของวัสดุปลูกเพื่อรองก้นหลุมของถาดเพาะปลูกที่ปริมาณ $\frac{1}{2}$ หลุมซึ่งการทดสอบในครั้งนี้ได้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สั่นสะเทือนที่สามารถกำหนดปริมาณการปล่อยวัสดุปลูกได้อย่างเหมาะสมที่ระดับความเร็วมอเตอร์สั่นสะเทือน 1673 รอบต่อนาที ด้วยอัตราการป้อนที่ 67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3. ผลการทดสอบชุดโรยเมล็ดข้าว ผลการทดสอบในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของชุดโรยเมล็ดข้าว 15 16 และ 17 องศา กับความเร็วของมอเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 1 ได้ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 5 - 7 และสรุปผลดังแสดงในรูปที่ 8

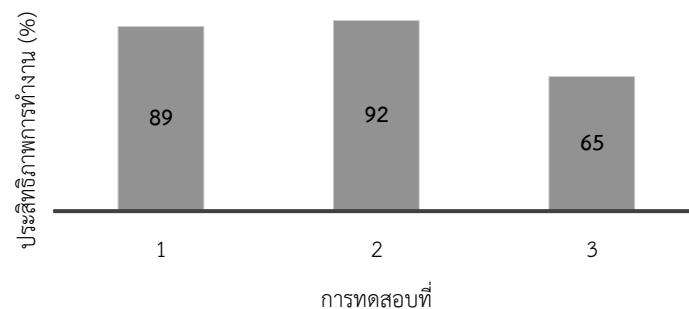
ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมเอียงของชุดโรยเมล็ดข้าว 15 16 และ 17 องศา กับความเร็วของมอเตอร์ตัวที่ 1 และ 2

มอเตอร์สันสะท้อน	การทดสอบที่ 1 (rpm)	การทดสอบที่ 2 (rpm)	การทดสอบที่ 3 (rpm)
ตัวที่ 1	1533	1818	2044
ตัวที่ 2	1435	1648	1853
ประสิทธิภาพ (%)	85	81	59



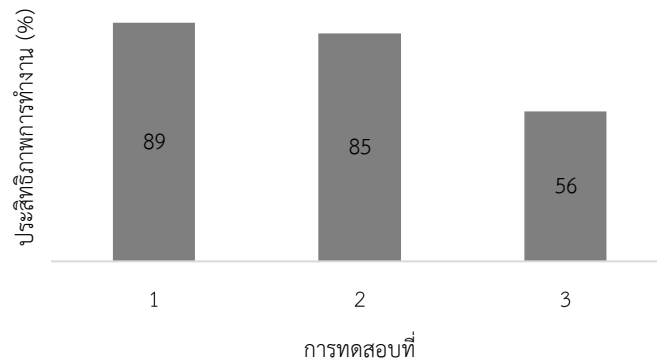
รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบของความเร็วของมอเตอร์สันสะท้อน ตัวที่ 1 และ 2 ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานที่มุมเอียงเครื่องโรยเมล็ดข้าว 15 องศา

จากการทดสอบเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติที่ มุมเอียง 15 องศา (รูปที่ 5) เปรียบเทียบเปรียบเทียบความเร็วรอบมอเตอร์สันสะท้อนตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ที่มีความเร็วแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับความเร็ว 1533, 1435 1818, 1648 และ 2044, 1853 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่ามีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์สันสะท้อนเป็น 89 81 และ 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



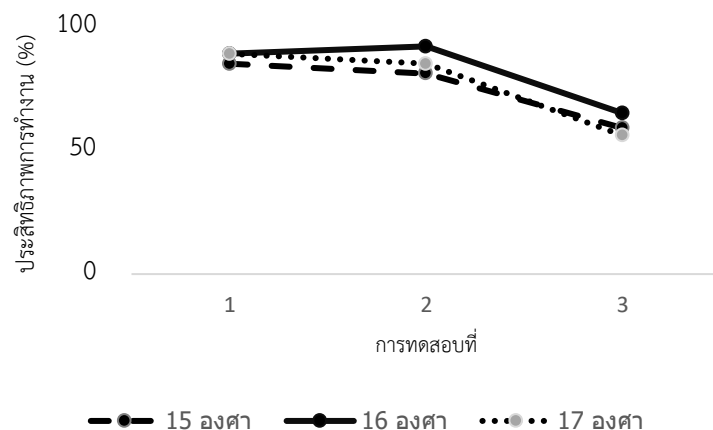
รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบของความเร็วของมอเตอร์สันสะท้อน ตัวที่ 1 และ 2 ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานที่มุมเอียงเครื่องโรยเมล็ดข้าว 16 องศา

จากการทดสอบเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติที่ มุมเอียง 16 องศา (รูปที่ 6) เปรียบเทียบเปรียบเทียบความเร็วรอบมอเตอร์สันสะท้อนตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 ที่มีความเร็วแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับความเร็ว 1533, 1435 1818, 1648 และ 2044, 1853 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่ามีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์สันสะท้อนจะทำให้ประสิทธิภาพการหอยลดลงเป็น 89 92 และ 65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบของความเร็วของมอเตอร์สันสะเทือน ตัวที่ 1 และ 2 ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานที่มุมเอียงเครื่องโรยเมล็ดข้าว 17 องศา

จากการทดสอบเครื่องโรยเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติที่มุมเอียง 17 องศา (รูปที่ 7) เปรียบเทียบเปรียบเทียบความเร็วรอบมอเตอร์สันสะเทือนตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 ที่มีความเร็วแตกต่างกัน พบว่า ที่ระดับความเร็ว 1533, 1435 1818, 1648 และ 2044, 1853 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่ามีผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องโรยเมล็ดมีแนวโน้มลดลงเป็น 89 85 และ 56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับเมื่อเพิ่มความเร็วรอบมอเตอร์สันสะเทือนตามลำดับ



รูปที่ 8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องโรยเมล็ดเดี่ยวอัตโนมัติที่มุมเอียงเครื่องโรยเมล็ดข้าวที่ระดับ 15 16 และ 17 องศา

จากรูปที่ 8 ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบและ ทดสอบที่มุมเอียงของเครื่องโรยเมล็ดเดี่ยวที่ระดับ 15 16 และ 17 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์สันสะเทือนตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 1533, 1435 1818, 1648 และ 2044, 1853 รอบต่อนาที ตามลำดับ มีผลต่อประสิทธิภาพการโรยเมล็ดเดี่ยวจากการศึกษาพบว่า ที่ระดับมุมเอียงเครื่องโรยเมล็ด 16 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์สันสะเทือน ตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 ที่ความเร็วรอบ 1818 และ 1648 รอบต่อนาที ส่งผลให้ประสิทธิภาพการโรยเมล็ดเดี่ยวเป็น 92 เปอร์เซ็นต์

บทสรุป

ผลการศึกษาเมื่อทำการออกแบบและสร้างระบบโรยข้าวอัตโนมัติแล้วเสร็จจากนั้นได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่างๆพบว่าชุดลำเลียงถาดปลูกมีความเร็วเชิงเส้นในการลำเลียงที่เหมาะสม เท่ากับ 16.67 เมตรต่อนาที (0.28 เมตรต่อวินาที) ชุดป้อนวัสดุปลูก (ก่อนโรย) มีความเร็วรอบมอเตอร์สั่นสะเทือนที่เหมาะสมเท่ากับ 1.673 รอบต่อนาที ส่งผลทำให้มีอัตราการป้อนวัสดุปลูกเท่ากับ 67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณการป้อนวัสดุปลูกได้ตามความต้องการคือ ความสูง $\frac{1}{2}$ ของหลุมถาดปลูก สำหรับผลการทดสอบที่มุมเอียงของเครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวที่ระดับ 15 16 และ 17 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์สั่นสะเทือนตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 1533, 1435 1818, 1648 และ 2044, 1853 รอบต่อนาที ตามลำดับ มีผลต่อประสิทธิภาพการโรยข้าวเมล็ดเดียวจากการศึกษาพบว่า ที่ระดับมุมเอียงเครื่องโรยเมล็ด 16 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์สั่นสะเทือน ตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 ที่ความเร็วรอบ 1818 และ 1648 รอบต่อนาที ส่งผลให้ประสิทธิภาพการโรยข้าวเมล็ดเดียวเป็น 92 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ 2561 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัยและทดสอบระบบโรยข้าวเมล็ดเดียวอัตโนมัติโดยใช้ถาดคัดเมล็ดพันธุ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำชี้แนะ ขอขอบคุณโปรแกรมช่างกลเกษตร สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความสะดวกตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกลเกษตร ที่ช่วยทำการทดสอบจนงานวิจัยสำเร็จในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- โรสลีนา จาราแว, ดาริกา จาเอาะ, นัสนีนา เจ๊ะมะ และฮูเซ็ง ซายดานา. (2560). ชุดทดลองสัมประสิทธิภาพความเสียดทานของพื้นผิว. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 6 “สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0” 18 ตุลาคม 2560 มหาวิทยาลัยฟาฏอนี ยะลา: 1822-1837.
- สมาน คันทรินธ์. (2559). เครื่องโรยข้าวเมล็ดเดียวในถาดเพาะกล้านาโยนสำหรับระบบการเพิ่มผลผลิตข้าว. วารสาร มทร. อีสาน. 9 (1): 129-134.
- สารัลย์ กระจง. (2558). การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องเพาะกล้านาโยนแบบครบวงจรสู่เครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์เขตจังหวัดอุดรดิตถ์. รายงานการวิจัย. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อุดรดิตถ์.
- สมพร หงส์ก, ตะวัน ตั้งโกศล, วัชรายุทธ ลำดวน และคุณานนต์ ศักดิ์กำปัง. (2560). เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวใส่ถาดนาโยนด้วยระบบนิวแมติกส์ เพื่อการทำนาแบบประณีต. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31, 4 – 7 กรกฎาคม 2560. นครนายก.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ข้าว. (2563). แผนการผลิตและการตลาดข้าวครบวงจร ปี 2563. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ข้าว. (ร่าง) คู่มือการตรวจและติดตาม. กรมการข้าว.
- Dzung N.T. (2012). Simple and Effective S.R.I. and Agriculture Innovation. Available: http://S.R.I.ciifad.cornell.edu/countries/vietnam/VN_S.R.I._booklet_Eng2012.pdf. Accessed Dec. 2, 2019.

VN S.R.I. Booklet Eng. (2012). Simple and Effective S.R.I. and Agriculture Innovation.
Access (2 December 2013). Available (http://S.R.I..ciifad.cornell.edu/countries/vietnam/VN_S.R.I._booklet_Eng2012.pdf)

Received: October 31, 2020; Revised: December 9, 2020; Accepted: December 14, 2020

การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์สำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์

Development of the herbal tablet compression machine using in-line camshaft for Thai traditional medical, Kab Choeng District, Surin Province

ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร^{1*} ชูชาติ พยอ¹ และศุภชัย แก้วจันทร์¹

Panumet Suksrisiriwat¹, Choochart Phayom¹ and Suphachai Kaeochan¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

*Corresponding Author E-mail Address: P_7722@hotmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์สำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย ตำบลกาบเชิง อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร แบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของชุมชนแพทย์แผนไทยกาบเชิง ที่มีต่อเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร แบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ กับสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ขมิ้นชัน ฟักทะลายโจร และนวโกฏ โดยในแต่ละชนิดทำการทดสอบ 5 ครั้ง ๆ ละ 30 เม็ด ประเมินทางกายภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความหนาของเม็ดยาที่ 6 มิลลิเมตร ด้านความกว้างของเม็ดยาที่ 8 มิลลิเมตร และด้านน้ำหนักของเม็ดยาที่ 0.60 กรัมต่อเม็ด สรุปผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ ด้านความหนาของเม็ดยาที่ 6 มิลลิเมตร พบว่าสมุนไพรขมิ้นชัน ฟักทะลายโจร และนวโกฏ มีความหนาตามที่กำหนดไว้เฉลี่ย 28 29 และ 28 เม็ด ตามลำดับ ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพด้านความกว้างที่ 8 มิลลิเมตร พบว่าสมุนไพรขมิ้นชัน ฟักทะลายโจร และนวโกฏ มีความกว้างตามที่กำหนดไว้เฉลี่ย 29 29 และ 29 เม็ด ตามลำดับ และผลการประเมินลักษณะทางกายภาพด้านน้ำหนักที่ 0.60 กรัม พบว่าสมุนไพรขมิ้นชัน ฟักทะลายโจร และนวโกฏ มีน้ำหนักตามที่กำหนดไว้เฉลี่ย 28 27 และ 28 เม็ด ตามลำดับ ผลการศึกษาพึงพอใจที่มีต่อเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร 5 ด้าน ได้แก่ ด้านองค์ประกอบของเครื่อง ด้านการใช้งานของเครื่อง ด้านผลผลิตที่ได้ ด้านความปลอดภัย และด้านคู่มือการใช้งานของเครื่อง พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46

คำสำคัญ: เครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร เพลาลูกเบี้ยว แพทย์แผนไทย

Abstract

The development of herbal tablet press machine, it aims to create and find efficiency of herbal tablet press machine and to study the satisfaction of the Kab Choeng Thai traditional medicine community with the eccentric camshaft type herbal tablet press. The results found that the efficiency of the herbal tablet compression machine using in-line camshaft tested with 3 herbals i.e. Turmeric (*Curcuma Longa*), Kariyat (*Andrographis Paniculata*) and Nawakot (*Navagoth*) that each herbal was tested 5 replications with 30 tablets per replication was illustrated following their 3 physical characteristics: thickness at 6 mm, width at 8 mm and weight at 0.60 g/tablet. When concluded in the physical characteristic at 6 mm width, the average thickness values of Turmeric, Kariyat and Nawkot were 28 29 and 28 tablets, respectively. Besides, when evaluated in the physical characteristic at 8 mm width, the average width values of Turmeric, Kariyat and Nawkot were 29 29 and 29 tablets, respectively. And for the physical characteristic at 0.60 g weight, the average weight values of Turmeric, Kariyat and Nawkot were 28 27 and 28 tablets, respectively. The satisfaction values of the herbal tablet compression machine in the aspects of machine component, machine using, product, safe and machine manual were overall in high level at the average of 4.46

Keywords: Tablet compression machine, Camshaft, Thai traditional medicine

บทนำ

โรงพยาบาลกาบเชิงนับเป็นโรงพยาบาลชุมชนแห่งแรกของจังหวัดสุรินทร์ ที่ได้ริเริ่มการพัฒนาการผลิตยาสมุนไพรเพื่อให้บริการผู้ป่วยและให้การสนับสนุนแก่สถานบริการสาธารณสุขอื่นทั้งในและนอกจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งนับเวลาการเปิดบริการในส่วนนี้นานกว่า 20 ปี โดยงานผลิตยาสมุนไพรเป็นส่วนหนึ่งของงานแพทย์แผนไทย ฝ่ายเภสัชกรรมชุมชน ซึ่งยาสมุนไพรแต่ละตำรับที่ได้ผลิตนั้นได้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้และส่งมอบตำรับเพื่อให้ผู้ป่วยได้ใช้ประโยชน์จากทั้งหมดที่บ้าน ผู้เชี่ยวชาญ และเป็นที่เคารพนับถือ คณาจารย์ทางการแพทย์แผนไทยผู้ทรงคุณวุฒิและมากด้วยประสบการณ์ อีกทั้งบางส่วนยังพัฒนารูปแบบตำรับยาจากเอกสารทางวิชาการ การค้นคว้าวิจัยด้านสมุนไพร และตำรับตำราทางด้านสมุนไพรปัจจุบันโรงพยาบาลกาบเชิงได้ผลิตยาสมุนไพรเพื่อให้บริการด้านสุขภาพแก่ประชาชนและสนับสนุนให้หน่วยงานอื่น ๆ รวมถึงกว่า 45 ตำรับ โดยแบ่งได้เป็น 9 รูปแบบยา ได้แก่ ยาต้ม ยาขง ยาผง ยาลูกกลอน ยาแคปซูล ยาน้ำ ยาหิงเจอร์ (ยาตองแอลกอฮอล์ใช้ทาภายนอก) ยาน้ำมันและลูกประคบสมุนไพร (ปีทมาพร และคณะ, 2559) ในปัจจุบันกระแสนิยมผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพมีเพิ่มมากขึ้น สมุนไพรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการตอบสนองความต้องการดังกล่าว ประกอบกับประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตสมุนไพรที่สำคัญ โดยวัตถุดิบสมุนไพรสามารถนำมาแปรรูปเบื้องต้นเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย และเป็นที่ต้องการของตลาด ทั้งในรูปของยารักษาโรค อาหารเสริม เครื่องสำอาง และยากำจัดศัตรูพืช เป็นต้น จึงมีศูนย์สมุนไพรชุมชน โรงพยาบาล ผู้ประกอบการ และมีผู้พยายามศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนายาสมุนไพรให้สามารถนำมาใช้ในรูปแบบที่สะดวกยิ่งขึ้น เช่น นำมาบดเป็นผงบรรจุแคปซูล ตอกเป็นเม็ดยา เตรียมเป็นครีมหรือยาขี้ผึ้งเพื่อใช้

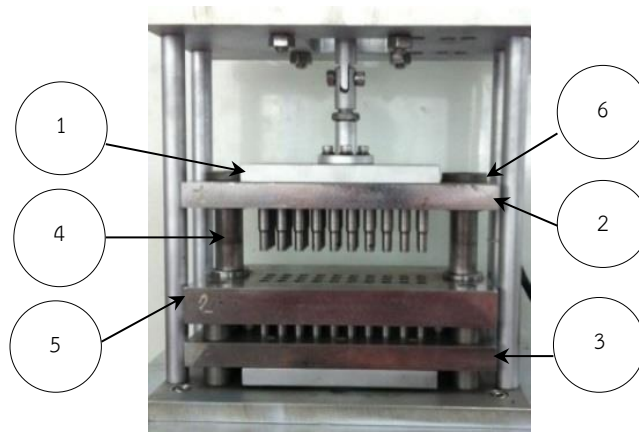
ทากายนอก และแปรรูปในลักษณะอื่นๆ สมุนไพรไทยจึงมีโอกาสนในการพัฒนาเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศ (ฐาปนา, 2555)

ในการแปรรูปสมุนไพรของศูนย์สมุนไพรจะมีกระบวนการแปรรูปที่หลากหลาย เช่น สมุนไพรตากแห้งแล้วนำมาบดเป็นผงเพื่อนำมาใช้ชงเพื่อดื่ม หรือทำเป็นแคปซูล สมุนไพรประเภทตากแห้งเพื่อทำเป็นยาต้ม หรือลูกประคบ สมุนไพรเพื่อใช้ในการทำ เป็นต้น ซึ่งยังไม่มีมีการแปรรูปสมุนไพรเป็นรูปแบบเม็ด ซึ่งการแปรรูปสมุนไพรรูปแบบเม็ดนั้นจะต้องใช้เครื่องจักรในการอัดเม็ด ซึ่งเครื่องจักรค่อนข้างจะมีราคาสูง การอัดเม็ดยาจะต้องใช้เครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูง สามารถควบคุมปริมาณได้ เครื่องจักรในอุตสาหกรรมยาจะเน้นหนักในเรื่องของชิ้นส่วนจะต้องสะอาด ปลอดภัย และไม่มีสารเจือปน การนำสมุนไพรมาอัดเป็นเม็ดเพื่อให้สะดวกในการรับประทาน เก็บรักษาง่าย และมีอายุการใช้งานนาน เพราะอยู่ในสภาพแห้ง จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ เพื่อใช้สำหรับอัดยาเม็ดสมุนไพรที่เป็นผงให้เป็นเม็ด ซึ่งเป็นเครื่องที่ออกแบบมาให้ใช้งานง่าย มีความสะอาดและปลอดภัย เหมาะกับการแปรรูปสมุนไพรเพื่อจัดจำหน่ายและบริโภคเป็นยาสามัญประจำบ้านต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การออกแบบเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ผู้วิจัยเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่เป็นชิ้นส่วนมาตรฐานจากสถาบันเพื่อการรับรองมาตรฐานอุตสาหกรรม DIN (Deutsches institut für normung) ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และได้ออกแบบส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ดังนี้

1. ชุดแม่พิมพ์อัดเม็ดยาสมุนไพร การออกแบบชุดแม่พิมพ์ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ได้แก่ แสตนเลส เกรด 316 ซึ่งมีคุณสมบัติด้านความสะอาดและสุขอนามัย เหมาะแก่การนำมาใช้ทำเวชภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารและยา โดยมีชิ้นส่วนประกอบ (สมาคมพัฒนาสแตนเลสไทย, 2555) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบชุดแม่พิมพ์

จากรูปที่ 1 ส่วนประกอบชุดแม่พิมพ์อัดเม็ดยาสมุนไพร มีดังนี้

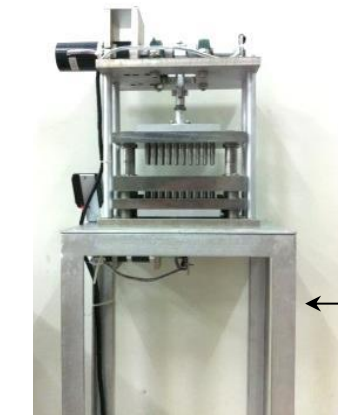
- 1.1 แผ่นยึดจับชุดพUNCH (Punch holder)
- 1.2 แผ่นยึดพUNCH (Punch plate)
- 1.3 แผ่นปลดชิ้นงาน (Stripper plate)

1.4 เสานำมาตรฐาน (Guide posts)

1.5 แผ่นยึดจับตาย (Die holder)

1.6 ปลอกสวม (Bushings)

2. โครงสร้างและการเชื่อมต่อโครงสร้างเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร การออกแบบโครงสร้างและการเชื่อมต่อโครงสร้าง ผู้วิจัยได้เลือกใช้เหล็กฉากฐานเท่ากันกว้าง 45 มิลลิเมตร มีความหนา 3 มิลลิเมตร เป็น Unkilled steel มีความเค้นแรงดึงเกรด 2 ที่ 370 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร L 45 X 3 DIN 1028-U St 37-2 (บรรเลง, 2524) ดังรูปที่ 2



← โครงสร้างเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร

รูปที่ 2 โครงสร้างเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร

การเชื่อมต่อโครงสร้างเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ใช้การเชื่อมต่อโครงสร้างโดยการเชื่อมเว้า (Concave fillet weld) เนื่องจากแนวแรงที่ส่งผ่านบริเวณเชื่อมจะเป็นเส้นโค้งทำให้การสะสมของความเค้นในชิ้นงานน้อยที่สุด

3. ชุดต้นกำลังและส่งกำลัง

3.1 มอเตอร์กระแสตรงชุดอัดเม็ดยา ZYTD-60 SRZ-R1-043-120913 DC 24 โวลต์ กำลังขับ 2,500 รอบ/นาที ต่อเข้าชุดเกียร์ทด ZGX60RMM-F4.4 i No: 1209A12×13 ความเร็ว 10 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3 (ก)

3.2 มอเตอร์กระแสตรงชุดปลดเม็ดยา ZYTD 45S-RZ-R-019 13 H DC 24 โวลต์ กำลังขับ 3,000 รอบ/นาที ต่อเข้าชุดเกียร์ทด ZGX45R GG 562i No: 1305A10×11 ความเร็ว 5 รอบ/นาที ดังรูปที่ 3 (ข)



(ก) มอเตอร์ชุดอัดเม็ดยา



(ข) มอเตอร์ชุดปลดเม็ดยา

รูปที่ 3 ชุดต้นกำลัง

4. เพลาส่งกำลัง การออกแบบโดยการคำนวณหาของเพล่าที่เหมาะสมในการใช้งาน ดังนี้

4.1 เพลาลูกเบี้ยวที่เหมาะสมต่อการใช้งานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร

4.2 เพลาลดเมื่อยาสมุนไพรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เพลาลูกเบี้ยวทดแม่พิมพ์อัดเม็ดยาสมุนไพรม

4.3 ผู้วิจัยเลือกใช้เพล่าที่นำมาทำเพลาลูกเบี้ยวลดเมื่อยาสมุนไพรม St40 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร (7 หุน) ตามขนาดระบุของเพลามาตรฐาน ISO/R775 – 969 และเพลาลูกเบี้ยวลดเมื่อยาสมุนไพรม St 40 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร (6 หุน) ตามขนาดระบุของเพลามาตรฐาน ISO/R775 – 969 และลิ้นขาน ขนาด 5×5×45 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน DIN 6885

5. ชุดควบคุมไฟฟ้าแบบตัดและต่อกระแสไฟฟ้าอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรในการควบคุมการทำงานของเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรม โดยมีชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ทางไฟฟ้า ดังนี้

5.1 สายไฟขนาด SQ. 3 มิลลิเมตร

5.2 มินิสวิตช์ปุ่มกด

5.3 ลิ้มิตสวิตช์ ขนาด 12 โวลต์ และ 24 โวลต์ 15 แอมป์

5.4 หม้อแปลงไฟฟ้า 24 โวลต์ 15 แอมป์

5.5 รีเลย์ ขนาด 24 โวลต์

6. การหาประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรม ในขั้นตอนนี้เป็นการนำเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรม ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ดังรูปที่ 5 ไปทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรม ดังนี้



รูปที่ 5 เครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรที่พร้อมเก็บข้อมูล

6.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร โดยทำการอัดเม็ดยาสมุนไพร จำนวน 30 เม็ด/1 ครั้ง ทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง และทำการประเมินลักษณะทางกายภาพโดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 85 เพื่อหาเม็ดยาสมุนไพรที่มีความสมบูรณ์ทางกายภาพตามที่เกณฑ์กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

6.1.1 เม็ดยามีขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร

6.1.2 เม็ดยามีขนาดความกว้าง 8 มิลลิเมตร

6.1.3 เม็ดยามีน้ำหนัก 0.60 มิลลิกรัม/เม็ด

6.2 สมุนไพรที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ เหง้าขมิ้นชัน ฟัทลายโจร และนวโกฏ

7. การศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ประชากร บุคลากร เจ้าหน้าที่ ฝ่ายการแพทย์แผนไทย จำนวน 10 คน (Krejcie and Morgan, 1970)

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้สถิติค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ผลการหาประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรตามลักษณะการประเมินทางกายภาพ โดยใช้สมการ (ศิริวรรณ, 2545) ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ผลผลิต}}{\text{ปัจจัยการผลิต}}$$

ดำเนินการทดสอบการทำงานของเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด เพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ดังรูปที่ 6



สมุนไพรเหง้าขมิ้นชัน

สมุนไพรฟ้าทะลายโจร

สมุนไพรนาโกฏ

รูปที่ 6 เม็ดยาสมุนไพรแต่ละชนิดที่ผ่านการประเมินทางกายภาพ

สรุปค่าเฉลี่ยรวมผลการประเมินลักษณะทางกายภาพเม็ดยาสมุนไพรทั้ง 5 ครั้ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลรวมการประเมินลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาสมุนไพรตามขนาดที่กำหนดไว้

สมุนไพร	ความหนา 6 มม./เม็ด	ความกว้าง 8 มม./เม็ด	น้ำหนัก 0.60 ก./เม็ด
ขมิ้นชัน	28	29	28
ฟ้าทะลายโจร	29	29	27
นาโกฏ	28	29	28

จากตารางที่ 1 การประเมินลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาสมุนไพรขมิ้นชันตามขนาดที่กำหนดไว้ ทั้ง 3 ด้าน มีความหนาเฉลี่ยจำนวน 28 เม็ด ความกว้างเฉลี่ยจำนวน 29 เม็ด และน้ำหนักเฉลี่ยจำนวน 28 เม็ด

การประเมินลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาสมุนไพรผงขมิ้นชันตามขนาดที่กำหนดไว้ ทั้ง 3 ด้าน มีความหนาเฉลี่ยจำนวน 29 เม็ด มีความกว้างเฉลี่ยจำนวน 29 เม็ด และน้ำหนักเฉลี่ยจำนวน 27 เม็ด

การประเมินลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาสมุนไพรนาโกฏตามขนาดที่กำหนดไว้ ทั้ง 3 ด้าน มีความหนาเฉลี่ยจำนวน 28 เม็ด มีความกว้างเฉลี่ยจำนวน 29 เม็ด และมีน้ำหนักเฉลี่ยจำนวน 28 เม็ด

2. การวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจของบุคลากรกลุ่มงานแพทย์แผนไทย ที่มีต่อการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ทั้ง 5 ด้าน ในภาพรวมสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรทั้ง 5 ด้าน

ด้านที่	ความพึงพอใจรายด้าน	$\bar{X}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
1	ด้านองค์ประกอบของเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร	4.63	0.52	มากที่สุด
2	ด้านการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร	4.38	0.56	มาก
3	ด้านผลผลิตที่ได้จากเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร	4.38	0.56	มาก
4	ด้านความปลอดภัย	4.34	0.64	มาก
5	ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร	4.59	0.52	มากที่สุด
รวม		4.46	0.56	มาก

จากตารางที่ 2 สรุปผลการศึกษาพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรทั้ง 5 ด้าน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อ 1 ด้านองค์ประกอบของเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และข้อ 5 ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ข้อ 4 ด้านความปลอดภัย ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก 4.34 และข้อ 2 ด้านการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร 3 ด้านผลผลิตที่ได้จากเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 ตามลำดับ

3. ข้อเสนอแนะ

จุดแข็ง/จุดเด่นของเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร

1. สามารถอัดได้ครั้งละ 30 เม็ด
2. ตัวเครื่องมีขนาดเล็ก และองค์ประกอบของชิ้นส่วนน้อย ใช้งานง่าย

จุดที่ควรปรับปรุงของเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร

1. การเติมผงยาสมุนไพรลงเข้าไม่สะดวกเท่าที่ควร
2. กำลังอัดน้อยเกินไป
3. ฐานเครื่องควรจะทำขึ้นจากสแตนเลส

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอื่น ๆ

1. ควรมีถาดรองผงยาส่วนเกิน และถาดรองเม็ดยาสมุนไพรที่ผ่านการอัดแล้ว
2. ควรมีการพัฒนาเครื่องให้มีการทำงานที่สะดวกรวดเร็วขึ้นกว่าเดิม ในด้านการเติมผงยาสมุนไพร และการอัดเม็ดยา

สมุนไพร

การอภิปรายผล

การที่ได้มาซึ่งผลการอัดเม็ดยาที่ได้นั้น เป็นผลมาจากการออกแบบเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรให้มีความเหมาะสมในแต่ละองค์ประกอบของชิ้นส่วนที่สำคัญในแต่ละด้าน ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญต่าง ๆ สามารถทำให้เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรมีประสิทธิภาพในการใช้งาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฐาปนา และคณะ (2555) ได้วิจัยเรื่อง เครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ซึ่งด้านการสร้างเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ด้านการสร้างเครื่องมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีค่าระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่า 3.50 (ระดับดี) ตามที่กำหนดไว้ เป็นผลมาจากการออกแบบเครื่อง การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุมาสร้างชุดแม่พิมพ์อัดเม็ดยาสมุนไพรโครงสร้างและการเชื่อมต่อโครงสร้างเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ชุดต้นกำลังและส่งกำลัง และชุดควบคุมไฟฟ้าเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร ทำให้ได้เม็ดยาสมุนไพรที่มีความเหมาะสมทางด้านกายภาพของเม็ดยา

บทสรุป

ผลการหาประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร

ผลการทดสอบการอัดเม็ดยาสมุนไพร ขมิ้นชัน ฟ้าทะลายโจร และนวโกฏ โดยการทดสอบโดยการทำซ้ำ 5 ครั้ง ๆ ละ 30 เม็ด ประเมินทางกายภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความหนาของเม็ดยาที่ 6 มิลลิเมตร ด้านความกว้างของเม็ดยาที่ 8 มิลลิเมตร และด้านน้ำหนักของเม็ดยาที่ 0.60 กรัมต่อเม็ด ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพด้านความหนาของเม็ดยาที่ 6 มิลลิเมตร พบว่าสมุนไพรขมิ้นชัน ฟ้าทะลายโจร และนวโกฏ มีความหนาตามที่กำหนดไว้เฉลี่ย 28 29 และ 28 เม็ด ตามลำดับ ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพด้านความกว้างที่ 8 มิลลิเมตร พบว่าสมุนไพรขมิ้นชัน ฟ้าทะลายโจร และนวโกฏ มีความกว้างตามที่กำหนดไว้เฉลี่ย 29 29 และ 29 เม็ด ตามลำดับ และผลการประเมินลักษณะทางกายภาพด้านน้ำหนักที่ 0.60 กรัม พบว่าสมุนไพรขมิ้นชัน ฟ้าทะลายโจร และนวโกฏ มีน้ำหนักตามที่กำหนดไว้เฉลี่ย 28 27 และ 28 เม็ด ตามลำดับ

ผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร

การศึกษาพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรทั้ง 5 ด้าน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46

เอกสารอ้างอิง

- ฐาปนา เจริญพร. (2555). เครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร. ผลงานวิจัยระดับอาชีวศึกษา. แผนกวิชาช่างเทคนิคการผลิต. วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ.
- ปัทมาพร ท่อชู, วิทยา อินทร์สอน และภานุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร. (2559). การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพร แบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์กลางสำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย จังหวัดสุรินทร์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 6(1): 35-43.
- ภัทรา นิคมานนท์. (2538). การประเมินผลการเรียน. สำนักพิมพ์อักษรภาพพัฒนา. กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และสมชาย หิรัญภิตติ. (2545). องค์การและการจัดการ. สำนักพิมพ์ธรรมสาร. กรุงเทพฯ.

สุจิตรา บุญยรัตพันธุ์. (2546). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับรัฐประศาสนศาสตร์. สำนักพิมพ์เสมอธรรม. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ.

Krejcie R.V. and Morgan D.W. (1970). Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement. 30(3): 607-610.

- Antibiotic resistance in *Escherichia coli* isolated from manure in dairy and beef cattle
Pennapha Pengkhamlun, Aekkawee Kangkhonnok and Sudthidol Piyadeatsoontorn
- Biofertilizer from plant probiotic microorganisms
Nattawut Petnuan, Patamaporn Tilaruk, Piriyaorn Anartngam and Amornrat Suwanposri
- Evaluation of small waxy corn lines selected from a local cultivar
Pramote Pornsuriya, Praput Promsomboon and Nhoochan Sirisuwan
- A heuristic method for food box packing in container
Thawatchai Boontan, Penpark Sirimark, Sanchai Yotmanee, Akkharaphong Wongphat and Kraisak Jantarakomet
- Influence of chicken manure on growth and root yield of different sweet potato varieties
Ruttanachira Ruttanaprasert, Ratchanee Puttha, Yupa Butdaphong and Rattikarn Sennoi
- Effect of packaging on postharvest quality of mulberry fruit cv. Kamphaeng Saen 42
Laddawan Kammaphana, Siriporn Mulalin and Supawadee Tangteerawattana
- Design and fabrication of automatic corn sowing machine
Paramust Juntarakod, Punyasumpata Chantawisa and Natthapong Moondee
- Producing golden banana syrup beads by extrusion technique
Jirayu Musika, Thanawan Auisakchaiyoung and Panarat sungin
- Design and fabrication of automatic single-rice seeding system with The Seed-Selected Tray
Banlu Phiachin, Kittikun Pituprompan, Smarn Kantarin, Krisanapan Srimongkon and Veerayut Jeepetch
- Development of the herbal tablet compression machine using in-line camshaft for Thai traditional medical, Kab Choeng District, Surin Province
Panumet Suksrisiriwat, Choochart Phayom and Suphachai Kaeochan