DOA TOGETHER
Hearing for Changing, Acting for Moving forward

ผลงานวิจัย ดีเด่น

กรมวิชาการเกษตร ประจำปี พ.ศ. ๒๕๖๔

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ISBN : 978-974-436-970-3

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

ประจำปี 2564

กรมวิชาการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศ
ด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร
และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืช
ในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
และสิ่งแวดล้อม

ค่านิยม

ซื่อสัตย์ โปร่งใส งานวิจัยมีคุณภาพ

คำนำ

กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจหลักด้านการวิจัยและพัฒนา ลักษณะการวิจัยครอบคลุมหลายชนิดพืช เครื่องจักรกลการเกษตร งานวิเคราะห์และทดสอบ รวมถึงงานวิจัยที่รองรับการปฏิบัติหน้าที่ตามกฎหมายที่รับผิดชอบ มีแนวทางดำเนินงานวิจัยโดยยึดหลัก “ตลาดนำการวิจัย” ดังนั้น เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักวิจัยของกรมวิชาการเกษตร มีความมุ่งมั่น สร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ มีประโยชน์ตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริงและเป็นแบบอย่างให้กับนักวิจัยอื่น กรมวิชาการเกษตรจึงได้จัดการประกวดผลงานวิจัยดีเด่นเป็นประจำทุกปี โดยมีคณะผู้เชี่ยวชาญของกรมเป็นคณะกรรมการและคณะอนุกรรมการคัดเลือกผลงาน โดยแบ่งประเภทงานวิจัยเป็น 6 ประเภท ได้แก่ งานวิจัยพื้นฐาน งานวิจัยประยุกต์ งานพัฒนางานวิจัย งานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ งานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น และงานด้านบริการวิชาการ โดยเปิดโอกาสให้ทุกหน่วยงานในสังกัดกรมส่งผลงานเข้าประกวดได้อย่างทั่วถึงทุกประเภทของงานวิจัย ซึ่งในปี 2564 มีผลงานวิจัยที่ส่งเข้าประกวดทั้งสิ้น จำนวน 34 ผลงาน และได้รับคัดเลือกให้ได้รับรางวัล จำนวน 14 ผลงาน

กรมวิชาการเกษตรหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยของกรมจะสามารถแก้ปัญหาและพัฒนาด้านการเกษตรให้แก่เกษตรกรและประเทศชาติได้เป็นอย่างดี กรมวิชาการเกษตรยังคงมุ่งมั่นในการส่งเสริม สนับสนุน พัฒนางานวิจัยและงานบริการวิชาการให้ก้าวหน้า ทันสมัย และตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกร และผู้ที่เกี่ยวข้องกับภาคการเกษตรอย่างต่อเนื่อง

ในนามคณะกรรมการบริหารกรมวิชาการเกษตร ขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ทุ่มเทให้กับการทำงาน และขอให้ท่านจงภูมิใจที่เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาการเกษตรของประเทศ

(นายระพีภัทร์ จันทรศรีวงศ์)
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร
กันยายน 2565

สารบัญ

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2564 **หน้า**

ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน

ระดับดีเด่น

- การค้นหาและพัฒนาเครื่องหมายสนิปส์ใหม่เพื่อร่นระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ให้มีไซยาไนด์ต่ำต้านทานโรครากปมและโรคใบด่างมันสำปะหลัง 1

ระดับดี

- การแยกและคัดเลือก *Streptomyces* sp. ที่ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมเชื้อรา *Ganoderma boninense* สาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมัน 16

ระดับชมเชย

- การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบห้อม 31

ประเภทงานวิจัยประยุกต์

ระดับดี

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชจากสารสกัดน้อยหน่าเพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า 46

ระดับชมเชย

- การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ 60

ระดับชมเชย

- การเพิ่มศักยภาพการผลิตบัวบกคุณภาพเพื่อเป็นพืชสมุนไพรปลอดสารพิษ และโลหะหนัก 75

ประเภทงานพัฒนางานวิจัย

ระดับดีเด่น

- การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า - กลูโคซิเดส จากหอมแดงและการขยายผลเชิงพาณิชย์ 90

ระดับดี

- การพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาแบบครบวงจรมุ่งสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน 105

ระดับชมเชย

- การพัฒนาและขับเคลื่อนการผลิตปาล์มน้ำมันสู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย 120

สารบัญ

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2564 **หน้า**

ประเภทงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์

ระดับดีเด่น

- ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 135

ระดับดี

- ตากฟ้า 8 : ฝ้ายเส้นใยสีน้ำตาล ทนทานเพลี้ยจักจั่น อายุเก็บเกี่ยวสั้น 149

ระดับชมเชย

- มันเทศพันธุ์พิจิตร 2 สำหรับอุตสาหกรรมแป้ง 164

ประเภทงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น

ระดับดี

- การพัฒนาเครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดแบบอุโมงค์ลม 178

ประเภทงานด้านบริการวิชาการ

ระดับชมเชย

- การขอรับรองห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ 193

ภาคผนวก

- คำสั่งกรมวิชาการเกษตรที่ 905/2565 เรื่องแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร 208
- รายชื่อผลงานวิจัยที่หน่วยงานเสนอ เพื่อพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2564 211

การค้นหาและพัฒนาเครื่องหมายสนิปส์ใหม่เพื่อร่นระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีไซยาไนด์ต่ำ ต้านทานโรครากปมและโรคใบด่างมันสำปะหลัง

Detection and development of novel SNPs markers to shorten the time of cassava breeding for low cyanide, resistance to root knot and cassava mosaic disease

มัลลิกา แก้ววิเศษ[1*] อัจฉราพรรณ ใจเจริญ[1*] จีราพร แก่นทรัพย์[1*] สุวลักษณ์ อะมะวัลย์[2] สุภาวดี ง้อเหรียญ[1] วิภาวี ชั้นโรจน์[1] วานิช คำพานิช[3] กฤตยา เพชรผึ้ง[4] ประพิศ วองเทียม[5] และปิยรัตน์ ธรรมกิจวัฒน์[1]

Mallika Kaewwises[1*] Adcharapun Chaicharoen[1*] Jeeraporn Kansup[1*] Suwaluk Amawan[2] Suphawadee Ngorian[1] Vipavee Chanroj[1] Wanich Kampanich[3] Krittaya Petchpoung[4] Prapit Wongtiem[5] and Piyarat Thammakijjawat[1]

บทคัดย่อ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) เป็นพืชอาหารที่สำคัญอันดับ 5 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว มันฝรั่ง และเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก ปัจจุบันเกิดปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำให้สูญเสียผลผลิตปริมาณมาก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ความต้านทานโรครากปม โรคใบด่างมันสำปะหลัง และนำมาใช้ในคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลัง ดำเนินการปี 2560-2564 ที่สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ โดยวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรมด้วย Genotyping By Sequencing (GBS) ศึกษารูปแบบความเชื่อมโยงจีโนมด้วย Genome-Wide Association Study (GWAS) พบเครื่องหมายโมเลกุล ชนิดสนิปส์ (Single nucleotide polymorphisms; SNPs) ที่สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ต้านทานโรครากปม และต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำการออกแบบไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์แต่ละตำแหน่งใหม่ด้วยเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR พบว่าเครื่องหมายสนิปส์ S16_735381 บนโครโมโซมที่ 16 สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ต่ำ เครื่องหมาย S2_5300154 บนโครโมโซมที่ 2 สัมพันธ์กับความต้านทานโรครากปม และเครื่องหมาย S12_7926132 บนโครโมโซมที่ 12 สัมพันธ์กับความต้านทานโรคใบด่าง โดยเครื่องหมายสนิปส์ใหม่

---

* ผู้มีส่วนร่วมในผลงานเท่าเทียมกัน (Equal contribution)

[1] สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 (Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, A.Thanyaburi, Pathumthani, 12110)

[2] ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร อ.เมืองระยอง จ.ระยอง21150 (Rayong Field Crops Research Center, Department of Agriculture, A.Muang Rayong, Rayong, 21150)

[3] สำนักพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 (Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900)

[4] ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งม.หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ม.หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ (Scientific Equipment and Research Division, Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI) 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao Chatuchak Bangkok, Thailand)

[5] กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 (Planning and Technical Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900)

มีความถูกต้องในการตรวจคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะไซยาไนด์ต่ำ ต้านทานโรครากปม และต้านทานโรคใบด่าง ร้อยละ 76.64, 70.42 และ 77 ตามลำดับ นำเครื่องหมายสนิปส์มาใช้ตรวจคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 250 พันธุ์ พบพันธุ์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมสัมพันธ์กับความต้านทานโรคใบด่างและปริมาณไซยาไนด์ต่ำ จำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ C33, พิรุณ 1, พิรุณ 2, ห้านาที, เกษตรลพบุรี, MMAL63, CR79, MPER325 และ OMRE 62-03-27 และพันธุ์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมสัมพันธ์กับความต้านทานโรคใบด่างและโรครากปม จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ TMS-972205, TMS-980505, TMS-980581 และ TME B419 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะทางการเกษตร มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงพันธุ์พืช เนื่องจากลดจำนวนพืชที่จะปลูกเพื่อคัดเลือก สามารถตรวจคัดเลือกได้หลายลักษณะพร้อมกันโดยมีความแม่นยำในการคัดเลือก ลดระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์ และ ได้พันธุ์ที่มีคุณลักษณะทางพันธุกรรมตรงตามที่ต้องการ

คำสำคัญ เครื่องหมายโมเลกุล, การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง, ไซยาไนด์ต่ำ, ต้านทานโรครากปม, ต้านทานโรคใบด่าง

ABSTACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) is the fifth most important food crop in the world after wheat, maize, rice and potato, as well as one of the important economic crops of Thailand, which is the world's largest exporter of cassava products. Currently, there is an outbreak of cassava mosaic disease (CMD) causing severe yield loss. The objectives of this research were to develop molecular markers associated with low cyanide, root knot and CMD resistance, and to use these markers in the selection of cassava varieties. This research was conducted in 2017-2021 at the Biotechnology Research and Development Office, using Genotyping By Sequencing (GBS) technique and Genome-Wide Association Study (GWAS). Single nucleotide polymorphisms (SNPs) markers associated with low cyanide, resistance to root knot and CMD were found. The novel primers of each SNPs marker were designed using tetra-primer ARMS-PCR technique. It was found that SNPs S16_735381 on chromosome 16 was associated with cyanide content, S2_5300154 on chromosome 2 was associated with root knot disease resistance and S12_7926132 on chromosome 12 was associated with CMD resistance. The novel SNPs markers were accurate in the selection of cassava varieties with the traits of low cyanide, resistance to root knot disease and CMD at 76.64, 70.42 and 77 percent, respectively. The three SNPs markers were used for screening of 250 cassava varieties and found that 9 varieties were genetically related to CMD resistance and low cyanide, namely C33 Pirun1, Pirun2, HANATEE, Kaset-Lopburi, MMAL63, CR79, MPER325 and OMRE 62-03-27. And 4 varieties genetically related to both CMD and

root knot disease resistance were TMS-972205, TMS-980505, TMS-980581 and TME B419. The use of molecular markers related to agricultural traits is particularly useful in plant breeding. It can reduce the number of plants planted for phenotype selection, select multiple traits at the same time with accuracy, reduce the breeding time and provide plant varieties having desired genetic characteristics.

Key words Molecular marker, Cassava breeding, Low cyanide, Root knot disease resistance, Cassava mosaic disease resistance

คำนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) เป็นพืชอาหารที่สำคัญอันดับ 5 ของโลก และเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย ซึ่งเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง (มันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมัน) รายใหญ่ที่สุดของโลก (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) มูลค่าการส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ปี 2563 เป็นเงิน 82,312 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) มันสำปะหลังที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดขม ที่มีสารไซยาโนเจนิคกลูโคไซด์ที่สะสมในรูปกรดไฮโดรไซยานิกและสะสมอยู่ในรากของมันสำปะหลัง เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะถูกเปลี่ยนเป็นไซยาไนด์ที่เป็นสารพิษร้ายแรงได้ สารพิษชนิดนี้จะทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทโดยมีอาการชา ความรู้สึกผิดปกติ ตาพร่ามัว สูญเสียการมองเห็น เสียการทรงตัว หูหนวก และอาการอัมพาต องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ และองค์การอนามัยโลกได้กำหนดระดับมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้มีปริมาณไซยาไนด์อยู่ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง (FAO/WHO, 1991)

ปัญหาการลดลงของผลผลิตมันสำปะหลังมีสาเหตุสำคัญมาจากโรคพืช เช่น โรคใบด่างมันสำปะหลังและโรครากปม โรคใบด่างมันสำปะหลังเกิดจากเชื้อไวรัส *Cassava mosaic virus* (CMV) มีแมลงหวี่ขาว (*Bemisia tabaci*) เป็นพาหะนำโรค ปัจจุบันนี้ปัญหาการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังเกิดขึ้นในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย มันสำปะหลังที่เป็นโรคนี้จะแสดงอาการคือใบด่างจนถึงเหลือง ใบเสียรูปทรง ต้นเตี้ย ลำต้นแคระแกร็นและทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโรครากปมของมันสำปะหลังเกิดจากไส้เดือนฝอย *Meloidogyne incognita* จากการสำรวจและประเมินความเสียหายในปี พ.ศ. 2554 ที่ จ.ชัยภูมิ พบว่าไส้เดือนฝอยเข้าทำลายมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ทำให้ผลผลิตลดลงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ (อุดมศักดิ์ และบัญชา, 2555) และในปี พ.ศ. 2557 พบการระบาดใน จ.กาญจนบุรี กาฬสินธุ์ กำแพงเพชร นครสวรรค์ นครราชสีมา และระยอง ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ตั้งแต่ 20-100 เปอร์เซ็นต์ (nettathai.org) มันสำปะหลังที่เป็นโรครากปมจะไม่แสดงอาการผิดปกติใดๆ บนส่วนเหนือดิน ที่จะทำให้ทราบว่ามันสำปะหลังถูกไส้เดือนฝอยทำลาย ดังนั้นเกษตรกรจึงไม่ทราบว่าผลผลิตหัวมันสำปะหลังมีปริมาณและคุณภาพเป็นอย่างไร หลังจากที่ต้องใช้เวลาในการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวนาน 10-12 เดือน

ปัจจุบันเทคนิคด้านเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามามีบทบาทด้านการเกษตรเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในงานปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีลักษณะที่ดี ตรงตามความต้องการ ได้แก่ เทคโนโลยีเครื่องหมายโมเลกุล (Molecular marker) ที่ใช้เป็นเครื่องหมายบ่งชี้ความเป็นเอกลักษณ์ของสิ่งมีชีวิต สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ และมีประโยชน์ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและการจำแนกพันธุ์ นอกจากนี้บางเครื่องหมายโมเลกุลยังมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางการเกษตร เช่น ผลผลิตสูง ไซยาไนด์ต่ำ และความต้านทานโรค การนำเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะทางการเกษตรเหล่านี้มาใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ความต้านทานโรคราก้ปม ความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง และนำมาใช้ในคัดเลือกมันสำปะหลังเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะดังกล่าว เป็นการเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือกร่นระยะเวลาในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ อีกทั้งการปรับปรุงพันธุ์ให้มีความต้านทานโรคเป็นการส่งเสริมความมั่นคงทางอาหารอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาเครื่องหมายสนิปส์ที่สัมพันธ์กับลักษณะไซยาไนด์ต่ำ ความต้านทานโรคราก้ปมและโรคใบด่างมันสำปะหลัง

1.1 การศึกษาจีโนไทป์ด้วยเทคโนโลยี GBS

เตรียมตัวอย่างดีเอ็นเอสำหรับวิเคราะห์จีโนมด้วยเทคโนโลยี GBS โดยคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ที่ระดับต่างๆ ตามรายงานของ จิณณจาร์ และคณะ (2558) สำหรับลักษณะต้านทานโรคราก้ปม คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีความต้านทานระดับต่างๆ ตามรายงานของ นุชนารถ และคณะ (2558) จากนั้นสกัดดีเอ็นมันสำปะหลังด้วยวิธี CTAB และวิเคราะห์จีโนมด้วยเทคโนโลยี GBS สำหรับลักษณะความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังมีการศึกษารูปแบบความเชื่อมโยงจีโนม (GWAS) เพื่อค้นหาเครื่องหมายสนิปส์ที่สัมพันธ์กับลักษณะดังกล่าวแล้ว (Rabbi *et al.,* 2020)

1.2 การศึกษาฟีโนไทป์ของลักษณะไซยาไนด์ต่ำ และความต้านทานโรคราก้ปม

วิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ด้วยวิธี picrate paper ดัดแปลงจาก Haque และ Bradbury (1999) โดยชั่ง picric acid 1.4 กรัม ละลายใน 100 มิลลิลิตร 2.5% (w/v) sodium carbonate จากนั้นจุ่มกระดาษ Whatman #1 ลงในสารละลาย picric acid ปล่อยให้แห้ง ตัด picric acid paper ขนาด 1 x 3 ซม^2. ติดบนฝาของหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร เก็บที่ -20 องศาเซลเซียส นำมันสำปะหลัง 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดขนาด 15 มิลลิลิตร เติม 0.1 M phosphate buffer (pH 8.0) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บดให้ละเอียด ปิดฝาที่มี picric acid paper บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 12 ชั่วโมง นำ picric acid paper จุ่มในน้ำปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร เทียบกับค่ามาตราฐานของปริมาณไซยาไนด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ สำหรับฟีโนไทป์ของลักษณะต้านทานโรคราก้ปมใช้ข้อมูลจากรายงานของ นุชนารถ และคณะ (2558)

1.3 การศึกษารูปแบบความเชื่อมโยงจีโนมเพื่อค้นหาเครื่องหมายสนิปส์

นำข้อมูลจีโนไทป์จากการวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยี GBS มาคัดกรองคุณภาพ (Filter) ที่ call rate > 0.8 และ Polymorphic Information Content (PIC) > 0.1 จากนั้นนำสนิปส์ที่ผ่านการคัดกรองคุณภาพ ไปวิเคราะห์รูปแบบความเชื่อมโยงจีโนม (GWAS) โดยค้นหาตำแหน่งสนิปส์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละลักษณะของฟีโนไทป์ (ปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลัง และความต้านทานโรคราก ปม) โดยวิเคราะห์แบบ Mixed linear model (MLM) (Kang *et al*., 2008) ด้วยโปรแกรม TASSEL 5.0 (Bradbury *et al*., 2007)

2. การออกแบบไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์ ด้วยวิธี tetra-primer amplification refractory mutation system polymerase chain reaction (tetra-primer ARMS-PCR)

นำข้อมูลสนิปส์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปริมาณไซยาไนด์ ความต้านทานโรคราก ปมและโรคใบด่างมันสำปะหลัง ไปใช้ในการออกแบบไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์แต่ละตำแหน่ง โดยใช้ซอฟต์แวร์ Primer1 (http://primer1.soton.ac.uk/primer1.html) เทคนิค Tetra-Primer ARMS–PCR ณ 1 ตำแหน่งของเครื่องหมายสนิปส์จะใช้ไพรเมอร์จำนวน 4 เส้นในการตรวจสอบ ประกอบด้วย Forward inner primer (FI) Reverse inner primer (RI) Forward outer primer (FO) และ Reverse outer primer (RO) จากนั้นทำการหาสภาวะที่เหมาะสม (condition) ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ GoTaq® Master Mix (Promega, USA) ซึ่งลำดับนิวคลีโอไทด์ของชุดไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์แต่ละลักษณะ แสดงรายละเอียดใน Table 1 บันทึกข้อมูลรูปแบบแถบดีเอ็นเอที่ได้จากชุดไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์

Table 1 Sequence of primers of SNPs markers associated with low cyanide, root knot disease resistance and CMD resistance used in Tetra-Primer ARMS–PCR technique

SNPs position	Trait	Sequence	Annealing temperature (°C)	Expected allele size (bp)
S16_735381	Low cyanide	FI :GTGGACTCACAGAATCACAAGTCATTGTAC RI: GAAGGGGAGGAATTATTTCTCACCCA FO: CTTGGCAAATTCTGAGGCTTATTTATGG RO: TGGTGGTTCTTGAAATCATAGGAACAAA	60	T allele: 246 C allele: 207
S2_5300154	Root knot disease resistance	FI : GAGCAAGCCGAGCCGATGTTC RI: CAACTGCTGCACCACCGCACTA FO: TGCCGATGCTGGTCATGCTACTACT RO: TGCAAAACAGGGACCAAATGAACCT	58	T allele: 276 C allele: 188
S12_7926132	CMD resistance	FI :XXXTTTCCATGTTTCXXXXXXXXXXXXX RI: XXXGTACAAGAATCTTGXXXXXXXXXXXXX FO: XXXAGTTTTATGGACXXXXXXXXXXXXX RO: XXXATGGACTAAAATXXXXXXXXXXXXX	58	T allele: 204 G allele: 145

3. การทดสอบความถูกต้องของเครื่องหมายสนิปส์ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลัง

นำชุดไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์ที่ออกแบบได้ ทดสอบกับตัวอย่างดีเอ็นเอของมันสำปะหลังจากแปลงรวบรวมของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร จำนวน 71 และ 137 พันธุ์ สำหรับลักษณะต้านทานโรคราก้ปมและปริมาณไซยาไนด์ ตามลำดับ โดยทำปฏิกิริยา PCR ด้วย GoTaq® Master Mix (Promega, USA) และใช้อุณหภูมิในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตาม Table 1 ตรวจวิเคราะห์ผลการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยทำอิเล็กโทรโฟรีซิสในเจลอะกาโรส 2.5 เปอร์เซ็นต์ ย้อมด้วยเอธิเดียมโบร์ไมด์ และนำไปส่องดูแถบดีเอ็นเอพร้อมบันทึกภาพด้วยเครื่อง Gel-Doc UV Transilluminator (Bio-Rad Laboratories, USA) บันทึกข้อมูลแถบดีเอ็นเอของเครื่องหมายสนิปส์แต่ละลักษณะ

วิธีวิเคราะห์ความถูกต้องของเครื่องหมายสนิปส์ โดยใช้สมการจากรายงานของ Ige *et al*. (2021) ดังนี้

$$\text{ความถูกต้อง} = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN)$$

TP = true positive, จีโนไทป์และฟีโนไทป์สอดคล้องกันในลักษณะที่ต้องการทางบวก (เช่น ความต้านทาน)

TN = true negative, จีโนไทป์และฟีโนไทป์สอดคล้องกันในลักษณะที่ต้องการทางลบ (เช่น ความอ่อนแอ)

FP = false positive, จีโนไทป์และฟีโนไทป์ไม่สอดคล้องกันในลักษณะที่ต้องการทางบวก

FN = false negative, จีโนไทป์และฟีโนไทป์ไม่สอดคล้องกันในลักษณะที่ต้องการทางลบ

บันทึกข้อมูลความถูกต้องของเครื่องหมายสนิปส์แต่ละลักษณะ

4. การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายสนิปส์ 3 ลักษณะ

นำชุดไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์ทั้ง 3 ลักษณะ ประกอบด้วย S16_735381 S2_5300154 และ S12_7926132 ไปคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังจากแปลงรวบรวมของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร จำนวน 250 พันธุ์ โดยใช้ S12_7926132 เครื่องหมายสนิปส์ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง คัดเลือกพันธุ์ในลำดับแรก จากนั้นทำการคัดเลือกลักษณะไซยาไนด์ต่ำและต้านทานโรคราก้ปม ด้วยเครื่องหมายสนิปส์ S16_735381 และ S2_5300154 ตามลำดับ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลสนิปส์ที่สัมพันธ์กับลักษณะไซยาไนด์ต่ำ ความต้านทานโรคราก้ปมและโรคใบด่างมันสำปะหลัง

ลักษณะปริมาณไซยาไนด์ มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองจำนวน 100 พันธุ์ มีปริมาณไซยาไนด์ ระหว่าง 8.26 - 815 mg Hydrogen cyanide (HCN)/kg น้ำหนักสด ทำการศึกษาจีโนไทป์ของเครื่องหมายสนิปส์ในจีโนมด้วยเทคโนโลยี GBS จากนั้นวิเคราะห์ GWAS พบเครื่องหมายสนิปส์จำนวน 40 ตำแหน่ง ที่สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์อย่างมีนัยสำคัญ โดยพิจารณาจากค่า logarithm of significant level [$-\log_{10}(P)$] ไม่น้อยกว่า 5 ซึ่งพบอยู่บนโครโมโซมที่ 13 และ 16 (Figure 1)

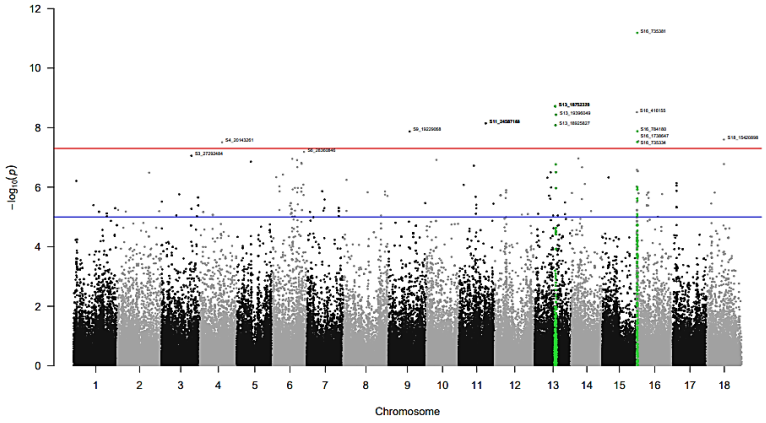


Figure 1 The Manhattan plot for GWAS of HCN in cassava 100 varieties. X-axis shows chromosomal positions. Y-axis shows –log 10 (P-value).

ลักษณะต้านทานโรครากปม มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองจำนวน 71 พันธุ์ ที่มีข้อมูลดัชนีการเกิดปมที่แสดงถึงความต้านทานโรครากปม ผลการวิเคราะห์ GWAS พบเครื่องหมายสนิปส์จำนวน 6 ตำแหน่ง ที่สัมพันธ์กับความต้านทานโรครากปมอย่างมีนัยสำคัญโดย ค่า -$\log_{10}$ (P) ไม่น้อยกว่า 5 ซึ่งพบอยู่บนโครโมโซมที่ 2 และ 14 (Figure 2)

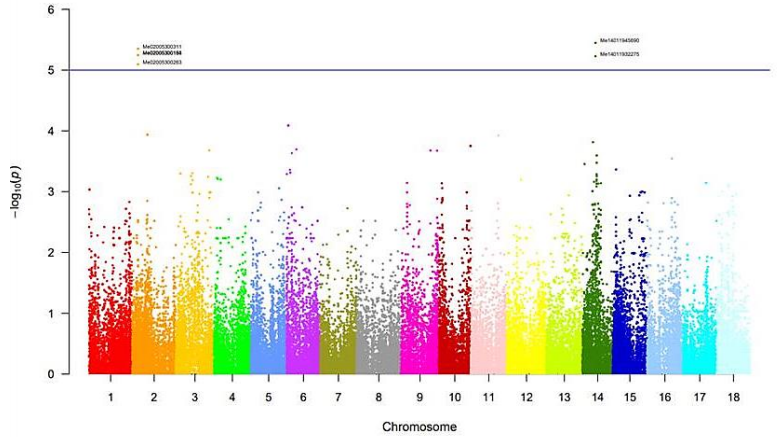


Figure 2 The Manhattan plot for GWAS of root knot disease resistance in cassava 71 varieties. X-axis shows chromosomal positions. Y-axis shows –log 10 (P-value).

ลักษณะต้านทานโรคใบด่าง Rabbi *et al*. (2020) ทำการศึกษา GWAS โดยใช้กลุ่มประชากรมันสำปะหลังจำนวน 5,130 โคลนที่พัฒนาขึ้นที่สถาบัน International Institute of Tropical Agriculture (IITA) ประเทศไนจีเรีย ข้อมูลจีโนไทป์ของประชากรมันสำปะหลังศึกษาโดยเทคโนโลยี GBS พบเครื่องหมายสนิปส์ที่สัมพันธ์กับความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ณ ตำแหน่ง S12_7926132 มีค่า -$\log_{10}$ (P) เท่ากับ 112 จึงนำตำแหน่งสนิปส์ดังกล่าวไปออกแบบชุดไพรเมอร์สำหรับการตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมเกี่ยวกับความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง

2. การออกแบบไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์ ด้วยวิธี tetra-primer ARMS-PCR

นำข้อมูลตำแหน่งเครื่องหมายสนิปส์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงนิวคลีโอไทด์ 1 ตำแหน่ง รวมถึงข้อมูลลำดับของจีโนมบริเวณใกล้เคียง ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปริมาณไซยาไนด์ ความต้านทานต่อโรครากปมและโรคใบด่างมันสำปะหลัง ไปใช้ในการออกแบบไพรเมอร์ด้วยโปรแกรม Primer1 จากผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของตำแหน่งสนิปส์ จำนวน 40 และ 6 ตำแหน่ง ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปริมาณไซยาไนด์และความต้านทานต่อโรครากปม ตามลำดับ พบชุดไพรเมอร์ลักษณะละ 1 ชุด ให้แถบดีเอ็นเอที่มีความจำเพาะและเสถียร ได้แก่ S16_735381 (โครโมโซมที่ 16 ตำแหน่ง 735381) สำหรับลักษณะปริมาณไซยาไนด์ S2_5300154 สำหรับลักษณะความต้านทานต่อโรครากปม และ S12_7926132 สำหรับลักษณะต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง (Table 1 และ Figure 3)

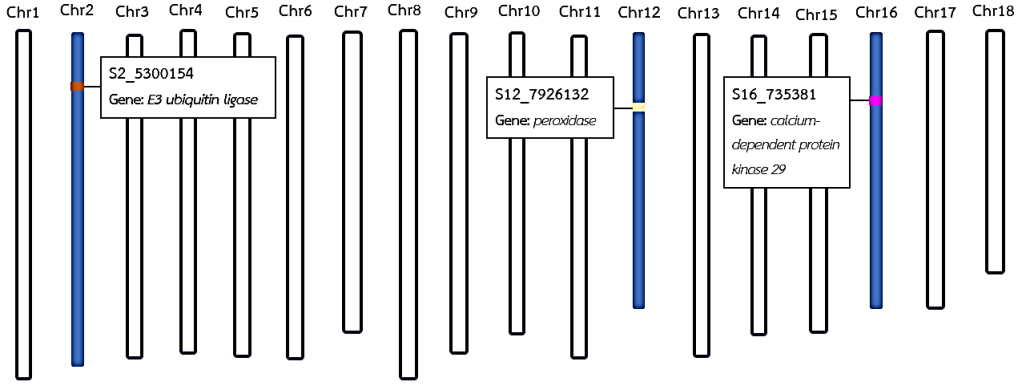


Figure 3 Position of SNPs markers associated with cyanide content, resistance to root knot disease and CMD. Related genes are described in boxes.

ผลการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์กับตัวอย่างดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง พบว่า **ลักษณะปริมาณไซยาไนด์** สามารถแยกจีโนไทป์ของแต่ละอัลลีลของมันสำปะหลังได้ชัดเจน โดยพันธุ์ที่มีจีโนไทป์ชนิดเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) CT จะเกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 397 246 และ 207 คู่เบสโดยแถบดีเอ็นเอ 397 คู่เบสเป็นชุดดีเอ็นเอควบคุม จีโนไทป์ชนิดโฮโมไซกัส (homozygous) TT เกิดแถบดีเอ็นขนาด 397 และ 246 คู่เบส ส่วนจีโนไทป์ชนิดโฮโมไซกัส CC จะเกิดแถบดีเอ็นขนาด 397 และ 207 คู่เบส (Figure 4A) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ GWAS พบว่า ณ ตำแหน่ง S16_735381 พันธุ์ที่มีจีโนไทป์ CC จะแสดงฟีโนไทป์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ

ลักษณะต้านทานโรครากปม ตำแหน่งสนิปส์ S2_5300154 จีโนไทป์ TT จะเกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 421 และ 276 คู่เบส ในขณะที่จีโนไทป์เฮเทอโรไซกัส CT จะเกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 421 276 และ 188 คู่เบส โดยแถบดีเอ็นเอ 421 คู่เบสเป็นชุดดีเอ็นเอควบคุม (Figure 4B) พันธุ์ที่มีจีโนไทป์ TT จะแสดงฟีโนไทป์ที่มีความต้านทานต่อโรครากปม

ลักษณะต้านทานโรคใบด่าง ตำแหน่งสนิปส์ S12_7926132 จีโนไทป์ TT จะเกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 291 240 และ 204 คู่เบส จีโนไทป์เฮเทอโรไซกัส TG จะเกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 291 240 204 และ 145 คู่เบส และจีโนไทป์ GG แถบดีเอ็นเอขนาด 291 240 และ 145 คู่เบส โดยมีแถบดีเอ็นเอ 291 และ 240 คู่เบสเป็นชุดดีเอ็นเอควบคุม (Figure 4C) พันธุ์ที่มีจีโนไทป์ TT และ TG จะแสดงฟีโนไทป์ที่มีความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง

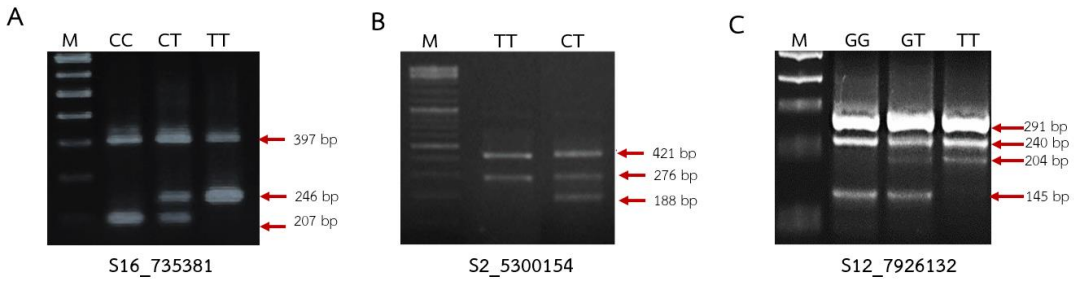


Figure 4 DNA amplification with primers of SNPs markers using Tetra-Primer ARMS–PCR technique in cassava. SNPs S16_735381(A), SNPs S2_5300154 (B) and SNPs S12_7926132 (C) were associated to cyanide content, root knot disease resistance and CMD resistance, respectively. The genotype of nucleotide allele is described above each lane. Arrows show the size of DNA bands. Lane M = Marker/DNA ladder.

ตำแหน่งสนิปส์ S16_735381 เครื่องหมายโมเลกุลไซยาไนด์ต่ำ อยู่ในส่วนอินทรอน (intron) ของยีน *manes.16G007500* ซึ่งเป็นยีน *calcium-dependent protein kinase 29* โดยมีความสอดคล้องกับรายงานของ Maduh *et al.* (1995) ซึ่งระบุว่า *potent protein kinase* C (PKC) เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของไซยาไนด์ และ Zhang (2012) รายงานว่า MAP kinase กระตุ้นไซยาไนด์ที่เป็นองค์ประกอบในกระบวนการผลิตอนุมูลว่องไวปฏิกิริยาออกซิเจน (reactive oxygen species; ROS) และการตายอย่างเฉียบพลันของเซลล์พืช (hypersensitive cell death)

ตำแหน่งสนิปส์ S2_5300154 เครื่องหมายโมเลกุลต้านทานโรครากปม อยู่ในส่วนเอกซอน (exon) ของยีน *manes.02G059900* ซึ่งเป็นยีน *E3 ubiquitin ligase* มีบทบาทสำคัญในการส่งสัญญาณของเซลล์ที่ควบคุมกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การย่อยสลายโปรตีนและการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน โดยการเติมโปรตีนยูบิควิติน (ubiquitination) ให้แก่โมเลกุลเป้าหมาย หน้าที่หลักของยูบิควิตินคือการกำหนดเป้าหมายโปรตีนเพื่อการทำลาย นอกจากนี้ทำให้การจับตัวกันระหว่างโปรตีนทำได้สะดวกขึ้นในกระบวนการส่งสัญญาณภายในเซลล์ กระตุ้นให้พืชตอบสนองในการป้องกันตนเอง เช่น การหลั่งฮอร์โมน การตายของเซลล์เพื่อหยุดยั้งเชื้อโรค และการขนส่งสารภายในเซลล์ (Duplan and Rivas, 2014)

ตำแหน่งสนิปส์ S12_7926132 เครื่องหมายโมเลกุลต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง อยู่ระหว่างยีน *manes.12G076200 และ manes.12G076300* (Rabbi *et al.* 2020) โดยทั้งสองยีนนี้เป็นยีน *peroxidase* ทำหน้าที่ในระบบป้องกันของพืช (plant defense) และเมตาบอลิซึมต่างๆ เช่น การก่อตัวของลิกนินและซับเบริน

(lignin and suberin formation) การเชื่อมขวางของส่วนประกอบผนังเซลล์ (cross-linking of cell wall components) การสังเคราะห์ไฟโตอเล็กซินซึ่งมีฤทธิ์ต่อต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช เมตาบอลีซึมของออกซินและ ROS (Almagro *et al.* 2009)

3. การทดสอบความถูกต้องของเครื่องหมายสนิปส์ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลัง

ลักษณะปริมาณไซยาไนด์ นำชุดไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์ S16_735381 ทดสอบกับตัวอย่างดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง จำนวน 137 พันธุ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องหมายโมเลกุล โดยเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบของแถบดีเอ็นเอกับปริมาณไซยาไนด์ที่วิเคราะห์จากมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวจากพื้นที่ปลูกเดียวกันในปี 2564 ที่มีปริมาณไซยาไนด์ที่อยู่ในช่วง 87.40 - 911.60 mg HCN/kg น้ำหนักสด พบว่าเครื่องหมายสนิปส์ที่พัฒนาขึ้นนี้ให้ความถูกต้องในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg HCN/kg น้ำหนักสด ร้อยละ 76.64

ลักษณะต้านทานโรครากปมนำชุดไพรเมอร์ของเครื่องหมายสนิปส์ S2_5300154 ทดสอบกับตัวอย่างดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง จำนวน 71 พันธุ์ ซึ่งมีข้อมูลฟีโนไทป์ความต้านทานโรครากปม ตามรายงานของ นุชนารถและคณะ (2558) พบว่าเครื่องหมายสนิปส์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ให้ความถูกต้องในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีความต้านทานโรครากปม ร้อยละ 70.42

ลักษณะต้านทานโรคใบด่าง จากรายงานของ Ige *et al.* (2021) และ Codjia *et al.* (2022) พบว่าเครื่องหมายสนิปส์ S12_7926132 ให้ความถูกต้องในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่าง ร้อยละ 77-80

4. การคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายสนิปส์ 3 ลักษณะ

ผลการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 250 พันธุ์โดยใช้เครื่องหมายสนิปส์ต้านทานโรคใบด่าง S12_7926132 คัดเลือกได้พันธุ์ที่มีแถบดีเอ็นต้านทานโรคใบด่าง จำนวน 17 พันธุ์ จากนั้นนำมาคัดเลือกเพิ่มเติมด้วยเครื่องหมายสนิปส์อีก 2 ลักษณะ ได้แก่ S16_735381 (ปริมาณไซยาไนด์ต่ำ) และ S2_5300154 (ความต้านทานต่อโรครากปม) พบว่า กลุ่มพันธุ์ที่มีแถบดีเอ็นเอความต้านทานโรคใบด่างและปริมาณไซยาไนด์ต่ำ มีจำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ C33, พิรุณ1, พิรุณ2, ห้านาที, เกษตรลพบุรี, MMAL63, CR79, MPER325 และ OMRE 62-03-27 (Figure 5 และ Table 2) สำหรับกลุ่มพันธุ์ที่มีแถบดีเอ็นเอความต้านทานทั้งโรคใบด่างและโรครากปม มีจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ TMS-972205, TMS-980505, TMS-980581 และ TME B419 (Figure 5 และ Table 2) โดยพันธุ์ C33 TMS-972205, TMS-980505, TMS-980581 และ TME B419 เป็นพันธุ์ต้านทานที่ได้รับมาจาก IITA (International Institute of Tropical Agriculture) และ CIAT (International Center for Tropical Agriculture)

ผลการคัดเลือกดังกล่าว ทำให้ได้พันธุ์ที่มีแนวโน้มที่จะมีลักษณะทางการเกษตรที่ดีรวมกันหรือเรียกว่าพีระมิดยีน (gene pyramiding) การคัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุลมีประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์อย่างมาก เนื่องจากช่วยลดจำนวนพืชที่จะปลูกเพื่อคัดเลือก โดยนักปรับปรุงพันธุ์สามารถเลือกเฉพาะต้นที่มีแถบดีเอ็นเอที่มีลักษณะที่ต้องการไว้ ทำให้สามารถลดพื้นที่ปลูก แรงงาน และค่าใช้จ่ายได้ (Table 3) และเป็นการเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือกลักษณะทางการเกษตรที่ต้องการอีกด้วย

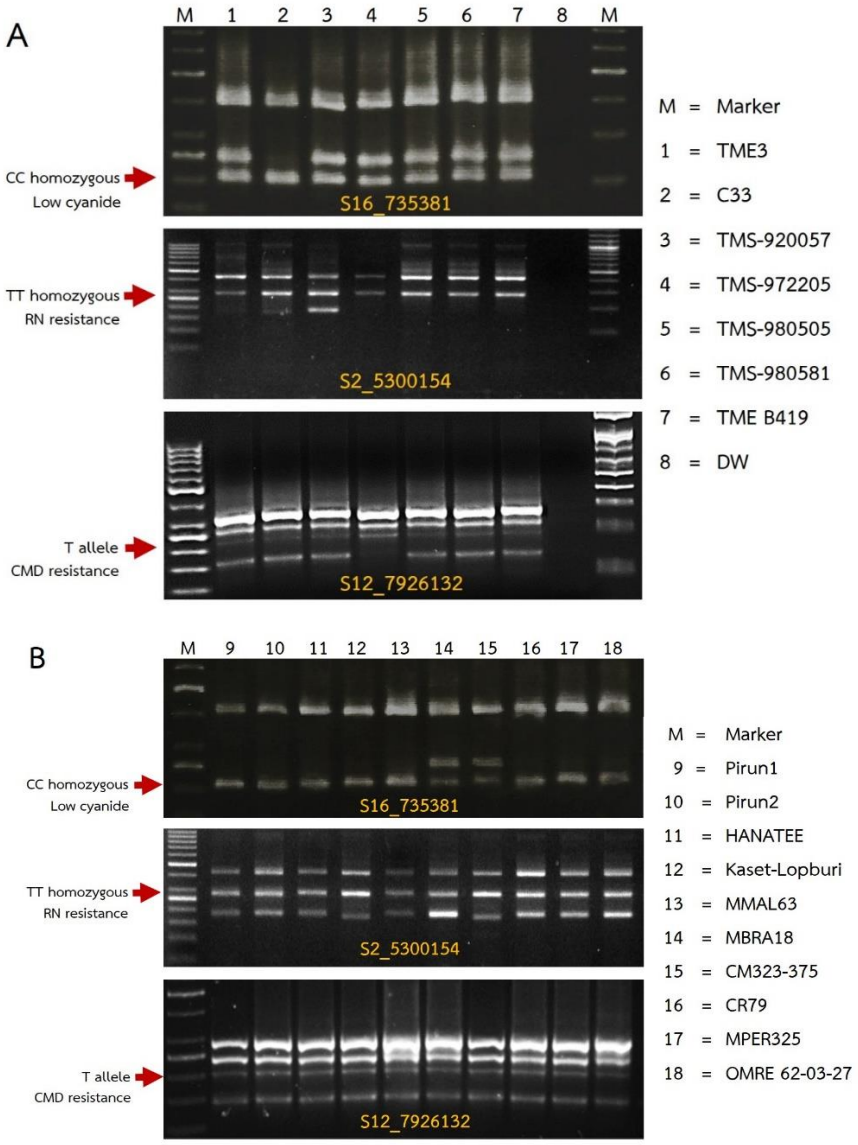


Figure 5 Marker-assisted selection using SNPs markers associated to cyanide content (S16_735381), root knot (RN) disease resistance (S2_5300154) and CMD resistance (S12_7926132) in cassava varieties from foreign country (A) and from Rayong Field Crops Research Center (B).

Table 2 Summary of genotype of cassava varieties examined with SNPs markers associated to cyanide content, root knot disease resistance and CMD resistance

Variety	S16_735381	S2_5300154	S12_7926132
	Low cyanide	Root knot disease resistance	CMD resistance
TME3	×	×	√
C33	√	×	√
TMS-920057	×	×	√
TMS-972205	×	√	√
TMS-980505	×	√	√
TMS-980581	×	√	√
TME B419	×	√	√
Pirun1	√	×	√
Pirun2	√	×	√
HANATEE	√	×	√
Kaset-Lopburi	√	×	√
MMAL63	√	×	√
MBRA18	×	×	√
CM323-375	×	×	√
CR79	√	×	√
MPER325	√	×	√
OMRE 62-03-27	√	×	√

√: favorable genotype, which are low cyanide, root knot and CMD resistance

×: unfavorable genotype, which are high cyanide, root knot and CMD susceptibility

Table 3 Comparison of conventional selection and marker-assisted selection for cassava breeding.

Trait	Breeding of cassava				Remark
	Conventional selection			Marker-assisted selection	
	Low cyanide	Root knot resistance	CMD resistance	3 traits (Low cyanide, Root knot resistance, CMD resistance)	
Number of F1	1,000	1,000	1,000	1,000	=
Cost of genotyping	-	-	-	160,000 Baht	↑
Area	1000 m^2	1000 m^2	1000 m^2	100 m^2 (100 plants from selection)	↓
Cost of planting/season	62,500 Baht	62,500 Baht	62,500 Baht	6,250 Baht	↓
Cost of Phenotyping	100,000 Baht	100,000 Baht	300,000 Baht	50,000 Baht	↓
Duration	10-12 months	10-12 months	10-12 months	10-12 months	=
Duration for pyramiding of 3 traits	10-12 months				↓
		10-12 months			↓
Area	2000 m^2				↓
Cost of planting/season	125,000 Baht				↓
Cost of Phenotyping	100,000 Baht	100,000 Baht	300,000 Baht		↓

สรุปผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์จีโนไทป์ด้วยเทคโนโลยี GBS และการศึกษารูปแบบความเชื่อมโยงจีโนม (GWAS) ได้ค้นพบเครื่องหมายสนิปส์ใหม่ จำนวน 2 เครื่องหมาย ได้แก่ สนิปส์ S16_735381 สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ และ สนิปส์ S2_5300154 สัมพันธ์กับความต้านทานโรครากปม

2. พัฒนาไพรเมอร์เพื่อตรวจสอบเครื่องหมายสนิปส์ด้วยเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR จำนวน 3 ชุดไพรเมอร์ สำหรับ 3 ลักษณะ ได้แก่ ปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ความต้านทานโรครากปมและความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง

3. ความถูกต้องของเครื่องหมายสนิปส์ในการคัดเลือกพันธุ์ S16_735381 (ปริมาณไซยาไนด์ต่ำ) S2_5300154 (ความต้านทานโรครากปม) และ S12_7926132 (ความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง) มีความถูกต้อง ร้อยละ 76.64 70.42 และ 77 ตามลำดับ

4. ผลการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 250 พันธุ์โดยใช้เครื่องหมายสนิปส์ทั้ง 3 ลักษณะ คัดเลือกได้กลุ่มพันธุ์ที่มีแนวโน้มต้านทานโรคใบด่างและไซยาไนด์ต่ำ จำนวน 9 พันธุ์ และกลุ่มพันธุ์ที่มีแนวโน้มต้านทานทั้งโรคใบด่างและโรครากปม จำนวน 4 พันธุ์

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำเครื่องหมายสนิปส์ทั้ง 3 ชุดไพรเมอร์ที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ มาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการ ประกอบด้วย ปริมาณไซยาไนด์ต่ำ ต้านทานโรครากปมและต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง เครื่องหมายทั้งสามนี้มีความถูกต้องมากกว่า ร้อยละ 70 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูง

2. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกพันธุ์ช่วยลดจำนวนประชากรของพืชที่จะทำการปลูกคัดเลือกลักษณะที่ต้องการ ทำให้ลดขนาดพื้นที่ จำนวนแรงงาน ค่าใช้จ่าย และระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ การคัดเลือกลักษณะทางฟีโนไทป์บางลักษณะมีความยากในการตรวจสอบ มีค่าใช้จ่ายสูง และได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้เครื่องหมายโมเลกุลจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบฟีโนไทป์และมีความแม่นยำในการคัดเลือกมากกว่าวิธีคัดเลือกจากฟีโนไทป์ อีกทั้งเป็นการช่วยลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคจากการตรวจสอบฟีโนไทป์กับเชื้อโรคจริง

3. เครื่องหมายสนิปส์ด้วยเทคนิค Tetra-Primer ARMS–PCR นี้ มีความสะดวก ใช้งานได้ง่าย ไม่ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญเฉพาะด้าน สามารถดำเนินการในห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลที่มีเครื่องมือพื้นฐานได้ เช่น เครื่องพีซีอาร์ เครื่องแยกแถบดีเอ็นเอ และยังมีต้นทุนการตรวจสอบเพียง 10 บาทต่อการตรวจสอบสนิปส์ 1 ตำแหน่ง เมื่อเทียบกับเทคนิคอื่นๆ ซึ่งมีราคาประมาณ 100 บาทต่อตำแหน่งสำหรับเทคนิค real time PCR และ 310 บาทต่อตำแหน่งสำหรับเทคนิค Pyrosequencing

4. หน่วยงานต่างๆ สามารถนำเครื่องหมายสนิปส์ทั้ง 3 ชุดไพรเมอร์ ไปใช้คัดเลือกพันธุ์ได้ทันที

5. เครื่องหมายสนิปส์ของลักษณะปริมาณไซยาไนด์ต่ำ S16_735381 ขอจดอนุสิทธิบัตรในนามของกรมวิชาการเกษตร ชื่อการประดิษฐ์ เครื่องหมายโมเลกุลสนิปส์ที่สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังของยีน *manes.16G007500* เลขที่คำขอ 2203000058 วันที่ยื่นคำขอและรับคำขอ 10 มกราคม 2565

6. เครื่องหมายสนิปส์ของลักษณะความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง S12_7926132 นำไปใช้ต่อยอดในงานวิจัย เรื่อง การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกลักษณะต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ดำเนินงานปี 2565-2567

เอกสารอ้างอิง

จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข ประพิศ วงเทียม อุมาพร รักษาพราหมณ์ จิตติลักษณ์ พลพวก จารุวรรณ บางแวก และจินดา จิตจักร. 2558. การจำแนกและประเมินลักษณะทางคุณภาพของหัวคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งและคุณภาพของท่อนพันธุ์ในเชื้อพันธุ์มันสำปะหลัง. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร. 185 หน้า.

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด ภานุวัฒน์ มูลจันทะ อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช และโอภาษ บุญเส็ง. 2558. การคัดเลือกและประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม. รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, จ.ปทุมธานี. 69 หน้า.

โรคในมันสำปะหลังและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. (1-67_1.1 (nettathai.org) Accessed May 2022.

สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2563. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 164 หน้า.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2564. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 240 หน้า.

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช และบัญชา ชิณศรี. 2555. การสำรวจและประเมินความเสียหายจากโรครากปมของมันสำปะหลัง หน้า 391-395 ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 สาขาพืช

Almagro, L., L.V. Gómez Ros, S. Belchi-Navarro, R. Bru, A. Ros Barceló and M.A. Pedreño. 2009. Class III peroxidases in plant defence reactions, J. Exp. Bot. 60(2): 377–390.

Bradbury, P.J., Z. Zhang, D.E. Kroon, T.M. Casstevens, Y. Ramdoss and E.S. Buckler. 2007. TASSEL: software for association mapping of complex traits in diverse samples. Bioinformatics. 23: 2633-2635.

Codjia, E. D. , B. Olasanmi, P.A. Agre, R. Uwugiaren, A.D. Ige, I.Y. Rabbi. 2022. Selection for resistance to cassava mosaic disease in African cassava germplasm using single nucleotide polymorphism markers. Afr. J. Sci. 118.

Duplan, V. and S. Rivas. 2014. *E3 ubiquitin-ligases* and their target proteins during the regulation of plant innate immunity. Front Plant Sci. 5:42.

FAO/WHO. 1991. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Alimentarius Commission XII, Supplement 4, FAO, Rome, Italy.

Haque, M.R. and J.H. Bradbury. 1999. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. Food Chem. 77: 107–114.

Ige, A.D., B. Olasanmi, E.G.N. Mbanjo, I.S. Kayondo, E.Y. Parkes, P. Kulakow, C. Egesi, G.J. Bauchet, E. Ng, L.A.B. Lopez-Lavalle, H. Ceballos and I.Y. Rabbi. 2021. Conversion and validation of uniplex SNP markers for selection of resistance to cassava mosaic disease in cassava breeding programs. Agronomy,11: 420.

Kang, H.M, N.A. Zaitlen, C.M. Wade, A. Kirby, D. Heckerman, M.J. Daly and E. Eskin. 2008. Efficient control of population structure in model organism association mapping, Genetics, 178(3): 1709–1723.

Maduh, E.U., E.W. Nealley, H. Song, P.C. Wang and S.I. Baskin. 1995. A protein kinase C inhibitor attenuates cyanide toxicity in vivo. Toxicology. 100(1-3): 129-137.

Rabbi, I. Y. , K.S. Ismail, B. Guillaume, Y. Muyideen, A.C. Idhigu, O. Kayode, U. Ruth, S.I. Andrew, P. Prasad, A. Afolabi, P. Elizabeth, L.Ezenwaka, W.Mamin, J. Jean-Luc, E.Chiedozie and K. Peter. 2020. Genome-wide association analysis reveals new insights into the genetic architecture of defensive, agro-morphological and quality-related traits in cassava. Plant Mol. Biol. doi:10.1007/s11103-020-01038-3

Zhang, S. 2012. Activation of plant stress-responsive MAP kinases induces cyanide- its role in reactive oxygen species generation and hypersensitive Cell Death. https://grantome.com/grant/NSF/IOS-0743957. Accessed in May 2022.

การแยกและคัดเลือก *Streptomyces* sp. ที่ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมเชื้อรา *Ganoderma boninense* สาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมัน

Isolation and selection of *Streptomyces* sp. producing antifungal compounds for control of *Ganoderma boninense* causing basal stem rot disease in oil palm

ธีระ ชูแก้ว ยิ่งนิยม ริยาพันธ์ วรกร สิทธิพงษ์ เทิดศักดิ์ สวัสดิ์สุข
Teera Chookaew Yingniyom Riyapan Worakorn Sittipong Therdsak Sawatsuk

บทคัดย่อ

โรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันจากเชื้อรา *Ganoderma boninense* เป็นโรคที่กำลังระบาดในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทางภาคใต้ของประเทศไทย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแยก คัดเลือก และศึกษาศักยภาพของสารสกัดหยาบจาก *Streptomyces* sp. ต่อการควบคุมเชื้อรา *G. boninense* ดำเนินการทดลองเดือนตุลาคม 2562 ถึงกันยายน 2564 โดยแยก *Streptomyces* sp. จากดินรอบลำต้นปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้จำนวน 21 ตัวอย่าง ได้ *Streptomyces* sp. จำนวน 167 ไอโซเลท คัดเลือกการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อรา *G. boninense* ด้วยวิธี dual culture พบว่า 4 ไอโซเลท (CW2 CW5 CW9 และ KS1) ยับยั้งร้อยละ 100.00 และไอโซเลท KS10 ยับยั้งร้อยละ 93.52 เมื่อทดสอบการยับยั้งโดยใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อพบว่า ไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 ให้การยับยั้งร้อยละ 100.00 ทั้งจากการทดสอบด้วย dual culture และการใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อ การศึกษาลำดับเบสของยีน 16S rRNA พบว่า ไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 จัดจำแนกเป็น *S. morookaense* ไอโซเลท CW2 คือ *S. atratus* และไอโซเลท KS10 คือ *S. luteireticuli* การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตทจาก *S. morookaense* CW5 ต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ด้วยวิธี poisoned food technique พบว่า ทุกระดับความเข้มข้น (0.01-100 mg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ได้ร้อยละ 24.67–100.00 โดยความเข้มข้น 10 mg/ml ยับยั้งได้สูงสุดร้อยละ 100.00 และให้ผลการยับยั้งเทียบเท่ากับ hexaconazole ที่ความเข้มข้น 1 mg/ml จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า *S. morookaense* CW5 ที่คัดเลือกได้สามารถควบคุมเชื้อรา *G. boninense* อย่างมีประสิทธิภาพในระดับห้องปฏิบัติการและเป็นแนวทางนำไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เพื่อใช้ในการควบคุมโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันต่อไปในอนาคต อีกทั้งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่มีการพัฒนาเชื้อ *S. morookaense* มาใช้ในการควบคุมโรคลำต้นเน่าของปาล์มน้ำมันที่เกิดจากเชื้อรา *G. boninense*

คำสำคัญ: เชื้อ *Streptomyces* sp. ปาล์มน้ำมัน โรคลำต้นเน่า การควบคุมทางชีวภาพ

Abstract

Basal stem rot disease in oil palm caused by *Ganoderma boninense* is now a threatening disease in oil palm cultivation in southern Thailand. The objective of this study was to isolate, screen, and investigate the antifungal potential of the crude extract

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร
Suratthani Oil Palm Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture

from the selected *Streptomyces* sp. for their antagonistic ability against *G. boninense*. The experiment was studied from October 2019 to September 2021. A total of 167 strains were obtained from 21 samples of oil palm rhizosphere soil in southern Thailand. All strains were tested for antagonistic properties against *G. boninense* using the dual culture test. The results exhibited that four strains (namely CW2, CW5, CW9, and KS1) achieved the highest activity at 100.00% followed by the strains KS10 gave the inhibitory activity at 93.52%. Furthermore, the strains CW5, CW9, and KS1 demonstrated the strongest inhibition (100.00%) from the dual culture test and exhibited greater activity in the culture filtrate test. Based on the 16S rRNA gene sequence analysis indicated that the strains CW5, CW9, and KS1 were belonging to the *S. morookaense*. Whereas the strain CW2 was *S. atratus*, while the strain KS10 was *S. luteireticuli*. Crude ethyl acetate extract from *S. morookaense* CW5 were employed using the poisoned food technique. It was found that different concentrations (0.01-100 mg/ml) were able to inhibit *G. boninense* from 24.67–100.00%. Crude ethyl acetate extract at 10 mg/ml exhibited the highest activity at 100.00% as well as can be competed with hexaconazole (1 mg/ml). The results showed that the selected *S. morookaense* CW5 was able to effectively control *G. boninense in vitro* and may have potential as bio-fungicides in order to regulate the target spot of basal stem rot disease in the future. Moreover, this is the first study to develop *S. morookaense* for the biological control of basal stem rot disease in oil palm caused by *G. boninense*.

Keyword: *Streptomyces* sp., oil palm, basal stem rot disease, biological control

คำนำ

จากข้อมูลในช่วงต้นปี 2565 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 6.18 ล้านไร่ มีผลผลิตปาล์มน้ำมันประมาณ 17.59 ล้านตัน พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันและผลผลิตปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี 2564 มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันและผลผลิตปาล์มน้ำมันประมาณ 6.06 ล้านไร่ และ 16.79 ล้านตัน ตามลำดับ พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้คิดเป็นร้อยละ 86.00 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั่วประเทศ ที่เหลือร้อยละ 14.00 กระจายอยู่ในภาคอื่น ๆ (คณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลปริมาณการผลิตสินค้าเกษตร, 2565)

โรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันจากเชื้อรา *Ganoderma boninense* (*G. boninense*) ทำให้ผลผลิตลดลงหรือไม่ให้ผลผลิตเลย (Yurnaliza et al., 2020) เมื่อเป็นโรครุนแรงปาล์มน้ำมันจะยืนต้นตาย พบการระบาดของโรคอย่างกว้างขวางในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทางภาคใต้ของประเทศไทย ความเสียหายส่วนใหญ่พบในปาล์มน้ำมันอายุ 10 ปีขึ้นไป อย่างไรก็ตาม จากการลงพื้นที่สำรวจโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันพบว่า การระบาดของโรคมีแนวโน้มพบในปาล์มน้ำมันอายุน้อยลงเรื่อย ๆ สร้างความกังวลให้กับเกษตรกรเป็นอย่างมาก สาเหตุดังกล่าวเนื่องจากการปลูกปาล์มน้ำมันแทนพื้นที่เดิมที่แปลงปลูกก่อนหน้านั้นเป็นปาล์มน้ำมันอายุมาก และมีการทิ้งตอปาล์มน้ำมันไว้ในแปลง ซึ่งเป็นการสร้างแหล่งสะสมเชื้อสาเหตุของโรคไว้ เชื้อรา *G. boninense* จัดเป็นเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน (soil-borne plant pathogen) สามารถแพร่ผ่านทางสปอร์ของเชื้อรา (basidiospores) หรือแพร่กระจายผ่านทางระบบ

ราก (Siddiqui et al., 2021) การพบดอกเห็ดบนต้นปาล์มน้ำมันแสดงว่าเส้นใยของเชื้อราได้เข้าไปทำลายท่อน้ำเลี้ยงภายในต้นปาล์มน้ำมันเป็นจำนวนมากแล้ว หลังจากนั้นต้นปาล์มน้ำมันจะยืนต้นตาย อาการดังกล่าวเป็นอาการระยะสุดท้ายของการเกิดโรคที่สามารถสังเกตได้ แต่การสังเกตอาการของโรคในระยะแรกก่อนพบดอกเห็ดนั้น ทำได้ยาก

การจัดการโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันโดยการใช้สารเคมี ให้ผลการยับยั้งหรือควบคุมการเกิดโรคไม่คงที่ เนื่องจากเชื้อรา *G. boninense* มีระยะพักตัวหลายระยะ และการแพร่กระจายเข้าทางระบบรากจากดินที่มีเชื้อรา *G. boninense* เป็นข้อจำกัดทำให้สารเคมียากต่อการเข้าถึง (Hushiarian et al., 2013) เมื่อพิจารณาพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันที่แสดงอาการของโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันได้น้อย พบว่า ความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อรา *G. boninense* อาจถูกยับยั้งหรือขึ้นอยู่กับระบบทางชีววิทยาในบริเวณนั้น ๆ ดังนั้นการควบคุมเชื้อรา *G. boninense* โดยชีววิธีจึงมีแนวโน้มที่จะสามารถควบคุมโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Streptomyces sp. เป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* มีรายงานผลการยับยั้งในระดับห้องปฏิบัติการที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อื่น ๆ (Shariffah Muzaimah et al., 2020) เช่น *Pseudomonas putida* (Shui et al., 2021) *Burkholderia* spp. (Yurnaliza et al., 2020) *Trichoderma asperellum* (Muniroh et al., 2019) และ *Bacillus cereus* BKA 10 (Mardiah et al., 2018) อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในดินระหว่างตัวอย่างดินที่ได้จากแปลงปลูกปาล์มน้ำมันที่เกิดและไม่เกิดโรคลำต้นเน่าด้วยเทคโนโลยี Next Generation Sequencing พบว่า จุลินทรีย์กลุ่มที่มีบทบาทในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันในสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ คือกลุ่มแอคติโนมัยสีท (Anothai and Chairin, 2022) โดยเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยสีทที่พบส่วนใหญ่เป็นเชื้อ *Streptomyces* sp. มากถึงร้อยละ 70.00 – 90.00

อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* และมีการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ทางการค้าส่วนใหญ่อยู่ในประเทศมาเลเซีย เนื่องจากได้ประสบปัญหาการระบาดของโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันมาก่อน แต่ชีวภัณฑ์ดังกล่าวพัฒนาให้ยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สายพันธุ์ที่แยกได้จากการระบาดภายในประเทศ ดังนั้นเพื่อเป็นพัฒนาการใช้ชีววิธีสำหรับควบคุมโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นในประเทศไทย การแยกและคัดเลือก *Streptomyces* sp. ที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันจึงจำเป็นต้องดำเนินการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติก ปากกาเคมี กระดาษบันทึก
2. สารเคมี ได้แก่ ethyl alcohol 75% dimethyl sulfoxide (DMSO) ethyl acetate
3. อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ potato dextrose agar (PDA) glucose yeast-extract malt-extract agar (GYMA) international *Streptomyces* project medium no. 2 (ISP2)
4. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ จานอาหารเลี้ยงเชื้อ ตู้เขี่ยเชื้อ หม้อนึ่งความดันไอน้ำ ตู้อบฆ่าเชื้อ เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator)

วิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินรอบต้นปาล์มน้ำมันจากแปลงปลูกปาล์มน้ำมันที่สมบูรณ์ อายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป และไม่มีการแสดงอาการของโรคลำต้นเน่าในพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี กระบี่ ตรัง นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา โดยขุดที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินต้นละ 2 จุด จุดละ 100 กรัม เก็บแปลงละ 3 จุด คลุกให้เข้ากัน จากนั้นผึ่งดินให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน ก่อนนำไปแยกเชื้อ

2. การแยกเชื้อ *Streptomyces* sp.

ตัวอย่างดินที่ผึ่งจนแห้ง นำมาแยกเชื้อ *Streptomyces* sp. ด้วยวิธี soil dilution spread plate เริ่มจากชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 5 กรัม ผสมในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 45 มิลลิลิตร และเจือจางลงครั้งละ 10 เท่า (ten-fold serial dilution) หยดสารแขวนลอยดินที่ระดับการเจือจาง 10^{-3} 10^{-4} และ 10^{-5} ปริมาตร 100 ไมโครลิตร บนอาหาร glucose yeast-extract malt-extract agar (GYMA) (เติม nalidixic acid ปริมาตร 25 μg/ml และ cycloheximide ปริมาตร 50 μg/ml เพื่อยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบและเชื้อรา) เกลี่ยดินแขวนลอยให้ทั่วผิวหน้าอาหาร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน เก็บโคโลนีของ *Streptomyces* sp. ที่มีลักษณะแตกต่างกัน เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพของ *Streptomyces* sp. ที่แยกได้ต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* (Shariffah-Muzaimah et al., 2015)

3. การคัดเลือกเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่มีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense*

นำแต่ละไอโซเลทของเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่แยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* (*G. boninense* แยกและเก็บรวมรวบอยู่ในห้องปฏิบัติการโรคพืช ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี) ด้วยวิธี dual culture โดยเลี้ยงเชื้อรา *G. boninense* บนอาหาร international *Streptomyces* project medium no. 2 (ISP2) เป็นเวลา 7 วัน และเลี้ยงเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่คัดแยกได้โดยการขีดเชื้อบนอาหาร ISP2 ในแนวตรงและห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะขอบเชื้อรา *G. boninense* แล้วนำไปวางในจานอาหารเดียวกับเชื้อ *Streptomyces* sp. ในแนวตรงข้ามกับเชื้อ *Streptomyces* sp. และห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 เซนติเมตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่วางเฉพาะเชื้อรา *G. boninense* (Shariffah-Muzaimah et al., 2015) วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ วัดขนาดของรัศมีเชื้อรา *G. boninense* ในชุดควบคุมและชุดทดสอบ นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาร้อยละการยับยั้ง (percent inhibition of radial growth; PIRG) จากร้อยละการยับยั้ง = $(R_1 - R_2)/R_1 \times 100$ โดย R_1 คือ รัศมีของเชื้อราที่เจริญบนอาหารชุดควบคุม และR_2 คือ รัศมีของเชื้อราที่เจริญบนอาหารชุดทดสอบ (Lim et al., 2018) คัดเลือกไอโซเลท *Streptomyces* sp. ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense*

4. การทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อของ *Streptomyces* sp. ที่คัดเลือกได้

นำไอโซเลทของ *Streptomyces* sp. ที่ให้ผลการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สูงสุด 5 อันดับแรกมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อโดยเปรียบเทียบผลกับ dual culture ซึ่งจะคัดเลือกไอโซเลทที่ให้ผลการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สูงสุดตรงกันทั้ง dual culture และการใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อ สำหรับการทดสอบด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อ เริ่มจากตัดเส้นใยของเชื้อ *Streptomyces* sp. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ที่เลี้ยงไว้บนอาหารแข็ง ISP2 นาน 7 วัน เติมในอาหารเหลว ISP2 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เขย่า 140 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 วัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง

จากนั้นนำมาหมุนเหวี่ยงแยกเซลล์ที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที กรองส่วนน้ำใสด้วยเยื่อกรอง 0.45 ไมครอน นำน้ำกรองเลี้ยงเชื้อผสมรวมกับอาหาร PDA ในอัตราส่วน 2:1 เทลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ปริมาณรวม 20 มิลลิลิตรต่อจานอาหาร) รอให้ผิวอาหารแห้ง จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะขอบเชื้อรา *G. boninense* ที่เลี้ยงไว้นาน 7 วัน แล้วนำไปวางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (positive control) ที่ผสมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อในอาหาร PDA และเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (negative control) ที่ผสม cycloheximide ปริมาตร 50 μg/ml ในอาหาร PDA วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ วัดขนาดรัศมีเชื้อรา *G. boninense* ของชุดควบคุมและชุดทดสอบ นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาร้อยละการยับยั้ง คัดเลือกไอโซเลทของเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สูงสุด (Muniroh et al., 2019)

5. การจัดจำแนกชนิด *Streptomyces* sp. โดยการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 16S rRNA

จัดจำแนก *Streptomyces* sp. ที่คัดเลือกได้ในระดับชนิด (species) โดยการวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน 16S rRNA เริ่มจากสกัดดีเอ็นเอของ *Streptomyces* sp. แต่ละไอโซเลทด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูปของบริษัท QIAGEN (Bacteria Genomic DNA Kit) นำดีเอ็นเอที่สกัดได้เพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค PCR ใช้ไพรเมอร์ 27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3' และ 1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3' (Hamid et al., 2020) ตรวจสอบปริมาณและคุณภาพผลิตภัณฑ์ PCR ด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส นำผลิตภัณฑ์ PCR ของชิ้นส่วน 16S rRNA ที่ได้ทำให้บริสุทธิ์ด้วย QIAquick PCR purification Kit (QIAGEN, USA) แล้วนำดีเอ็นเอมาวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนของยีน 16S rRNA โดยส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ลำดับเบส จากนั้นนำลำดับเบสที่ได้เปรียบเทียบความคล้ายกับฐานข้อมูลใน GenBank โดยใช้โปรแกรม BLAST ของ the national center for biotechnology information (NCBI) (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST) เพื่อจำแนกชนิดของ *Streptomyces* sp. และนำลำดับนิวคลีโอไทด์มาสร้างความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ (phylogenetic tree) โดยใช้โปแกรม MEGA version 7.0

6. การสกัดสารสกัดหยาบจากเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่คัดเลือกได้ต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense*

นำเชื้อ *Streptomyces* sp. ไอโซเลทที่ให้ผลการยับยั้งสูงสุดทั้งจากการทดสอบด้วย dual culture และทดสอบด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อ เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว ISP2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าที่ 140 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นถ่ายเชื้อ *Streptomyces* sp. ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว ISP2 ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เขย่าที่ 140 รอบต่อนาที บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน แยกเซลล์ *Streptomyces* sp. ออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนของเหลวที่แยกได้สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร แยกส่วนเอทิลอะซิเตทออก ทำซ้ำ 3 ครั้ง เลือกของเหลวชั้นบนไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน ที่ความดัน 45 mbar อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที (Lim et al., 2018) เก็บสารสกัดที่ได้ไว้อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

7. การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบจากเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่คัดเลือกได้ต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ในห้องปฏิบัติการ

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเชื้อ *Streptomyces* sp. ต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ด้วยวิธี poisoned food technique (Samarak and Tedsree, 2016) เริ่มจากละลายสารสกัดหยาบด้วย 10% (v/v) dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 mg/ml และเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0 0.01 0.1 1 และ 10 mg/ml จากนั้นเตรียมอาหาร PDA แล้วนำสารสกัดที่ระดับความเข่มข่นต่าง ๆ ผสมกับอาหาร PDA เทลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ปริมาณรวม 20 มิลลิลิตรต่อจานอาหาร) รอให้ผิวอาหารแห้ง จากนั้นใช้ cork borer เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะขอบเชื้อรา *G. boninense* ที่เลี้ยงไว้ 7 วัน แล้วนำไปวางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (positive control) โดยใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อและ10%DMSO และเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (negative control) ที่ผสม hexaconazole ความเข้มข้น 1 mg/ml ในอาหาร PDA วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ วัดขนาดของรัศมีเชื้อรา *G. boninense* ของชุดทดสอบและชุดควบคุม นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาร้อยละการยับยั้ง

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา: เดือนตุลาคม 2562 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2564

สถานที่ : ห้องปฏิบัติการโรคพืช ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเก็บตัวอย่างดิน

จากการเก็บตัวอย่างดินรอบต้นปาล์มน้ำมันในพื้นที่ต่าง ๆ ทางภาคใต้ของประเทศไทยพบว่า ได้ตัวอย่างดินในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันสำหรับใช้ในการแยกเชื้อ *Streptomyces* sp. จำนวน 21 ตัวอย่าง (Table 1)

Table 1 Sampling locations, number of soil samples, and number of isolated *Streptomyces* sp. and order of isolates

Sampling locations	Number of soil samples	Number of isolated *Streptomyces* sp.	Isolate codes
Nakhon Si Thammarat			
Pak Phanang	1	9	PN1-PN9
Thung Song	1	6	TG1-TG6
Chawang	1	11	CW1-CW11
Surat Thani			
Mueang Surat	1	4	MS1-MS4
Kanchanadit	2	15	KD1-KD15
Phrasaeng	1	11	PS1-PS11
Krabi			
Klong Thom	2	13	KT1-KT13
Plai Phraya	1	9	PY1-PY9
Khao Phanom	1	6	KN1-KN6
Chumphon			
Tha Sae	1	8	TS1-TS8

Trang			
Mueang Trang	1	10	MT1-MT10
Huai Yot	1	7	HY1-HY7
Ratsada	1	8	RD1-RD8
Phatthalung			
Mueang Phatthalung	1	10	MP1-MP10
Khao Chaison	1	11	KS1-KS11
Pa Bon	1	7	PB1-PB7
Songkhla			
Rattaphum	1	9	RP1-RP9
Hat Yai	1	5	HD1-HD5
Khlong Hoi Khong	1	8	KK1-KK8
Total	21	167	

2. การแยกเชื้อ *Streptomyces* sp.

ตัวอย่างดินในแต่ละพื้นที่จำนวน 21 ตัวอย่าง แยกเชื้อ *Streptomyces* sp. พบว่า ได้เชื้อ *Streptomyces* sp. จำนวน 167 ไอโซเลทที่มีความหลากหลาย โคโลนีของเชื้อ *Streptomyces* sp. มีลักษณะคล้ายแป้งหรือกำมะหยี่ สีขาว เทา น้ำตาล ส้ม เหลือง และดำ แตกต่างกัน นอกจากนี้บางไอโซเลทสร้างรงควัตถุสีต่าง ๆ เช่น น้ำตาล ดำ และเหลือง การพบ *Streptomyces* sp. ในทุกตัวอย่างดินที่นำมาแยกเชื้อ และได้เชื้อที่มีความหลากหลายเนื่องจาก *Streptomyces* sp. เป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ทั่วไปในระบบนิเวศในฐานะผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ อีกทั้งสปอร์ที่ *Streptomyces* sp. สร้างขึ้นมีความทนทานสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี

3. การคัดเลือกเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่มีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense*

จากการนำไอโซเลทของเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่แยกได้จากดิน ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* พบว่า การยับยั้งที่ได้จาก 167 ไอโซเลทอยู่ในช่วงร้อยละ 10.20 – 100.00 จำนวน 50 ไอโซเลท ให้ผลการยับยั้งต่ำกว่าร้อยละ 50.00 จำนวน 110 ไอโซเลทให้ผลการยับยั้งอยู่ในช่วงร้อยละ 50.00 – 80.00 และจำนวน 7 ไอโซเลทให้ผลการยับยั้งมากกว่าร้อยละ 80.00 ไอโซเลทที่ให้ผลการยับยั้งสูงสุด 4 ไอโซเลท (CW2 CW5 CW9 และ KS1) มีค่าการยับยั้งร้อยละ 100.00 และไอโซเลท KS10 มีค่าการยับยั้งร้อยละ 93.52

ไอโซเลท CW2 CW5 CW9 และ KS1 ที่แยกได้พบว่า มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ด้วยวิธีการทางชีวภาพที่มีรายงานก่อนหน้านี้ งานวิจัยของ Irma *et al*. (2018) รายงานว่า *Pseudomonas aeruginosa* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ร้อยละ 75.00 ในขณะที่ Mardiah (2018) คัดแยกแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการผลิตสารออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา (anti-fungal activity) โดยคัดแยกเชื้อแบคทีเรียจากเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ราก ลำต้น ใบ และผลปาล์มน้ำมัน ผลการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี dual culture พบว่า เชื้อ *Bacillus cereus* BKA 10 มีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สูงสุด และมีความสามารถในการยับยั้งร้อยละ 62.22 งานวิจัยของ Muniroh *et al*. (2019) ใช้ *Pseudomonas aeruginosa* และ *Trichoderma asperellum* ทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* พบว่า ให้ค่าการยับยั้ง

เชื้อรา *G. boninense* ร้อยละ 71.42 และ 76.85 ตามลำดับ Yurnaliza *et al*. (2020) แยกและคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อรา *G. boninense* โดยแยกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์จากดินในแปลงปาล์มน้ำมันจากประเทศอินโดนีเซีย ผลการศึกษาพบว่า เชื้อแบคทีเรียที่แยกได้คือ *Burkholderia* spp. และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ร้อยละ 55.00 Shui *et al*. (2021) คัดแยกแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติผลิตเอนไซม์ protease และ glucanase ซึ่งสามารถย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์สำหรับควบคุมเชื้อรา *G. boninense* โดยแยกเชื้อจากดินบริเวณแปลงปาล์มน้ำมันในประเทศมาเลเซีย ผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ด้วยวิธี dual culture พบว่า *Pseudomonas putida* นอกจากสามารถผลิตเอนไซม์ protease และ glucanase แล้วยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ร้อยละ 86.30

4. การทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อของ *Streptomyces* sp. ที่คัดเลือกได้

การทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* จากไอโซเลทที่ให้ผลการยับยั้งสูงสุด 5 อันดับแรกด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อพบว่า ไอโซเลท CW5 CW9 KS1 และ KS10 สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* โดยให้ค่าการยับยั้งร้อยละ 100.00 เชื้อรา *G. boninense* ไม่สามารถเจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมด้วยน้ำกรองเลี้ยงเชื้อจากไอโซเลท CW5 CW9 KS1 และ KS10 ตั้งแต่วันที่ 1 ของการวางเชื้อราทดสอบ ส่วนน้ำกรองเลี้ยงเชื้อของไอโซเลท CW2 ให้ค่าการยับยั้งรองลงมาคือร้อยละ 69.23 (Table 2, Figure 1) โดยไอโซเลท CW5 CW9 KS1 และ KS10 ให้ผลการยับยั้งได้ดีกว่าการใช้ cycloheximide (50 μg/ml) ซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา โดยให้ค่าการยับยั้งร้อยละ 93.76 ในส่วนของการทดสอบ dual culture พบว่า ไอโซเลท CW2 CW5 CW9 และ KS1 สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* โดยให้ค่าการยับยั้งร้อยละ 100.00 ส่วนไอโซเลท KS10 ให้ค่าการยับยั้งรองลงมาคือร้อยละ 84.42 (Table 2, Figure 2) อย่างไรก็ตาม ไอโซเลท CW2 ให้ผลการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ร้อยละ 100.00 เมื่อทดสอบด้วย dual culture แต่ให้ผลการยับยั้งที่ลดลงเหลือร้อยละ 69.23 เมื่อทดสอบโดยการใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ Shariffah-Muzaimah *et al*. (2015); Jung *et al*. (2018) ที่รายงานว่า เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เมื่อใช้ในรูปแบบต่างกัน ให้ผลการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อหรือลักษณะอาหารเลี้ยงเชื้อในรูปแบบเหลวและแข็งส่งผลต่อการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน จากผลการทดลอง ไอโซเลทที่ให้ผลการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สูงสุดตรงกันทั้ง dual culture และการใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อคือ ไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 จึงถือได้ว่าทั้ง 3 ไอโซเลทเป็นไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพต่อการควบคุมเชื้อรา *G. boninense*

Table 2 Antagonistic activity of the five *Streptomyces* strains against *G. boninense in vitro*

Isolates	Dual culture test (%)	Culture filtrate test (%)
CW2	100.00±0[a]	69.23±1.04[c]
CW5	100.00±0[a]	100.00±0[a]
CW9	100.00±0[a]	100.00±0[a]
KS1	100.00±0[a]	100.00±0[a]
KS10	84.42±1.22[b]	100.00±0[a]
Cycloheximide (50 μg/mL)	-	93.76±0.5[b]

* Means followed by different letters in the same column are significantly different at P<0.05 by DMRT

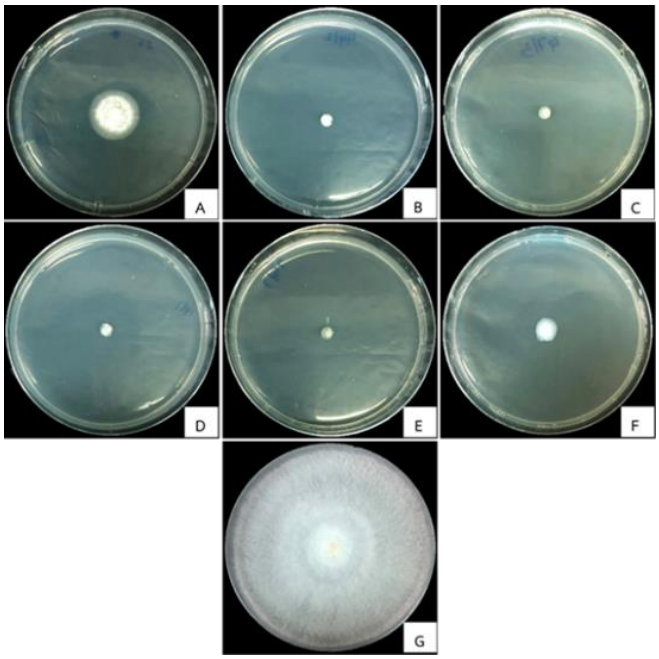


Figure 1 Inhibition of *G. boninense* in the culture filtrate test after 9 days of incubation with the selected *Streptomyces* strains. Strain CW2 (A); strain CW5 (B); strain CW9 (C); strain KS1 (D); strain KS10 (E); *G. boninense* colony with cycloheximide (50 μg/mL (F), and *G. boninense* colony in control plate (G).

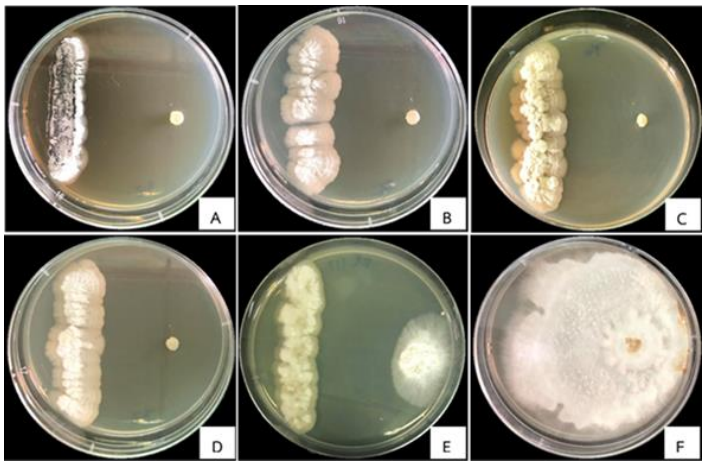


Figure 2 Inhibition of *G. boninense* in the dual culture test after 9 days of incubation with the selected *Streptomyces* strains. Strain CW2 (A); strain CW5 (B); strain CW9 (C); strain KS1 (D); strain KS10 (E), and *G. boninense* colony on control plate (F).

5. การจัดจำแนกชนิด *Streptomyces* sp. โดยการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 16S rRNA

จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA (1450 bp) ทั้ง 5 ไอโซเลท แล้วนำข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank พบว่า ทั้ง 5 ไอโซเลทมีความเหมือนของลำดับนิวคลีโอไทด์กับแบคทีเรียในกลุ่ม *Streptomyces* ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 มีความเหมือนกับ *Streptomyces* สายพันธุ์ NR112529 ในฐานข้อมูล GenBank ร้อยละ 99.86

99.93 และ 99.93 ตามลำดับ ไอโซเลท CW2 มีความเหมือนกับ *Streptomyces* สายพันธุ์ NR043490 ในฐานข้อมูล GenBank ร้อยละ 99.45 และไอโซเลท KS10 มีความเหมือนกับ *Streptomyces* สายพันธุ์ HQ650809 ในฐานข้อมูล GenBank ร้อยละ 99.39 (Table 3) เมื่อนำข้อมูลลำดับลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16s rRNA มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการด้วยการสร้าง phylogenetic tree แบบ neighbor-joining แสดงความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของทั้ง 5 ไอโซเลทพบว่า ไอโซเลท CW2 และ KS10 มีความสัมพันธ์ต่างกับไอโซเลทอื่น ๆ อย่างชัดเจน โดยไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 คือ *S. morookaense* ไอโซเลท KS10 คือ *S. luteireticuli* และไอโซเลท CW2 คือ *S. atratus* (Figure 3)

จากการทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* โดยใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อพบว่า มี 3 ไอโซเลท คือ ไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 ที่ให้ผลการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สูงสุดตรงกันทั้ง dual culture และการใช้น้ำกรองเลี้ยงเชื้อโดยให้ค่าการยับยั้งร้อยละ 100 จากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 ที่ได้จากการตรวจสอบการเจริญบนอาหารแข็ง ISP2 และจากการวิเคราะห์ลำดับเบสของ 16s rRNA พบว่า ไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 คือ *S. morookaense* โดยไอโซเลท CW5 และ CW9 มาจากแหล่งเดียวกันคืออำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนไอโซเลท KS1 คัดแยกมาจากดินในพื้นที่อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง อย่างไรก็ตาม เมื่อเลี้ยงไอโซเลท CW5 CW9 และ KS1 ในระยะเวลาสั้น ๆ พบว่า ไอโซเลท CW5 เลี้ยงง่าย โตเร็ว มีการผลิตตัวเซลล์ได้สูงกว่าไอโซเลท CW9 และ KS1 ดังนั้นจึงเลือกไอโซเลท CW5 (*S. morookaense* CW5) เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

Table 3 Identification of the selected *Streptomyces* strains based on 16S rRNA sequence analysis

Strains	Length (bp)	Similarity Rate (% Identities)	Species
CW2	1487	99.45	*Streptomyces atratus*
CW5	1477	99.86	*Streptomyces morookaense*
CW9	1477	99.93	*Streptomyces morookaense*
KS1	1477	99.93	*Streptomyces morookaense*
KS10	1531	99.39	*Streptomyces luteireticuli*

Figure 3 Phylogenetic relationships of the five *Streptomyces* strains based on 16S rRNA gene sequence analysis. The branching pattern was constructed by the neighbor-joining method. The number at each node refers to the bootstrap support value (%) based on 1000 replicates (greater than 50% are shown). The scale bar indicates 0.01 nucleotide substitutions per nucleotide position.

6. การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดหยาบจากเชื้อ *Streptomyces* sp. ที่คัดเลือกได้ต่อการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ในห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองพบว่า สารสกัดหยาบจาก *S. morookaense* CW5 ทุกระดับความเข้มข้น (0.01 - 100 mg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* โดยระดับการยับยั้งเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดหยาบ และที่ระดับความเข้มข้น 10 mg/ml พบว่า สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ได้ร้อยละ 100.00 นอกจากนี้ที่ระดับความเข้มข้น 10 mg/ml สารสกัดหยาบจาก *S. morookaense* CW5 มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ได้เทียบเท่ากับการใช้สารเคมี hexaconazole ที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/ml ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ได้ร้อยละ 100.00 เช่นกัน (Table 4, Figure 4) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Sujarit *et al*. (2020) ซึ่งสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจาก *S. palmae* CMU-AB204^{T} เพื่อใช้ยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* พบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ได้แก่ สาร actinopyrone A สาร anguinomycin A และสาร leptomycin A และ Nur Azura *et al*. (2016) รายงานว่าแอคติโนมัยสีทในกลุ่ม *Streptomyces* สร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้หลายประเภท และสารที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ได้แก่ สาร cycloheximide และสาร actiphenol Shariffah-Muzaimah *et al*. (2015) รายงานว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจาก *Streptomyces* sp. ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *G. boninense* ได้แก่ สาร tradimefon สาร triadimenol สาร carboxin สาร benomyl สาร hexaconazole และสาร cyproconazole นอกจากนี้ Lim *et al*. (2018) สกัดสารสกัดหยาบจาก *Streptomyces* sp. A19 โดยใช้เอทิลอะซิเตทพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัด 1 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ได้ร้อยละ 90.59 อย่างไรก็ตาม ผล

การยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ที่ได้จาก Lim *et al*. (2018) ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่น้อยกว่าแต่ให้ผลการยับยั้งที่สูงกว่า อาจเป็นเพราะการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่แตกต่างกันก่อนนำเชื้อมาสกัดสารสกัดหยาบ โดย *Streptomyces* sp. A19 เลี้ยงในอาหาร mannitol peptone broth ในขณะที่ *S. morookaense* CW5 เลี้ยงในอาหาร ISP2 ซึ่งองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกัน ส่งผลให้เชื้อ *Streptomyces* sp. ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากน้อยต่างกัน โดยมีรายงานว่า การเลี้ยงเชื้อในอาหาร mannitol peptone broth ที่มี mannitol เป็นแหล่งคาร์บอนช่วยส่งเสริมให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อก่อโรคเพิ่มขึ้น (Islam et al., 2012)

จากรายงานของ Yang *et al*. (2020) พบว่า *S. morookaense* สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญได้แก่ สาร fasamycin-type polyketides สาร streptovertimycins A-H ซึ่งจัดเป็นสารออกฤทธิ์กลุ่ม aromatic polyketide ที่หายาก จากรายงานของ Dos Reis *et al*. (2019) พบว่า *S. morookaense* มีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญได้แก่ สาร alkaloids สาร streptoverticillin สาร streptoverticillinone รายงานของ Feng *et al*. (2007) พบว่า สารออกฤทธิ์ที่สำคัญอีกตัวของ *S. morookaense* คือ สาร gloeosporiocide โดยสารดังกล่าวมีองค์ประกอบของเปปไทด์ลักษณะเป็นวง (cyclic peptide) ข้อดีคือสารประกอบชนิดนี้มีความเสถียรในการจับกับกลุ่มเป้าหมายและมีความแข็งแรงมากกว่าสารที่อยู่ในรูปแบบเชิงเส้น (linear peptide) และยังมีความทนทานต่อการทำลายด้วยเอนไซม์ protease โดยคุณสมบัติดังกล่าวทำให้เชื้อ *S. morookaense* มีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ได้ดีกว่าในระดับแปลงทดสอบ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเชื้อ *S. morookaense* สามารถใช้ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชได้เป็นอย่างดี (Zhu et al., 2021; Andargie and Li, 2019)

อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเชื้อ *S. morookaense* ในการยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเชื้อ *S. morookaense* ที่คัดแยกได้ต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมัน ซึ่งในอนาคตอาจพัฒนาเชื้อดังกล่าวเป็นสารชีวภัณฑ์สำหรับควบคุมโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันต่อไป

Table 4 Mycelial inhibition of each different concentration of crude ethyl acetate extract from *S. morookaense* CW5

Concentrations	Mycelial inhibition of *G. boninense* (%)
Sterile distilled water	0.00±0.00[a]
Hexaconazole 1 mg/ml	100.00±0.00[b]
Crude extract 100 mg/ml	100.00±0.00[b]
Crude extract 10 mg/ml	100.00±0.00[b]
Crude extract 1 mg/ml	73.87±0.66[c]
Crude extract 0.1 mg/ml	39.33±0.32[d]
Crude extract 0.01 mg/ml	24.67±0.21[e]
10% DMSO	0.00±0.00[a]

* Means followed by different letters in the same column are significantly different at P<0.05 by DMRT

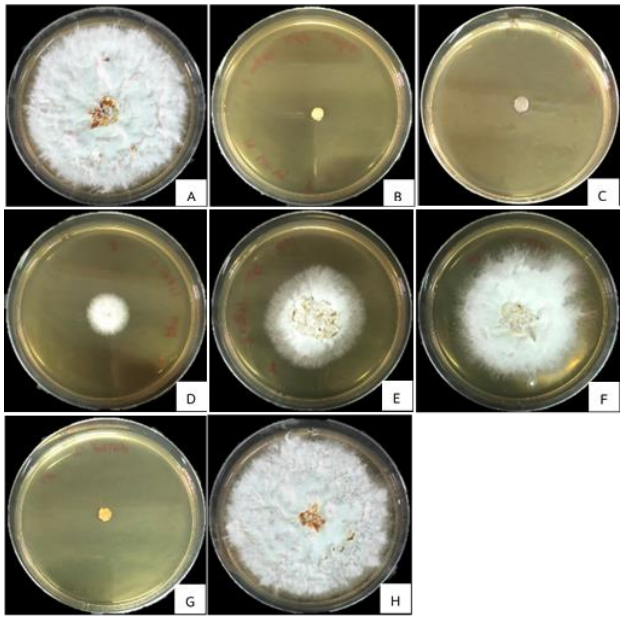


Figure 4 Mycelial growth of *G. boninense* on plates containing various crude extract concentrations of *S. morookaense* CW5 after 9 days of incubation. Sterile distilled water (A); crude extract 100 mg/ml (B); crude extract 10 mg/ml (C); crude extract 1 mg/ml (D); crude extract 0.1 mg/ml (E); crude extract 0.01 mg/ml (F); hexaconazole 1 mg/ml (G), and 10%DMSO (H).

สรุปผลการทดลอง

เชื้อ *S. morookaense* CW5 ที่แยกและคัดเลือกได้จากดินรอบลำต้นปาล์มน้ำมันในอำเภอฉวาง จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถใช้ยับยั้งเชื้อรา *G. boninense* สาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้ตัวเซลล์ น้ำกรองเลี้ยงเชื้อ และสารสกัดหยาบ โดยยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ในระดับห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ผลิตจาก *S. morookaense* CW5 จำเป็นต้องศึกษาหาชนิดของสาร ซึ่งอาจเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดใหม่ ที่นำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น

การนำไปใช้ประโยชน์

กรมวิชาการเกษตรมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชโดยใช้ชีวภัณฑ์ จนได้ชีวภัณฑ์หลายชนิดที่สามารถควบคุมศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการขยายผลสู่หน่วยงานในภูมิภาค ให้เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมันที่กำลังระบาดในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทางภาคใต้ของประเทศไทยนั้น ยังไม่มีชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคดังกล่าว

งานวิจัยนี้เป็นการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ สำหรับใช้ยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมัน เพื่อที่จะพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ และนำมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่ระบาดของโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมัน เชื้อ *S. morookaense* CW5 ที่คัดเลือกได้ จึงเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การพัฒนาชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชของกรมวิชาการเกษตรต่อไป ซึ่งเป็นการตอบสนองนโยบายรัฐบาลในการขับเคลื่อนการผลิตพืชโดยใช้เทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยทั้งต่อเกษตรกร ผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการพัฒนาคุณภาพข้อมูลปริมาณการผลิตสินค้าเกษตร. 2565. ผลพยากรณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมัน ปี 2565. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/.../files/forecast/situation/8S_PL.pdf สืบค้นเมื่อ: 6 พฤษภาคม 2565.

Anothai, J. and T. Chairin. 2022. Analysis of rhizobacterial community associated with the occurrence of Ganoderma basal stem rot disease in oil palm by Illumina next-generation sequencing. Arch. Microbiol. 31: 1-10.

Andargie, M. and J. Li. 2019. Antifungal activity against plant pathogens by compounds from *Streptoverticillium morookaense*. Plant Pathol. 101: 547-558.

Dos Reis, G.V., W.R. Abraham., D.F. Grigoletto., J.B. De Campos., J. Marcon., J.A. Da Silva., M.C. Quecine., J.L. De Azevedo., A.G. Ferreira and S.P. De Lira. 2019. Gloeosporiocide, a new antifungal cyclic peptide from *Streptomyces morookaense* AM25 isolated from the Amazon bulk soil. FEMS Microbiol. Lett. 366: 1-25.

Feng, N., W. Ye., P. Wu., Y. Huang., H. Xie and X. Wei. 2007. Two new antifungal alkaloids produced by *Streptoverticillium morookaense*. J. Antibiot. 60: 179-183.

Hamid, M.E., A. Mahgoub., A.J.O. Babiker., H.A.E. Babiker., M.A.I. Holie., M.M. Elhassan and M.R.P. Joseph. 2020. Isolation and identification of *Streptomyces* spp. from desert and savanna soils in Sudan. Int. J. Environ. Res. Public Health. 17: 1-10.

Hushiarian, R., N. Yusof and S. Dutse. 2013. Detection and control of *Ganoderma boninense*: strategies and perspectives. SpringerPlus. 2: 1-12.

Irma, A., A. Meryandini and B. Rupaedah. 2018. Biofungicide producing bacteria: an *in vitro* inhibitor of *Ganoderma boninense*. HAYATI J. Biosci. 25: 151-159.

Islam, M.R., Y.T. Jeong., Y.S. Lee and C.H. Song. 2012. Isolation and identification of antifungal compounds from *Bacillus subtilis* C9 inhibiting the growth of plant pathogenic fungi. Mycobiology. 40: 59-65.

Jung, S.J., N.K. Kim., D.H. Lee., S.I. Hong and J.K. Lee. 2018. Screening and evaluation of *Streptomyces* species as a potential biocontrol agent against a wood decay fungus, *Gloeophyllum trabeum*. Mycobiology. 46: 138-146.

Lim, P.H., J.A. Gansau and K.P. Chong. 2018. *Streptomyces* spp. a potential biocontrol agent against *Ganoderma boninense* of basal stem rot. J. Oil Palm Res. 30: 265-275.

Mardiah, I. 2018. Identification of endophytic bacterial isolated from oil palm plants with antifungal activity against *Ganoderma boninense*. PCPR. 3: 41-49.

Muniroh, M.S., S.A. Nusaibah., G. Vadamalai and Y. Siddique. 2019. Proficiency of biocontrol agents as plant growth promoters and hydrolytic enzyme producers in *Ganoderma boninense* infected oil palm seedlings. Curr. Plant Biol. 20: 1-9.

Nur Azura, A.B., M. Yusoff., G.Y.A. Tan., R. Jegadeesh., D.R. Appleton and S. Vikineswary. 2016. *Streptomyces sanglieri* which colonised and enhanced the growth of *Elaeis guineensis* Jacq. seedlings was antagonistic to *Ganoderma boninense* in *in vitro* studies. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 43: 485-493.

Samarak, N. and N. Tedsree. 2016. Antifungal activity of local medicinal plant extracts in Chanthaburi province against phytopathogenic fungi *Fusarium* sp. Songklanakarin J. Pl. Sci. 3: 112-117.

Shariffah-Muzaimah, S.A., A.S. Idris., A.Z. Madihah., O. Dzolkhifli., S. Kamaruzzaman and P.C.H. Cheong. 2015. Isolation of actinomycetes from rhizosphere of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) for antagonism against *Ganoderma boninense*. J. Oil Palm Res. 27: 19-29.

Shariffah-Muzaimah, S.A., A.S. Idris., R. Nur-Rashyeda., Y. Naidu., N.H. ZainolHilmi and K. Norman. 2020. Impact of pre-inoculating soil with *Streptomyces* sp. GanoSA1 on oil palm growth and *Ganoderma* disease development. Biocatal. Agric. Biotechnol. 29: 1-10.

Shui, W.S., I.B. Musa., K. Yong., K.L.W. Sin and P.M. Nissom. 2021. Evaluation of mycolytic enzymes producing bacteria and their potentials as biocontrol agents against *Ganoderma boninense*. BJRST. 3: 51-60.

Siddiqui, Y., A. Surendran., R.R.M. Paterson., A. Ali and K. Ahmad. 2021. Current strategies and perspectives in detection and control of basal stem rot of oil palm. Saudi J. Biol. Sci. 28: 2840-2849.

Sujarit, K., W. Pathom-aree., M. Mori., K. Dobashi., K. Shiomi and S. Lumyong. 2020. *Streptomyces palmae* CMU-AB204^{T}, an antifungal producing-actinomycete, as a potential biocontrol agent to protect palm oil producing trees from basal stem rot disease fungus, *Ganoderma boninense*. Biol. Control. 148: 1-12.

Yang, L., X. Li., P. Wu., J. Xue., L. Xu., H. Li and X. Wei. 2020. Streptovertimycins A-H, new fasamycin-type antibiotics produced by a soil-derived *Streptomyces morookaense* strain. J. Antibiot. 73: 283-289.

Yurnaliza, Y., D.I. Rambe., L. Sarimunggu., M. Purba., I. Nurwahyuni., S. Lenny., A. Lutfia and A. Hartanto. 2020. Screening of *Burkholderia* spp. from oil palm plantation with antagonistic properties against *Ganoderma boninense*. Biodiversitas. 21: 3431-3437.

Zhu, Z., Z. Tian and J. Li. 2021. A *Streptomyces morookaensis* strain promotes plant growth and suppresses Fusarium wilt of banana. Trop. Plant Pathol. 46: 175-185.

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบห้อม

Biological activity of crude extract from leaves of *Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze*

วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร[1] นราทร สุขวิเสส[1] ประยูร เอ็นมาก[1]
ประนอม ใจอ้าย[2] ศิวัช พลายเสน[1] นภัสสร เลียบวัน[1]
Wimonwan Wattanawichit[1] Narathorn Sukwises[1] Prayoon Enmak[1]
Pranom Chaiai[2] Siwat Plaisen[1] Napatsorn Leabwan[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบห้อมดำเนินการทดลองที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างปี 2561 – 2562 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนังของสารสกัดใบห้อมจากตัวทำละลาย 3 ชนิดได้แก่ น้ำ เอทานอล และเอทิลอะซีเตด พบว่าสารสกัดใบห้อมจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ $DPPH^{\cdot}$ และ $ABTS^{\cdot}$ ต่ำกว่าวิตามินซี โดยสารสกัดใบห้อมด้วยเอทานอลจะมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูงกว่าสารสกัดใบห้อมจากตัวทำละลายอีก 2 ชนิด โดยสารสกัดใบห้อมด้วยเอทานอล และเอทิลอะซีเตด มีความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อยีสต์ได้ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *S. aureus S. epidermidis B. subtilis C. albicans* และ *P.acnes* ส่วนสารสกัดใบห้อมด้วยน้ำความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. Aureus S. epidermidis* และ *P.acnes* โดยสารสกัดใบห้อมด้วยเอทานอลและเอทิลอะซีเตดมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* เท่ากับ 15.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นสารสกัดใบห้อมด้วยเอทานอลมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหรือยาได้ เนื่องจากมีความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังได้ที่ความเข้มข้นต่ำกว่าสารสกัดห้อมด้วยน้ำ และให้ปริมาณสารสกัดสูงกว่าสารสกัดด้วยเอทิลอะซีเตด นอกจากนี้ได้ศึกษาความเป็นพิษต่อเซลไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ ฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลอง ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และ ฤทธิ์สมานแผลในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ของสารสกัดใบห้อมด้วยเอทานอล พบว่าสารสกัดห้อมมีความปลอดภัยต่อเซลล์ผิวหนังเซลไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ และมีฤทธิ์สมานแผลในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ แต่ไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและต้านการอักเสบ

คำหลัก : ฤทธิ์ทางชีวภาพ สารสกัดใบห้อม

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูผลิตผลเกษตร
[1] Postharvest and Processing Research and Development Division
[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่
[2] Phrae Agricultural Research and Development Center

ABSTRACT

Biological activity of crude extract from leaves of Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze was performed during 2018 – 2019 at Postharvest and Processing Research and Development Division. The objective of this study was to investigate antioxidant activity and antibacterial activity of the extracts of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze leaves by three solvent, water, ethanol and ethyl acetate. The result found that antioxidant activity by scavenging of the stable radical DPPH and ABTS assay of the leaves of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extract was lower than vitamin C. The highest antioxidant activity was the ethanol extract. The ethanol and ethyl acetate extract exhibited antibacterial activity against *S. aureus*, *S. epidermidis*, *B. subtilis*, *C. albicans* and *P. acnes*. While the water extract exhibited antibacterial activity against *S. aureus, S. epidermidis* and *P.acnes*. The minimum inhibitory concentration of ethanol and ethyl acetate extracts to against S. epidermidis were 15.62 mg/ml. Thus, the extract from ethanol of leaves of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze was the most appropriate extract to apply in cosmetic product and medicine because the ethanol extract had lower minimum inhibitory concentration to against skin pathogen than the water extract and higher yield than the ethyl acetate extract. Moreover, Cytotoxicity of human fibroblast cell, anti-inflammatory activity, anti-tyrosinase activity and wound healing potential of ethanol extract were studied. The result found that the extract was very safe for human fibroblast cell and had wound healing potential without anti-tyrosinase activity and anti-inflammatory activity.

Key words: bioactivity, Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze extract

คำนำ

ห้อม เป็นพืชที่ให้สีครามเหมือนกับต้นครามแต่เป็นพืชต่างวงศ์กัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze หรือ *Baphicacanthus cusia* (Nees) Bremek. หรือ อยู่ในวงศ์ Acanthaceae มีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น ได้แก่ ห้อม ห้อมเมือง (เหนือ) แม่ฮ่องสอน เรียกครามดอย น่านเรียกห้อมเมือง ห้อมหลวง และที่เชียงใหม่ เชียงราย แพร่ ลำปาง เรียกห้อมน้อย เมื่อนำมาหมักในน้ำจะให้สารที่เรียกว่า อินดิแคน (Indican) มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ ไม่มีสี เมื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนจะเกิดเป็นกลูโคส และสารอินโดซิล (Indoxyl) เมื่ออินโดซิลถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศจะได้สารสีน้ำเงิน ที่เรียกว่า อินดิโก (Indigo/Indigo blue) นอกจากจะใช้ใบและต้นมาทำสีน้ำเงินใช้ย้อมผ้ากันมาแต่โบราณแล้ว ห้อมสามารถใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพร โดยแพทย์พื้นบ้านไทยใช้รากและใบต้มน้ำดื่ม แก้อาการเจ็บป่วยหลายอย่าง เช่น อาการไข้ ปวดศีรษะเนื่องจากหวัด เจ็บคอ หลอดลมอักเสบ ต่อมทอนซิลอักเสบ ตาอักเสบ แพทย์ญี่ปุ่นในเกาะโอกินาวาใช้ใบต้มน้ำดื่มสำหรับรักษาโรคกลากเนื่องจากมีสารทริปแทนตริน (tryptanthrin) สามารถฆ่าเชื้อรา *Trichophyton rubrum* และ *Trichophyton mentagrophytes* และสารสกัดจากใบห้อมสามารถต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ซึ่งทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ (Shahni and Handique, 2013)

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชและสารสกัดจากพืชได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางได้ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติสำคัญและได้รับความสนใจอย่างมาก คือ เป็นสารต้านการออกซิเดชั่นซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึมตามปกติของร่างกาย หรือเกิดจากการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่มีการสร้างอนุมูลอิสระขึ้นมา เพื่อสู้กับเชื้อโรคบางชนิด หรือเกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ได้แก่ สารเคมีและสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศ สารเติมแต่งอาหาร หรือสารเคมี ต่างๆ ที่ใช้ในการเกษตร ฯ สารต้านอนุมูลอิสระจึงมีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคและความชรา ทำให้มนุษย์เราต้องรับประทานอาหารที่เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามิน เอ, วิตามิน ซี, วิตามิน อี, และสารสกัดจากพืชหลายชนิด การวิเคราะห์ความสามารถต้านอนุมูลอิสระสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่ที่นิยมใช้ได้แก่ 2, 2-azobis (3-ethylbenzothialzoline-6-sulfonic acid) (ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), ferric reducing antioxidant power (FRAP) และ the oxygen radical absorption capacity (ORAC) (Awika, et al., 2003) การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในการสร้างเม็ดสีเมลานินที่ผิวหนังให้เกิดเร็วขึ้น การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนสจะสามารถช่วยลดปริมาณเมลานินที่มากเกินไปส่งผลให้ผิวขาวขึ้นและลดความผิดปกติของผิวหนังได้ (Lee, et al., 2009) และฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ คือความสามารถในการยับยั้งการเจริญ หรือความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยการทดสอบความต้านทานของเชื้อต่อยา ซึ่งมีวิธีการหลักอยู่ 2 แบบคือ dilution method และ agar diffusion method (รัชฎาพร และคณะ, 2554) โดยผิวหนังจัดเป็นอวัยวะของร่างกายที่มีโอกาสพบจุลินทรีย์ในอากาศได้มากที่สุด แต่แบคทีเรียในอากาศนั้นไม่สามารถเจริญเติบโตบนผิวหนังได้เนื่องจากเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผิวหนังในแต่ละบริเวณจะมีลักษณะโครงสร้างและหน้าที่ที่ต่างกันออกไป ทำให้แบคทีเรียที่ผิวหนังในแต่ละบริเวณต่างกันออกไป จุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนังที่พบทั่วไป เช่น *Bacilus subtilis* เป็นแบคทีเรียอาจก่อให้เกิดโรคผิวหนังอักเสบและเป็นแบคทีเรียที่ผลิตสารละลายใสมีกลิ่นเฉพาะตัวซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่นตัว P*ropionibacterium acne* และ *Staphylococcus epidermidis* เป็นแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเกิดสิว *Staphylococcus aureus* เป็นเชื้อที่ทำให้ฝี ผิวหนังอักเสบ และเป็นแผลติดเชื้อ

การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดกรองด้านความปลอดภัยของสารเคมี ด้วยการเลือกใช้เซลล์เพาะเลี้ยงที่เหมาะสมสอดคล้องกับการได้รับสัมผัสสารทดสอบนั้น การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์เป็นเครื่องมือและตัวชี้วัดที่สำคัญในการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดธรรมชาติ (Vichai and Kirtikara, 2006)

นอกจากนี้สารสกัดธรรมชาติมีการนำมาใช้ในการรักษาโรคมาเป็นเวลานาน การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบซึ่งเป็นการกระบวนการที่ร่ายกายตอบสนองต่อการติดเชื้อจุลินทรีย์และสิ่งแปลกปลอมที่อันตรายต่อร่างกาย อาการที่ปรากฏคือบวมแดง และร้อน เกิดจากเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดหนึ่งหลั่งสารสื่อกลางในการอักเสบ เช่นไนตริกออกไซด์ พรอสตาแกนดิน E_2 เป็นต้น ซึ่งการหลั่งสารสื่อกลางการอักเสบมากเกินไปทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่นไขข้ออักเสบ พาร์กินสัน และโรคอักเสบต่าง ๆ (Chandra, et al., 2012) และฤทธิ์สมานแผล เมื่อผิวหนังและเนื้อเยื่อได้รับบาดเจ็บไม่ว่าจะเป็นแผลเล็กหรือแผลขนาดใหญ่ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองของการสมานแผลหรือการหายของแผล โดยการหายของแผลจะขึ้นอยู่กับการมีเลือดนำสารอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยง

เนื้อเยื่ออย่างเพียงพอ เพื่อช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ซึ่งการสมานแผลจะช่วยให้เนื้อเยื่อกลับคืนสู่สภาพปกติและทำหน้าที่ได้ปกติที่สุด (Muhammad, et al., 2013) ทำให้สารสกัดธรรมชาติมาใช้รักษาโรคได้ ซึ่งปัจจุบันจึงมีการศึกษาสารธรรมชาติที่สามารถลดการอักเสบหรือสมานแผลได้ดี มีผลข้างเคียงต่ำเพื่อนำมาใช้ในการรักษาโรคอย่างกว้างขวาง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดห้อมเพื่อนำไปสู่การนำสารสกัดห้อมไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และเครื่องสำอางได้ อันจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชท้องถิ่นทางภาคเหนือของไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ใบห้อม จากศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรแพร่
2. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ เช่น เอทานอล เอทิลอะซีเตท อะซีโตน 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS)
3. เชื้อแบคทีเรีย และยีสต์ ได้แก่ *Propipnibacterium acnes* ATCC 6919, *Staphylococcus aureus subsp*. Aureus ATCC 6538, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 35984, *Bacillus subtilis subsp. Spizizenii* ATCC6633 และ *Candida albicans* ATCC 10231
4. อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton agar plates (MHA), Sabouraud Dextrose agar (SDA) และ Brian Heart Infusion (BHI) agar
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า Metter AE 200
6. UV-Visible spectrophotometer UV-2600 , Shimadzu
7. ตู้บ่มเชื้อ
8. ตู้ laminar air flow

วิธีการ

1. การศึกษาผลของตัวทำละลายในการสกัดห้อมต่อความสามารถต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนัง

1.1 การสกัดสารสกัดห้อมด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

นำใบห้อมสดล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ใบห้อมแห้งมีลักษณะกรอบ สีของใบห้อมส่วนใหญ่เปลี่ยนสีเทาดำ มีความชื้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 8

นำใบห้อมอบแห้งมาสกัดในตัวทำละลาย 3 ขนิด ได้แก่ เอทานอล เอทิลอะซีเตด และ น้ำ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 กรรมวิธี 7 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สกัดด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร

กรรมวิธีที่ 2 สกัดด้วยเอทิลอะซีเตด ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร

กรรมวิธีที่ 3 สกัดด้วยน้ำ

การสกัดใบห้อมโดยใบห้อมอบแห้ง 100 กรัม ใส่ขวดแก้วเติมตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ เอทานอล ความเข้มข้น ร้อยละ 95 โดยปริมาตร และ เอทิลอะซิเตด ความเข้มข้น ร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาตร 2000 มิลลิลิตร ปิดฝา ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 สกัดซ้ำ

ด้วยตัวทำละลาย 1500 มิลลิลิตร อีก 6 ครั้ง จนสารละลายที่ได้มีสีอ่อนลง แล้วนำสารละลายที่ได้มารวมกันระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศ ชั่งน้ำหนักสารสกัดใบห้อมที่ได้

1.2 การศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดห้อม

การศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดห้อมจะศึกษา 2 วิธีได้แก่

1.2.1 DPPH radical scavenging assay

การศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay ของสารสกัดห้อมจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน ซี ประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ Adedapo, et al. (2009) โดยผสมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.135 mM ในเมทานอล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร กับสารสกัดห้อมที่นำมาละลายในเมทานอล ความเข้มข้นของสารสกัดตั้งแต่ 0 – 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณค่า % radical scavenging activity ดังสมการ

DPPH radical scavenging activity (%) = $\{(A_0-A_1)/A_0] \times 100$

โดยที่ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงควบคุม

A_1 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

นำค่า % radical scavenging activity ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาสร้างกราฟเพื่อคำนวณหาค่า IC_{50} หรือ ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้ % radical scavenging activity ลดลงร้อยละ 50

1.2.1 ABTS radical scavenging assay

การศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS radical scavenging assay ของสารสกัดห้อมจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน ซี ประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ Adedapo, et al. (2009) โดยผสมสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7 mM และสารละลาย potassium persulfate ความเข้มข้น 2.4 mM ในปริมาตรที่เท่ากัน ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิริยาในที่มืด เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเจือจางด้วยเมทานอลจนมีค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เป็น 0.70 นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 2 มิลลิลิตรผสมสารสกัดห้อมที่นำมาละลายในเมทานอล ความเข้มข้นของสารสกัด ตั้งแต่ 0 – 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 7 นาที วัดค่าการดูกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร คำนวณค่า % Inhibition ABTS ดังสมการ

% Inhibition ABTS = $\{(A_0-A_1)/A_0] \times 100$

โดยที่ A_0 = ค่าการดูดกลืนแสงควบคุม

A_1 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

นำค่า % Inhibition ABTS ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาสร้างกราฟเพื่อคำนวณหาค่า IC_{50} หรือค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้ % radical scavenging activity ลดลงร้อยละ 50

1.3 การทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนังของสารสกัดห้อม

1.3.1 การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธี agar disc diffusion

1) เตรียมสารสกัดและยาปฏิชีวนะ

เตรียมสารสกัดโดยละลายสารสกัดห้อมให้มีความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยสารสกัดด้วยน้ำให้ละลายกลับด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ส่วนสารสกัดเอทิตอะซิเตตและเอทานอลให้ละลายกลับด้วย dimethyl sulphoxide (DMSO) และละลายยาปฏิชีวนะ gentamicin และ ketoconazole ให้มีความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ

2) การเตรียมเชื้อทดสอบ

- เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus, B. subtilis, S. epidermidis* ในอาหาร Mueller Hinton broth (MHB) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

- เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *P. acnes* ในอาหาร Brian Heart Infusion (BHI) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

- เพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์ *C. albicans* ในอาหารเหลว Sabouraud Dextrose broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

3) ปรับความขุ่นของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ทดสอบในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ให้มีค่าเทียบเท่ากับ 0.5 McFarland Standard โดยใช้ตาเปล่า จะได้ปริมาณเชื้อ 1.5×10^8 cfu/ml

4) นำเชื้อทดสอบมาเกลี่ย (swab) ให้ทั่วบนอาหาร Mueller Hinton agar ยกเว้น *P. Acnes* นำมาเกลี่ยในอาหาร Brian Heart Infusion (BHI) agar และยีสต์ *C. albicans* นำมาเกลี่ยในอาหาร Sabouraud Dextrose agar ด้วยไม้พันสำลีปราศจากเชื้อ

5) นำ paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จุ่งลงในสารสกัดแล้วผึ่งให้แห้งก่อนนำมาวางบนผิวหน้าอาหารแข็งที่เกลี่ยเชื้อไว้ โดยใช้ paper disc ชุบตัวทำละลายและยาปฏิชีวนะ gentamicin ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร วางเป็นชุดควบคุมสำหรับเชื้อแบคทีเรีย และ ketoconazole ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร วางเป็นชุดควบคุมสำหรับเชื้อยีสต์

6) นำจานอาหารไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ยกเว้น *P. acnes* บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บันทึกผลโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสการยับยั้ง

1.3.2 การศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดห้อมที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค (Minimal Inhibitory Concentration, MIC) โดยวิธี agar disc diffusion

1) การเตรียมเชื้อทดสอบ

- เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *S. epidermidis* ในอาหาร Mueller Hinton broth (MHB) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

- เพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์ *C. albicans* ในอาหารเหลว Sabouraud Dextrose broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

2) ปรับความขุ่นของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ทดสอบในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ให้มีค่าเทียบเท่ากับ 0.5 McFarland Standard โดยใช้ตาเปล่า จะได้ปริมาณเชื้อ 1.5×10^8 cfu/ml

3) นำเชื้อทดสอบมาเกลี่ย (swab) ให้ทั่วบนอาหาร Mueller Hinton agar และยีสต์ *C. albicans* นำมาเกลี่ยในอาหาร Sabouraud Dextrose agar ด้วยไม้พันสำลีปราศจากเชื้อ

4) นำสารสกัดห้อมที่มีบริเวณโซนยับยั้งมาเตรียมสารสกัดเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วเจือจางลงทีละ 2 เท่าด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ส่วนสารสกัดเอทิตอะซิเตตและเอทานอลเจือจางด้วย DMSO จะได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นระหว่าง 0.06-500 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร

5) นำ paper disc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จุ่งลงในสารสกัดแล้วผึ่งให้แห้งก่อนนำมาวางบนผิวหน้าอาหารแข็งที่เกลี่ยเชื้อไว้ โดยใช้ paper disc ชุบตัวทำละลายและยาปฏิชีวนะ gentamicin ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร วางเป็นชุดควบคุมสำหรับเชื้อแบคทีเรีย และ ketoconazole ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร วางเป็นชุดควบคุมสำหรับเชื้อยีสต์

6) นำจานอาหารไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสการยับยั้ง

1.4 การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ของสารสกัดห้อม

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ นอกเหนือไปจากความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนังของสารสกัดห้อม ได้แก่ การทดสอบเป็นพิษ (cytotoxicity) ของสารสกัดห้อมต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ โดยวิธีของ Ichai and Kirtikara (2006) การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลอง โดยวิธีของ Chandra, et al. (2012) การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยวิธีของ Lee, et al. (2009) และการทดสอบฤทธิ์สมานแผลของสารสกัดห้อมในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ โดยวิธีของ Muhammad, et al. (2013) ในตัวอย่างสารสกัดห้อมด้วยเอทานอล โดยทดสอบที่ศูนย์วิจัยสุขภาพและความงามมาโนเช่ จ.เชียงใหม่

ระยะเวลาดำเนินการ ปี 2561 – 2562

สถานที่ดำเนินการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาผลของตัวทำละลายในการสกัดห้อมต่อความสามารถต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนัง

1.1 การสกัดสารสกัดห้อมด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

การศึกษาการสกัดห้อมด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ ได้แก่ น้ำ สารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร และสารละลายเอทิลอะซิเตดความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำเป็นของเหลวสีน้ำตาล ส่วนสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลและเอทิลอะซิเตดจะเป็นของเหลวสีเขียว หลังจากนำสารสกัดที่ได้ระเหยแห้งภายใต้สุญญากาศ จะได้สารสกัดเป็นลักษณะเป็นของข้นหนืดสีน้ำตาลทั้ง 3 ตัวทำละลาย โดยปริมาณสารสกัดที่ได้แสดงดัง Table 1 จะเห็นว่า การสกัดห้อมด้วยน้ำจะได้ปริมาณสารสกัดสูงสุด เฉลี่ย 47.410 กรัม เนื่องจากการสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วแตกต่างกันจะทำให้ได้สารสกัดที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน (Sultana, et al., 2009) โดยงานวิจัยของ สุรีย์ และคณะ (2543) ได้รายงานว่าสารประกอบหลักที่ให้สีน้ำเงินของห้อมเป็นสารประกอบกลูโคไซด์ของอินดิแคน (gluoside indican) ซึ่งละลายน้ำได้ เมื่อถูกออกซิไซด์จึงเปลี่ยนเป็นอินดิโก และสารสกัดห้อมที่สกัดด้วยเอทานอลจะประกอบด้วยสารให้สี 2 ชนิดคือ อินดิโก (indigo) ให้สีน้ำเงิน และอินดิรูบิน (Indirubin) เป็นสารสีแดงซึ่งเป็นไอโซเมอร์ของอินดิโกและมีปริมาณมากกว่าอินดิโก

Table 1 Averge extract yield weight of solvent extraction of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze

Solvent	Extract yield weight (g)
water	47.410 a
95 %v/v ethanol	13.944 b
95 %v/v ethyl acetate	5.401 c

Means within the same column followed by different letter are significantly different (P<0.05) by DMRT test.

1.2 การศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดห้อม

การศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพืชส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับสารองค์ประกอบและสภาวะในการทดสอบ การทดสอบความสามารถต้านอนุมูลอิสระนั้นอาจถูกรบกวนจากหลาย ๆ ปัจจัย จึงทำให้ไม่สามารถอธิบายได้จากการทดสอบเพียงวิธีเดียว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทดสอบความสามารถต้านอนุมูลอิสระมากกว่าหนึ่งวิธี (Li, et al., 2008) โดยวิธี DPPH radical scavenging assay และ ABTS radical scavenging assay เป็นวิธีแนะนำในการทดสอบในสารสกัดพืชเนื่องจากวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 และ 734 นาโนเมตร ตามลำดับ ช่วยลดการรบกวนจากสีของสารสกัดพืชได้ (Awika, Rooney, Wu, Prior, & Cisneros-Zevallos, 2003) ผลการศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดห้อมจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด เปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน ซี แสดงดัง table 2 โดยความความสามารถต้านอนุมูลอิสระแสดงในรูปของค่า IC_{50} หรือความเข้มข้นของสารที่สามารถดักจับกับอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 โดยค่า IC_{50} ของสารสกัดใดมีค่าสูงแสดงว่ามีค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระต่ำ จะเห็นได้ว่า ความสามารถต้านอนมูลอิสระของสารสกัดห้อมจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดนั้นมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำกว่าวิตามิน ซี โดยสารสกัดห้อมด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้น 95 โดยปริมาตร จะมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดห้อมที่สกัดด้วยตัวทำละลายอีก 2 ชนิด และสารสกัดห้อมจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ ABTS ต่ำกว่าวิตามินซี โดยสารสกัดห้อมด้วยสารสะลายเอทานอลความเข้มข้น 95 โดยปริมาตร มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสกัดห้อมจากตัวทำละลายอีก 2 ชนิด สอดคล้องกับความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดห้อมด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดมีค่าต่ำอาจเนื่องมาจากสารสกัดห้อมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำ เช่นเดียวกับรายงานของ Li, et al. (2008) ซึ่งได้ศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic compound) ของสารสกัดเมทานอลพืชสุมนไพร 45 ชนิด โดยวิธี FRAP และ scavenge $ABTS^{\cdot+}$ radical assays พบว่าสารสกัดห้อม (*Baphicacanthus cusia (*Nees) Brem) มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระต่ำ และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดต่ำ โดยสารประกอบฟีนอลเช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแทนนิน เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถต้านอนุมูลอิสระ เช่น มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านสารก่อมะเร็ง ต้านการอุดตันของหลอดเลือดแดง (anti-atherosclerotic) เป็นต้น

Table 2 DPPH and ABTS radical scavenging assay of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extract by solvent extrction

Solvent	DPPH radical scavenging assay IC_{50} (µg/ml)	ABTS radical scavenging assay IC_{50} (µg/ml)
water	457.09 c	329.29 c
ethanol	104.23 a	65.06 a
ethyl acetate	277.76 b	101.04 b
Vitamin C	5.86	5.51

Means within the same column followed by different letter are significantly different (P<0.05) by DMRT test.

1.3 การทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนังของสารสกัดห้อม

1.3.1 การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยวิธี agar disc diffusion

เมื่อนำสารสกัดห้อมมาทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนัง โดยผลการทดสอบความสามารถของสารสกัดห้อมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ จำนวน 5 ชนิดได้แก่ *S. aureus,* B. *subtilis*, *S. epidermidis*, P. *acnes* และ C. *albicans* แสดงดัง Table 3 พบว่าสารสกัดห้อมด้วยน้ำมีความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ 3 ชนิด ได้แก่ *S. aureus S. epidermidis* และ *P.acnes* ส่วนสารสกัดห้อมด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร และ เอทิลอะซิเตด ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อยีสต์ได้ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *S. aureus S. epidermidis B. subtilis C. albicans* และ *P.acnes* และเมื่อเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส (inhibition zone) พบว่าสารสกัดห้อมด้วยน้ำและสารละลายเอทานอล ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. epidermidis* ได้ดีเทียบเท่ากับยาปฏิชีวนะgentamicin ส่วน *S. Aureus B. subtilis* และ *P.acnes* สารสกัดห้อมทั้ง 3 ชนิด สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้น้อยกว่า ยาปฏิชีวนะ gentamicin สอดคล้องกับรายงานของ Chiang, et al.(2013) ซึ่งศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมบวกของสารสกัดใบพืชอินดิโก้ (*Strobilanthes formosanus* Moore) ด้วยเอทิลอะซีเตดและศึกษาสารองค์ประกอบของสารสกัดที่ได้ พบว่าสารสกัดพืชอินดิโกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis,* MRSA (methicillin-resistant *S. aureus*) และยับยั้งการเจริญเติบโตของ *C. albicans* ได้เล็กน้อย และจากการศึกษาสารองค์ประกอบโดยวิเคราะห์สารสกัดด้วย UPLC-APCI-MS พบว่ามี อินดิโก อินดิรูบิน อิซาทิน (Isatin) ทริปแทนตริน (Tryptantrin) เป็นต้น โดยอิซาทินและทริปแทนตรินจัดว่าเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจากพืชอินดิโก นอกจากนี้ Shahni and Handique (2013) ได้รายงานว่าสารสกัดใบห้อมด้วยเอทานอล เมทานอล อะซีโตน และปิโตรเลียมอีเทอร์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ได้ดี โดยสารสกัดเมทานอลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

จากผลการวิจัยนี้ พบว่าสารสกัดห้อมด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ สารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อย 95 โดยปริมาตร และสารละลายเอทิตอะซีเดตความเข้มข้นร้อย 95 โดยปริมาตร มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus S. epidermidis B. subtilis* และ *P.acnes* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังได้ ดังนั้นสารสกัดห้อมจึงสามารถนำไปใช้

ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และสามารถพัฒนาเป็นยาเพื่อรักษาโรคอันเกิดจากเชื้อแบคทีเรียได้

Table 3 Inhibition Zone of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extracts at difference solvent extraction and antimicrobial (gentamicin and ketoconaazole) on some microornisms by agar disc diffusion.

microorganisms	Inhibition Zone (mm)				
	Water extracts	ethanol extracts	ethyl acetate extracts	2.5 mg/ml gentamicin	20 mg/ml ketoconazole
S. aureus	11.8±0.1	15.6±0.1	14.7±0.2	18.5±0.3	Not tested
S. epidermidis	22.0±0.2	19.6±0.2	14.3±0.2	19.9±0.2	Not tested
B. subtilis	0.0±0.0	11.5±0.1	14.2±0.2	29.1±0.5	Not tested
C. albicans	0.0±0.0	8.7±0.1	12.8±0.2	Not tested	15.4±0.2
P. acenes	5.5±0.0	5.2±0.0	6.3±0.1	28.8±0.4	Not tested

The diameters of the inhibition zones (diameter of inhibition zone minus diameter of disc) were measured in mm after incubation for 24 h at the optimal temperature for the individual strains tested.

1.3.2 การศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดห้อมที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค (Minimal Inhibitory Concentration, MIC) โดยวิธี agar disc diffusion

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 2 ชนิดคือ เชื้อ *S. epidermidis* ซึ่งเป็นเชื้อที่พบบริเวณผิวหนัง หนังศรีษะ ทำให้เกิดผิวหนังอักเสบ สามารถผลิตเมือกและมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ และ *C. albicans* ซึ่งนิยมใช้เป็นตัวแทนสำหรับทดสอบตัวยาในการยับยั้ง *P. orbiculare* เป็นยีสตซึ่งปกติพบอยู่ที่ผิวหนังและหนังศีรษะในเกล็ดรังแค แต่ทำให้บริสุทธิ์ได้ค่อนข้างยาก และต้องการอาหารเพาะเลี้ยงที่มีความจำเพาะ (ชลลดา, 2546) โดยพบว่า สารสกัดห้อมด้วยเอทานอล และ เอทิลอะซิเตด มีค่า MIC ในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* ต่ำที่สุด ดังแสดงใน Table 4 จะเห็นได้ว่าค่า MIC ในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* ของ สารสกัดห้อมด้วยน้ำ คือที่ความเข้มข้น 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารสกัดห้อมด้วยเอทานอล และเอทิลอะซีเตด มีค่า MIC ในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* เท่ากับ 15.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นต่ำกว่าสารสกัดห้อมด้วยน้ำ ส่วนค่า MIC ในการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* สารสกัดห้อมด้วยเอทานอล และเอทิลอะซีเตด เท่ากับ 500 และ 250 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าต้องใช้สารสกัดห้อมด้วยเอทานอลและเอทิลอะซีเตดในความเข้มข้นสูงจึงจะยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. albicans* ได้ ทำให้สารสกัดห้อมไม่เหมาะสมสำหรับเป็นสารสกัดเพื่อยับยั้งการเกิดรังแคบนหนังศรีษะได้ ดังนั้นการสกัดห้อมด้วยเอทานอล จึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางมากกว่าสารสกัดห้อมด้วยเอทิลอะซีเตด เนื่องจากจะได้ปริมาณสารสกัดมากกว่าและมีค่า MIC ต่ำกว่าสารสกัดห้อมด้วยน้ำ

Table 4 Minimum inhibitory concentration of selected solvent *Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze* extracts against *S. epidermidis* and *C. albicans.*

microorganisms	MIC (mg/ml)		
	Water extracts	95 %v/v ethanol extracts	95 %v/v ethyl acetate extracts
S. epidermidis	125	15.62	15.62
C. albicans	-	500	250

1.4 การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ของสารสกัดห้อม

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ของสารสกัดห้อม โดย ทดสอบเป็นพิษ (cytotoxicity) ของสารสกัดห้อมต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลองของสารสกัดห้อม การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดห้อม และการทดสอบฤทธิ์สมานแผลของสารสกัดห้อมในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ ของสารสกัดห้อมด้วยเอทานอล เนื่องจากสารสกัดห้อมด้วยเอทานอลมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางมากกว่าสารสกัดห้อมด้วยน้ำและเอทิลอะซีเตด จึงได้การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ได้แก่ ทดสอบเป็นพิษ (cytotoxicity) ของสารสกัดห้อมต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลอง การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และการทดสอบฤทธิ์สมานแผลในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ โดยมีผลการทดสอบดังนี้

1.4.1 การทดสอบเป็นพิษ (cytotoxicity) ของสารสกัดห้อมต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์

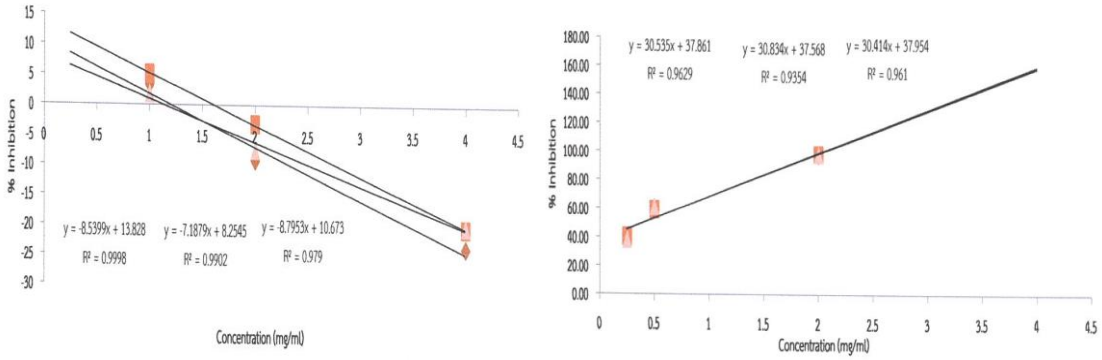
ผลการทดสอบเป็นพิษ (cytotoxicity) ของสารสกัดห้อมด้วยเอทานอลต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ ดังแสดงใน Table 5 พบว่าสารสกัดห้อมที่ความเข้มข้น 0.0001 – 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่เป็นพิษต่อเซลไฟโบรบลาสท์ของผิวหนังมนุษย์ มีร้อยละการรอดชีวิตอยู่ระหว่าง 101.38-111.47 ในขณะที่ sodium lauryl sulfate เป็นพิษต่อเซลล์ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมีร้อยละการรอดชีวิตเท่ากับร้อยละ 12.03±1.82 และ 9.13±0.23 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดห้อมมีความปลอดภัยสูงต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์

Table 5 Percentage of live human fibroblast cell with vary concentration of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extracts.

Sample / Concentration (mg/ml)	% Viability of human fibroblast cell				
	0.0001	0.001	0.01	0.1	1
Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze extracts	111.47±4.17	110.62±2.49	105.90±2.38	101.38±0.19	102.33±3.70
sodium lauryl sulfate	105.33±4.31	103.33±4.31	98.05±1.01	12.03±1.82	9.13±0.23

1.4.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านการอักเสบในหลอดทดลอง (In vitro anti-inflammatory activity) ของสารสกัดห้อม

ผลการยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินของสารสกัดห้อมด้วยเอทานอล และ diclofenac diethylammonium แสดงดัง Figure 1 จะเห็นได้ว่าสารสกัดห้อมไม่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบเมื่อทดสอบในหลอดทดลอง ในขณะที่ diclofenac diethylammonium ซึ่งเป็นยาต้านการอักเสบ มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ โดยสามารถยับยั้งการสลายตัวของอัลบูมินได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ที่ความเข้มข้น 0.40±0.001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



(A) *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extract (B) diclofenac diethylammonium

Figure 1 Percentage of albumin denaturation inhibition at different concentration of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extract and diclofenac diethylammonium

1.4.3 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดห้อม

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดห้อม แสดงดัง Table 6 จะเห็นได้ว่าสารสกัดห้อมไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ในขณะที่กรดโคจิกมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส โดยมีค่าความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ 0.02±0.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

Table 6 Inhibition of tyrosinase by *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extracts as IC_{50} and Kojic acid is reported as standard inhibitor

Sample	IC_{50} (mg/ml)
Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze extract	NA
Kojic acid	0.02±0.00

1.4.2 การทดสอบฤทธิ์สมานแผลของสารสกัดห้อมในเซลล์ผิวหนังมนุษย์

ผลการทดสอบฤทธิ์สมานแผลของสารสกัดห้อมในเซลล์ผิวหนังมนุษย์ แสดงดัง Figure 2 จะเห็นได้ว่า เซลล์ที่ได้รับสารสกัดห้อมและวิตามินซีเริ่มมีการเคลื่อนที่เข้าหากันเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง มีระยะห่างของรอยขีดน้อยกว่ากลุ่มควบคุม เซลล์ที่ได้รับสารสกัดห้อมและวิตามินซีมีการเคลื่อนที่ชิดติดกันเมื่อเวลาผ่านไป 48 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนเซลล์ในกลุ่มควบคุมมีการเคลื่อนที่

แต่ไม่ชิดติดกัน แสดงให้เห็นว่า สารสกัดห้อมความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์สมานแผล โดยสามารถกระตุ้นให้เซลล์ผิวหนังของมนุษย์เคลื่อนที่เข้าหากันได้เร็วกว่ากลุ่มควบคุมแต่ออกฤทธิ์ช้ากว่าวิตามินซี ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

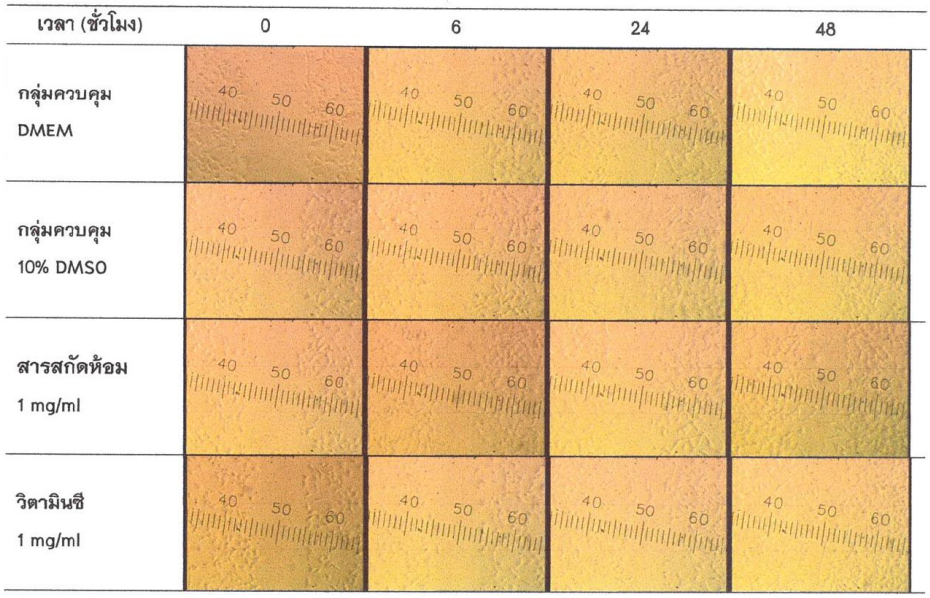


Figure 2 The effect of *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze extract on human dermal fibroblast migration in a wound scratch test assay.

สรุปผลการทดลอง

สารสกัดห้อมมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ต่ำกว่าวิตามินซี โดยสารสกัดห้อมด้วยเอทานอล จะมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS สูงกว่าสารสกัดห้อมด้วยเอทิลอะซีเตด และน้ำ สารสกัดห้อมด้วยเอทานอล และเอทิลอะซีเตด สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อยีสต์ได้ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *S. aureus, S. epidermidis, B. subtilis, C. albicans* และ *P.acnes* โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ *S. epidermidis* เท่ากับ 15.62 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดห้อมด้วยสารละลายเอทานอล มีความเหมาะสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางต่อไป เนื่องจากให้ปริมาณสารสกัดมากกว่าการสารสกัดด้วยสารละลายเอทิลอะซีเตด นอกจากนี้ สารสกัดห้อมด้วยเอทานอลที่ได้ยังมีความปลอดภัยต่อเซลล์ไฟโบรบลาสท์ผิวหนังของมนุษย์ และมีฤทธิ์ในการสมานแผลผิวหนังมนุษย์อีกด้วย

การนำไปใช้ประโยชน์

สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ทั้งในเชิงวิชาการเพื่อต่อยอดผลงานวิจัย และประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหรือยาเพื่อรักษาโรคอันเกิดจากเชื้อแบคทีเรียได้ อันจะสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกห้อมทางภาคเหนือของไทย

คำขอบคุณ

-

เอกสารอ้างอิง

ชลลดา วชิรเดชเสถียร. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูผสมมะกรูดจากวัสดุเหลือใช้ของอุตสาหกรรมอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

รัชฎาพร อ่นศิวิไลย์, จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี และ จิตรา สิงห์ทอง. 2554. ฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดย่านาง เครือหมาน้อย และรางจืด. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 53 หน้า.

สุรีย์ ฟูตระกูล สรศักดิ์ เหลี่ยวไชยพันธุ์ สุปราณี เสียงใส อนงค์ จีระโสตถิกุล ฐานิศ บุตรเพชร รัตน์ อัฉรา สายหยุด ศิริวรรณ วิชัย และสุรารักษ์ จันทนเสถียร. 2543. การพัฒนาสารย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 199 หน้า.

Adedapo, A. A., Jimoh, F. O., Afolayan, A. J., and Masika, P. J. 2009. Antioxidant properties of the methanol extracts of the leaves and stems of Celtis africana. Records of Natural Products, 3(1), 23–31.

Awika, J. M., Rooney, L. W., Wu, X., Prior, R. L., and Cisneros-Zevallos, L. 2003. Screening Methods to Measure Antioxidant Activity of Sorghum (Sorghum bicolor) and Sorghum Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(23), 6657–6662.

Chandra, S., Chatterjee, P., Dey, P., and Bhattacharya, S. 2012. Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2(1 SUPPL.), S178–S180.

Chiang, Y. R., Li, A., Leu, Y. L., Fang, J. Y., and Lin, Y. K. 2013. An in vitro study of the antimicrobial effects of indigo naturalis prepared from strobilanthes formosanus moore. Molecules, 18(11), 14381–14396.

Lee, K. H., Farida, F. H., Syahida, A., Abas, F., Shaari, K., Israf, D. A., and Lajis, N. H. 2009. Synthesis and biological evaluation of curcumin-like diarylpentanoid analogues for anti-inflammatory, antioxidant and anti-tyrosinase activities. European Journal of Medicinal Chemistry, 44(8), 3195–3200.

Li, H. Bin, Wong, C. C., Cheng, K. W., and Chen, F. 2008. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. LWT - Food Science and Technology, 41(3), 385–390.

Muhammad, A. A., Pauzi, N. A. S., Arulselvan, P., Abas, F., and Fakurazi, S. 2013. In vitro wound healing potential and identification of bioactive compounds from Moringa oleifera Lam. BioMed Research International, 2013, 1-10.

Vichai, V., and Kirtikara, K. 2006. Sulforhodamine B colorimetric assay for cytotoxicity screening. Nature Protocols, *1*(3), 1112–1116.

Shahni, R. and P J Handique. 2013. Antibacterail Properties of leaf extracts of *Strobilanthes cusia (Nees) Kuntze*, a rare ethno-medicinal plant of Manipur, India. Int. J.Pharm Tech Res. 5(3): 1281-1285.

Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M. 2009. Effect of Extraction Solvent/Technique on the Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plant Extracts. Molecules, 14(6), 2167-2180.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชจากสารสกัดน้อยหน่า เพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า

Development of formulated Product from seed extract of *Annona squamosa* for control *Plutella xylostella* L. in Chinese Kale

ธิติยาภรณ์ อุดมศิลป์[1] *ลักษมี เดชานุรักษ์นุกูล*[1] *สุทิศา เงินเรืองโรจน์*[1] *พจนีย์ หน่อฝั้น*[1]
สุภราดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง[2]

Thitiyaporn Udomsilp[1] *Laksamee Dechanulaknukul*[1] *Suthisa Ngoenrueangrot*[1]
Poachanee Norfun[1] *Suparada Sokhontapirom na patalung*[2]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชจากสารสกัดน้อยหน่า เพื่อการป้องกันหนอนใยผักในคะน้า ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเตรียมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย ชนิดของสารลดแรงตึงผิว ปริมาณตัวทำละลายและสารลดแรงตึงผิว และทดสอบความคงสภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน ไม่เกิดการแยกชั้น ไม่เกิดการตกตะกอน แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มีความคงตัวดี และพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาและอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการสลายตัวของสารสำคัญ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีผลทำให้หนอนใยผักตาย อยู่ระหว่าง 27.50-85.00 เปอร์เซ็นต์ การทดสอบประสิทธิภาพต่อหนอนใยผักในแปลงคะน้าเกษตรกร ดำเนินการทดลองในแปลงทดสอบที่จังหวัดนครปฐมและแปลงทดสอบที่จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าการพ่นสารผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการพ่นสารทดลอง *Bacillus thuringiensis* และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดหนอนใยผัก พบว่าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ที่อัตรา 50 และ 70 ม.ล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 71.02-79.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารทดลอง *Bacillus thuringiensis* ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 70.56-79.30 เปอร์เซ็นต์ และได้ผลผลิตเทียบเท่ากับการพ่นสารทดลอง *Bacillus thuringiensis* เช่นเดียวกัน

คำสำคัญ : น้อยหน่า, หนอนใยผัก, สารสกัดน้อยหน่า, สูตรผลิตภัณฑ์, คะน้า

Abstract

The objective of this study was to develop the formulated product from seed extract of *Annona squamosa* to control *Plutella xylostella* L. The study of various parameters on the formation EC (emulsifiable concentrates) was investigated such as solvent type, surfactant type, the ratio of surfactant, physical stabilities, and properties. The result showed that without phase separation and flocculation when stored products at room temperature for 3 months. The formulation EC was studied to

1 กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

control *Plutella xylostella* L. under laboratory conditions using a leaf dipping method. The efficiency of formulation EC was 27.50-85.00%. Then its control efficacy was determined on *Plutella xylostella* L. in Chinese kale at Nakhornpathom and Kanchanaburi province, the experimental design was a randomized complete design with 6 treatments and 4 replications. The treatments were formulation EC at the rate of 25, 35, 50, and 70 ml and *Bacillus thuringiensis* at the rate of 80 ml per 20 l of water and the untreated. The results showed that formulation EC at the rate of 50 and 70 ml per 20 liters of water was effective in the control of *Plutella xylostella* L. and had efficiency in controlling at 71.02-79.49%, not significantly different with *Bacillus thuringiensis* at the rate of 80 ml per 20 l of water. And all spraying methods, there is a greater yield than the untreated.

Key words :*Annona squamosa* L. extract, formulation, *Plutella xylostella* L., Chinese kale

คำนำ

น้อยหน่า หรือ custard apple จัดเป็นพืชในวงศ์ Annonaceae ปลูกทั่วไปในประเทศไทย เพื่อการรับประทานผล และยังใช้ประโยชน์เป็นยาสมุนไพรสำหรับรักษาโรคท้องเสีย โรคบิด โรคหิดและโรคท้องผูก (Jamkhande and Wattamwar, 2015) และมีรายงานวิจัยแล้วว่ามีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ สารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยเอทานอลและเมทานอลมีฤทธิ์กำจัด ด้วง pulse (*Callosobruchus chinensis*) ได้ถึง 100% (Al-Lawati *et al*., 2002) และสามารถกำจัดด้วง khapra (*Trogoderma granarium*) ได้ (Rao, Sharma and Sharma, 2005) สารสกัดใบและเมล็ดน้อยหน่ายังสามารถควบคุมแมลงได้อีกหลายชนิด เช่น เพลี้ย หนอนฝ้าย ตั๊กแตน มด แมลงหวี่ จากรายงานสารเคมีในผลน้อยหน่าประกอบด้วย diterpenoid compound kaur-16-en-18-oic acid, α-pinene, sabinene และ limonene (Andrade *et al*., 2001)

จากการศึกษาของ Khalequzzaman และ Sultana (2006) ทดสอบสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยตัวทำละลายต่างๆกับตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของมอดแป้ง (Red flour beetle) 4 สายพันธุ์ คือ Raj, CR 1, FSS II และ CTC-12 พบว่าสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยเมทานอลมีความเป็นพิษต่อตัวอ่อนมอดแป้งสายพันธุ์ FSS II น้อยที่สุด และสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยปิโตรเลียมสปิริท มีความเป็นพิษต่อตัวอ่อนมอดแป้งสายพันธุ์ Raj สูงที่สุด สำหรับตัวเต็มวัยของมอดแป้ง สารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยปิโตรเลียมสปิริทมีความเป็นพิษกับสายพันธุ์ CTC-12 สูงที่สุด และสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยอะซิโตนมีความเป็นพิษกับสายพันธุ์ CR 1 น้อยที่สุด

สารสกัดหยาบของน้อยหน่าสามารถควบคุมตัวอ่อนผีเสื้อ (Leatemia and Isman, 2004a) ควบคุมแมลงวันผลไม้ ชนิด Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) ในระยะฟักไข่ รบกวนการวางไข่ และ ยืดเวลาพัฒนาการของตัวอ่อน (Epino and Chang, 1993) และควบคุมตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงแป้งสีแดง *Tribolium castaneum* Herbst ได้ (Khalequzzaman and Sultana, 2006)

ธิติยาภรณ์ และคณะ (2559) กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กรมวิชาการเกษตร ได้วิจัยประสิทธิภาพของสารสกัดจากน้อยหน่าในการควบคุมหนอนใยผักในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ พบว่าสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่าให้ผลในการฆ่าหนอนใยผักได้ดีกว่าสารสกัด

หยาบจากใบน้อยหน่า และสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่าที่สกัดด้วยเมทานอล ให้ผลในการฆ่าหนอนใยผักดีที่สุด (88.54%) และสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่าที่ความเข้มข้น 5 10 15 20 และ 25% (น้ำหนักต่อปริมาตร) พบว่า ทุกความเข้มข้นให้ผลในการฆ่าหนอนใยผักไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดสอบสารพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่าด้วยตัวทำละลายเมทานอล พบสารในกลุ่ม เทอร์พีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และอัลคาลอยด์ เป็นองค์ประกอบ สารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่าเป็นสารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชต่อไป

ภัควรินทร์และคณะ (2559) กลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กรมวิชาการเกษตร ทำการวิจัยสารสกัดน้อยหน่า เพื่อหากลุ่มสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผัก โดยทำการสกัดกลุ่มสารกึ่งบริสุทธิ์ จากใบและเมล็ดน้อยหน่า ด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ hexane, chloroform, methanol และน้ำ พบว่า สารออกฤทธิ์จากเมล็ดน้อยหน่า มีผลต่อการตายของหนอนใยผัก 92.30 และ 94.80% ตามลำดับ

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า จากผลิตภัณฑ์เดิม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์และทำให้สามารถเก็บรักษาสารสำคัญในระยะเวลาที่นานขึ้น และนำมาต่อยอดงานวิจัยในการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ต่อหนอนใยผักในระดับแปลงทดสอบ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถใช้งานได้ในลักษณะเป็นสารทดแทน และสารใช้ร่วมกัน/ใช้สลับเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. หนอนใยผัก จากแปลงคะน้าของเกษตรกร 2 แหล่งปลูก เมล็ดน้อยหน่า
2. เครื่องแก้ว ได้แก่ volumetric flask, pipette, round bottom flask, cylinder เป็นต้น
3. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งไฟฟ้า, vacuum pump, เครื่องบดตัวอย่าง, ตู้อบตัวอย่าง, เครื่องระเหยแบบลดความดัน (rotary evaporator) และ เครื่อง HPLC
4. สารมาตรฐาน และสารเคมีต่างๆ
5. บีกเกอร์ พู่กัน คีมคีบ กระดาษกรอง กล่องพลาสติก สำหรับเลี้ยงหนอน หลอด Centrifuge
6. เครื่องพ่นสารแบบสูบโยกสะพายหลังที่สามารถวัดความดันได้ ถังพลาสติก

วิธีการ

1. เตรียมสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า

เตรียมสารสกัดหยาบเมล็ดน้อยหน่า โดยนำผลน้อยหน่าสุก แกะเมล็ด ล้างทำความสะอาด นำเมล็ดน้อยหน่ามาอบแห้งและบดให้ละเอียด แล้วสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วย methanol ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญจากเมล็ดน้อยหน่า ระเหยแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า

วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในกลุ่ม Acetogenins ในสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า ด้วยวิธี HPLC (High pressure liquid chromatography) โดยใช้ดีเทคเตอร์ ชนิด DAD ที่ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร โดยการเตรียมสารสกัดหยาบที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม วิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณสารสำคัญเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ศึกษาการเตรียมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า ในรูปแบบอิมัลชัน โดยทดลองผสมตัวทำละลาย (Solvent) และสารลดแรงตึงผิว ผสมกันที่อัตราส่วนต่างๆ แล้วนำไปผสมกับสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า สังเกตการเปลี่ยนแปลง เช่น การแยกชั้น และการตกตะกอนเมื่อเตรียมเสร็จ และหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เลือกอัตราส่วนของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมที่เหมาะสมต่อการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ เพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์ให้ได้ลักษณะที่ดีและมีความคงตัว จนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า สูตร EC (emulsifiable concentrates) 1 ผลิตภัณฑ์

จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี และความคงตัวของผลิตภัณฑ์โดยเก็บผลิตภัณฑ์ในภาชนะปิดสนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน และอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วนำมาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ โดยสังเกตลักษณะอิมัลชัน การแยกชั้นการตกตะกอน และการเกิดฟอง ลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันที่คงตัวคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีความขุ่น ความใส ไม่เกิดการแยกชั้น และ/หรือไม่เกิดการตกตะกอนของสารสกัด และทดสอบความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ต่อหนอนใยผักในห้องปฏิบัติการ

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดน้อยหน่าต่อหนอนใยผักวัย 2 โดยการทดสอบหาระดับความเข้มข้นของสารสกัดน้อยหน่า 5 ระดับความเข้มข้น คือ สารสกัดจากน้อยหน่าระดับความเข้มข้น 0.50, 1.00, 3.00, 5.00 และ 10.00 % w/v เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (น้ำ) วางแผนการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ (10 ตัว/ซ้ำ) 6 กรรมวิธี

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ต่อหนอนใยผักวัย2 ที่ 5 ระดับความเข้มข้น คือ ผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.25, 0.35 และ 0.50 %w/v เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (น้ำ) วางแผนการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ (10 ตัว/ซ้ำ) 6 กรรมวิธี

หลังการทดสอบหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนใยผักโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) และหาค่า LC_{50} ด้วยวิธีการ Probit analysis (Finney, 1971)

5. ทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ต่อหนอนใยผักในแปลงเกษตรกร

ดำเนินการในแปลงปลูกคะน้าของเกษตรกร แปลงที่ 1 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม และแปลงที่ 2 ที่อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่าง เดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2564 วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี โดยนำอัตราความเข้มข้นมาทำการทดสอบ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC อัตรา 25 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 2 พ่นผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC อัตรา 35 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 3 พ่นผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC อัตรา 50 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 4 พ่นผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC อัตรา 70 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 5 พ่น *Bacillus thuringiensis* อัตรา 80 มล. ต่อน้ำ 20 ลิตร
กรรมวิธีที่ 6 แปลงควบคุม (พ่นด้วยน้ำเปล่า)

เตรียมแปลงทดลองคะน้าขนาดแปลงย่อย 2x5 เมตร จำนวน 24 แปลง ระยะระหว่างแปลงย่อย 1-2เมตร ระยะระหว่างกรรมวิธี 1-2 เมตร หว่านเมล็ดคะน้าให้กระจายสม่ำเสมอทั่วแปลง ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน ถอนต้นกล้าที่อ่อนแอหรือแน่นทิ้งไป ดูแลและป้องกันโรคแมลงที่เกิดขึ้น เริ่มพ่นสารทดลองกรรมวิธีต่างๆ เมื่อคะน้าอายุได้ 20 วันหรือพบการระบาดของหนอนใยผัก (0.30ตัว/ต้นคะน้า)

ด้วยเครื่องพ่นสารสูบโยกสะพายหลังแบบควบคุมความดันได้ พ่นสารทุก 5 วัน พ่นสารทดลองทั้งหมด 7 ครั้ง สุ่มตรวจนับจำนวนหนอนใยผักที่เข้าทำลายคะน้าก่อนพ่นสารครั้งแรก และหลังพ่นสารทุก 5 วัน โดยสุ่มตรวจนับจากต้นคะน้าจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย และสุ่มเก็บผลผลิตคะน้าหลังพ่นสารครั้งสุดท้าย ชั่งผลผลิต และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

6. บันทึก รวบรวมข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

เวลาและสถานที่ทดลอง ทำการทดลองในช่วงเดือนตุลาคม 2562 สิ้นสุดเดือนกันยายน 2564 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และแปลงคะน้าของเกษตรกร ที่อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเตรียมสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า

จากการสกัดสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยตัวทำละลาย เมทานอล พบว่าสารสกัดเมล็ดน้อยหน่ามีสีน้ำตาลเข้ม และได้ปริมาณสารสกัด 214.03 กรัมต่อเมล็ดน้อยหน่า 1 กิโลกรัม

Figure 1 Process of custard apple seed extract

2. วิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า

วิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในกลุ่ม Acetogenins (SQ) ในสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยวิธี HPLC เทียบกับสารมาตรฐานพบว่า สารสกัดเมล็ดน้อยหน่าพบสารในกลุ่มนี้ตั้งแต่ 0.18-0.34 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร (% w/v) (Figure 2)

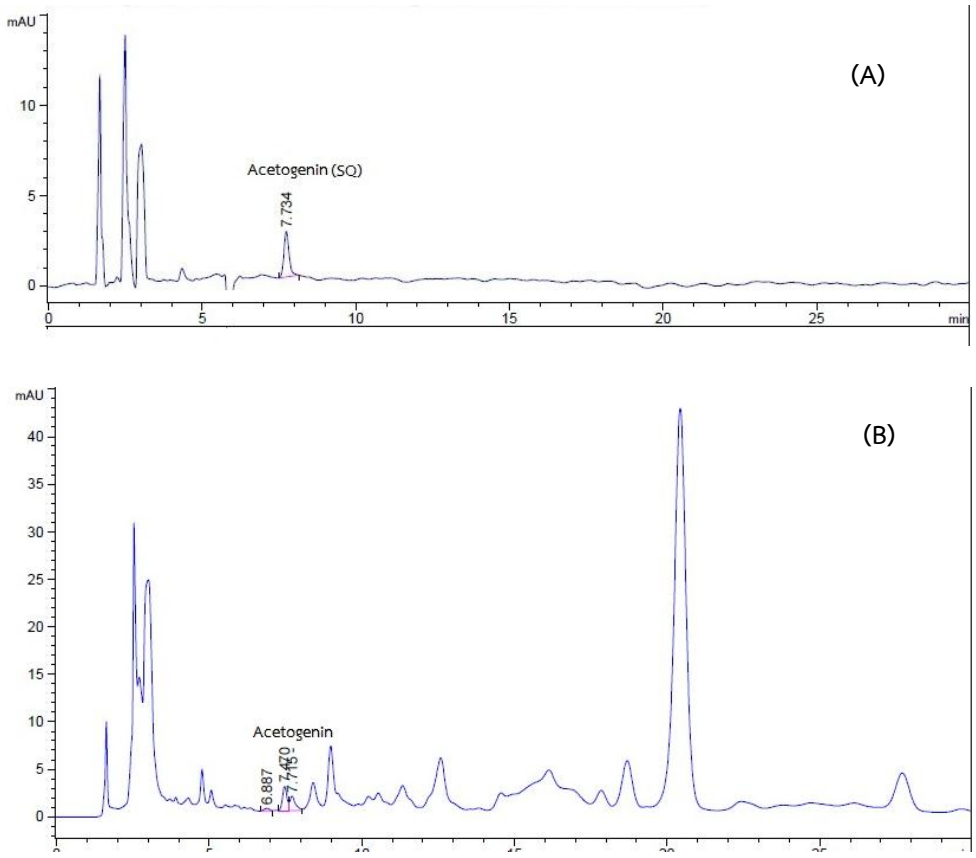


Figure 2 Chromatogram of standard acetogenins (SQ) (A) and custard apple seed extract (B) by HPLC

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า

เนื่องจากสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าที่ได้เป็นของเหลวที่มีความมัน การเตรียมผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอิมัลชัน จะทำให้สารสกัดที่ละลายได้ในน้ำมันกระจายตัวได้ในน้ำด้วยสารลดแรงตึงผิว เมื่อทดลองผสมตัวทำละลาย (Solvent) และสารลดแรงตึงผิวกับสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า พบว่าบางสูตรเป็นของเหลวขุ่น บางสูตรเป็นของเหลวใส และบางชนิดเกิดการแยกชั้น จากการศึกษาของ Gupta และคณะ (2017) พบว่าการใช้สารผสมอิมัลชัน ควรใช้สารลดแรงตึงผิวมากกว่า 1 ชนิด เพราะจะทำให้อิมัลชันมีความเสถียรภาพมากกว่าการใช้สารลดแรงตึงผิวเพียงชนิดเดียว ดังนั้นจึงทดลองผสมตัวทำละลาย (Solvent) และสารลดแรงตึงผิวหลัก (S1) และสารลดแรงตึงผิวร่วม (S2) ผสมกันที่อัตราส่วนต่างๆ แล้วนำไปผสมกับสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า พบว่าสูตรผสมบางสูตรเป็นสีน้ำตาล ใส แต่บางสูตร เป็นสีน้ำตาลขุ่น และหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง พบว่าบางสูตรเกิดตะกอน บางสูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่บางสูตรเกิดการแยกชั้น และเมื่อทดสอบการกระจายตัวในน้ำ พบว่าทุกสูตรมีการกระจายตัวในน้ำได้ดี จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าสูตรผสมสูตรที่ 3 ให้สารที่มีความคงตัว และมีเสถียรภาพมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mitrivona Z. และคณะ (2018) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบอิมัลชันเมื่อใช้สารลดแรงตึงผิวผสม พบว่าการใช้สารลดแรงตึงผิวผสมทำให้ระบบอิมัลชันมีความเสถียรมากกว่าการใช้สารลดแรงตึงผิวเพียงชนิดเดียว ดังนั้นจึงเลือกสูตรผสมที่ 3 มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จนได้สูตร EC ที่มีลักษณะที่ดีและมีความคงตัว 1 สูตร (Figure 3)

เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ และความคงตัวของสารสำคัญ ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน และอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่เกิดตะกอน และการแยกชั้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สูตร EC ที่ได้มีความคงตัว และเมื่อทดสอบคุณภาพทางเคมีด้วยการตรวจสอบจากปริมาณของสารสำคัญในผลิตภัณฑ์ที่เหลืออยู่ พบว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณของสารสำคัญกลุ่ม acetogenins เหลือมากที่สุด เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส และการอบที่ 54 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน ลดลงจากเริ่มต้นร้อยละ 6.67, 13.33 และ 20.00 ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 Physical characteristics of emulsion system

emulsion system	Physical characteristics	
	Freshly	after 24 hrs.
1	Brown color, clear	Brown color, clear, flocculent
2	Brown color, clear	Brown color, clear, flocculent
3	Brown color, clear	Brown color, clear, no phase separation
4	Brown color, slightly turbidity	Brown color, slightly turbidity, no phase separation
5	Brown color, slightly turbidity	Brown color, slightly turbidity, no phase separation
6	Brown color, slightly turbidity	Brown color, slightly turbidity, no phase separation
7	Brown color, slightly turbidity	Brown color, slightly turbidity, no phase separation
8	Brown color, slightly turbidity	Brown color, slightly turbidity, no phase separation
9	Brown color, turbidity	Brown color, turbidity, no phase separation
10	Brown color, turbidity	Brown color, turbidity, phase separation
11	Brown color, turbidity	Brown color, turbidity, phase separation

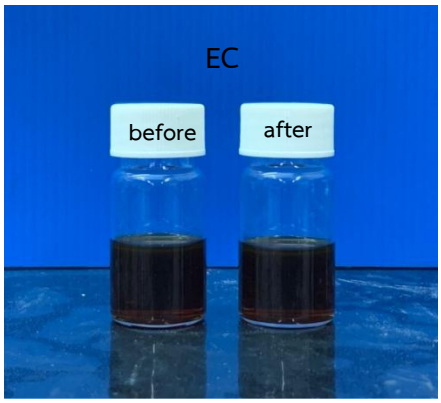


Figure 3 Physical characteristics of product (EC) before and after heating at 54 °C 14 days

Table 2 Percent remaining acetogenin (SQ) in the product at different temperatures and times

Time	Amount of active ingredient	
	% Acetogenins (%w/v)	% remain
0	0.15	100.00
at 4 ℃ 3 months	0.14	93.33
at 25 ℃ 3 months	0.13	86.67
Heating at 54 ℃ 14 days	0.12	80.00

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดน้อยหน่า ผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ต่อหนอนใยผักในห้องปฏิบัติการ

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดน้อยหน่าต่อหนอนใยผักวัย 2 ด้วยวิธี leaf dipping method วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี มีความเข้มข้นของสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า 5 ระดับ ดังนี้ 0.50, 1.00, 3.00, 5.00 และ 10.00 % w/v ตามลำดับ โดยมีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า สารสกัดเมล็ดน้อยหน่าทำให้หนอนใยผักตาย 37.50, 45.00, 77.50, 72.50 และ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Mortality of 2-instar larvae of *P. xylostella* after feeding on Chinese kale leaf treated with custard apple seed extract under laboratory conditions

Treatment	%Mortality of *P. xylostella*
1. custard apple seed extract 0.50%	37.50c
2. custard apple seed extract 1.00%	45.00c
3. custard apple seed extract 3.00%	77.50b
4. custard apple seed extract 5.00%	72.50b
5. custard apple seed extract 10.00%	100.00a
6. control	-
%CV	18.90

Remark: Means followed by the same letters within the column are not significantly different at 95% confidence limits based on DMRT analysis.

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ต่อหนอนใยผักวัย 2 ด้วยวิธี leaf dipping method วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธี มีความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC 5 ระดับ ดังนี้ 0.05, 0.10, 0.25, 0.35และ 0.50% w/v ตามลำดับ โดยมีน้ำเป็นกรรมวิธีควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ทำให้หนอนใยผักตาย 27.50, 50.00, 60.00, 77.50 และ 85.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

Table 4 Mortality of 2-instar larvae of *P. xylostella* after feeding on Chinese kale leaf treated with Annona product (EC) under laboratory conditions

Treatment	% Mortality of 2-instar larvae of *P. xylostella*
1. Annona product (EC) 0.05%	27.50c
2. Annona product (EC) 0.10%	50.00ab
3. Annona product (EC) 0.25%	60.00ab
4. Annona product (EC) 0.35%	77.50b
5. Annona product (EC) 0.50%	85.00a
6. control	-
%CV	23.50

Remark: Means followed by the same letters within the column are not significantly different at 95% confidence limits based on DMRT analysis.

เมื่อนำผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มาคำนวณค่า LC_{50} ที่ 96 ชั่วโมง ด้วยการวิเคราะห์โพรบิท พบว่าค่า LC_{50} ของสารสกัดเมล็ดน้อยหน่า และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มีค่าเท่ากับ 1.70และ 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

5. ทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์น้อยหน่าสูตร EC ต่อหนอนใยผักในแปลงเกษตรกร

นำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเมล็ดน้อยหน่าสูตร EC ทดสอบประสิทธิภาพที่แปลงเกษตรกร จังหวัดนครปฐม แปลงทดลองคะน้าขนาดแปลงย่อย 2x5 เมตร จำนวน 24แปลง พ่นสารทดลองตามกรรมวิธีต่างๆ ทุก 5 วัน จำนวน 4 ครั้ง ตรวจนับหนอนใยผักก่อนพ่นสารทุกครั้ง (Table 5) พบว่า ก่อนการพ่นสารทดลองพบหนอนใยผักเฉลี่ย 0.34-0.40 ตัว/ต้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

หลังการพ่นสารครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 กรรมวิธีที่มีการพ่นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC พบหนอนใยผักอยู่ระหว่าง 0.08-0.10, 0.08-0.10, 0.04-0.06 และ 0.04-0.09 ตัวต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ที่พบหนอนใยผัก 0.30, 0.26, 0.16 และ 0.19 ตัว/ต้น ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นสารเปรียบเทียบ *Bacillus thuringiensis* หลังการพ่นสารครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 พบหนอนใยผัก 0.09, 0.09, 0.05 และ 0.05 ตัว/ต้น ตามลำดับ

Table 5 Average number of larvae diamondback moth on cabbage before and after spraying with custard apple seed extract product (EC) at Nakhornpathom province.

Treatment	Rate of application (ml/20 L of water)	number of larvae DBM per plant					% efficacy
		Before spraying	After spraying (times)				
			1	2	3	4	
1. Annona product (EC)	25	0.40	0.10 a	0.10 a	0.06 a	0.09a	55.00
2. Annona product (EC)	35	0.36	0.10 a	0.10 a	0.06 a	0.08a	55.56
3. Annona product (EC)	50	0.39	0.08 a	0.08 a	0.05 a	0.04a	79.49
4. Annona product (EC)	70	0.36	0.09 a	0.09 a	0.04 a	0.04a	77.78
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.34	0.09 a	0.09 a	0.05 a	0.05a	70.59
6. control		0.38	0.30 b	0.26 b	0.16 b	0.19b	-
%CV			22.71	39.49	56.12	67.57	
%RE				73.60	58.20	65.80	

Remark: Means followed by the same letters within the column are not significantly different at 95% confidence limits based on DMRT analysis.

ผลผลิตคะน้า (Table 6) หลังการตัดแต่งให้อยู่ในสภาพพร้อมส่งตลาดและทำการคัดแยกผล การทดลองพบว่าการพ่นสารตามกรรมวิธีให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 1.08-1.45 กิโลกรัม/ตารางเมตร ซึ่งมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ที่ให้ผลผลิตอยู่ที่ 1.06 กิโลกรัม/ตารางเมตร ส่วนกรรมวิธีที่พ่นสารเปรียบเทียบ *Bacillus thuringiensis* ให้ผลผลิตอยู่ที่ 1.33 กก./ตารางเมตร

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ในแปลงเกษตรกร จังหวัดกาญจนบุรีจากการพ่นสารทดลองด้วยกรรมวิธีต่างๆ ทุก 5วัน จำนวน 4 ครั้ง ตรวจนับหนอนใยผักก่อนพ่นสารทุกครั้ง (Table 5) พบว่าก่อนการพ่นสารทดลองพบหนอนใยผักเฉลี่ย 0.40-0.53 ตัว/ต้น

หลังการพ่นสารครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 กรรมวิธีที่มีการพ่นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC พบหนอนใยผักอยู่ระหว่าง 0.08-0.15, 0.13-0.28, 0.14-0.26 และ 0.14-0.38 ตัวต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ที่พบหนอนใยผัก 0.36, 0.44, 0.51 และ 0.64 ตัว/ต้น ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่พ่นสารเปรียบเทียบ *Bacillus thuringiensis* หลังการพ่นสารครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 พบหนอนใยผัก 0.09, 0.11, 0.26 และ 0.11 ตัว/ต้น ตามลำดับ

Table 6 Average number of larvae diamondback moth on cabbage before and after spraying with custard apple seed extract product (EC) at Kanchanaburi province.

Treatment	Rate of application (ml/20 L of water)	number of larvae DBM per plant					% efficacy
		Before spraying	After spraying (times)				
			1	2	3	4	
1. Annona product (EC)	25	0.53	0.08 a	0.13 a	0.26 a	0.38 b	40.63
2. Annona product (EC)	35	0.49	0.15 a	0.13 a	0.19 a	0.21 a	64.51
3. Annona product (EC)	50	0.46	0.13 a	0.14 a	0.20 a	0.16 a	71.20
4. Annona product (EC)	70	0.40	0.15 a	0.28 b	0.14 a	0.14 a	71.02
5. *Bacillus thuringiensis*	80	0.44	0.09 a	0.11 a	0.25 a	0.10 a	79.30
6. control		0.53	0.36 b	0.44 c	0.51 b	0.64 c	-
%CV		17.00	63.80	36.90	36.90	25.10	
%RE				93.60	55.70	68.00	

Remark: Means followed by the same letters within the column are not significantly different at 95% confidence limits based on DMRT analysis.

ผลผลิตคะน้า (Table 7) หลังการตัดแต่งให้อยู่ในสภาพพร้อมส่งตลาดและทำการคัดแยก ผลการทดลองพบว่าการพ่นสารตามกรรมวิธีให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 1.25-1.75 กิโลกรัม/ตารางเมตรซึ่งมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสาร ที่ให้ผลผลิตอยู่ที่ 0.48 กิโลกรัม/ตารางเมตร ส่วนกรรมวิธีที่พ่นสารเปรียบเทียบ *Bacillus thuringiensis* ให้ผลผลิตอยู่ที่ 1.35 กิโลกรัม/ตารางเมตร

Table 7 Yields of Chinese Kales after spraying with Annona product (EC) at Nakhornpathom and Kanchanaburi province.

Treatment	Rate of application (ml/20 L of water)	Yields at Nakhornpathom (kg/m^2)	Yields at Kanchanaburi (kg/m^2)
1. Annona product (EC)	25	1.08 b	1.65 a
2. Annona product (EC)	35	1.19 ab	1.75 a
3. Annona product (EC)	50	1.14 ab	1.70 a
4. Annona product (EC)	70	1.45 a	1.25 ab
5. *Bacillus thuringiensis*	80	1.33 ab	1.35 a
6. control		1.06 b	0.48 b
%CV		16.20	38.70

Remark: Means followed by the same letters within the column are not significantly different at 95% confidence limits based on DMRT analysis.

จากการพ่นสารผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ของทั้ง 2 แปลงการทดลอง พบว่าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Londershausen M.และคณะ (1991) ที่พบว่าสารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่า (*Annona*

squamosa) มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลง ซึ่งไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ NADH-cytochrome c-reductase และ complex I ในกลไกการหายใจระดับเซลล์ในไมโตรคอนเดรียของแมลง โดยสังเกตระดับATP ในหนอนใยผัก ซึ่งแตกต่างจากยาฆ่าแมลงทางเคมีที่มีผลต่อระบบประสาทเป็นหลัก เช่น cyfluthrin หรือ parathion เป็นต้น Degli M. Esposti และ คณะ (1994) รายงานว่า สารสกัดด้วยเมทานอลจากเมล็ดน้อยหน่า มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ NADH dehydrogenase (Complex I) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ATP ในเซลล์สิ่งมีชีวิต มีผลทำให้ระบบการทำงานภายในเซลล์ผิดปกติ จนทำให้แมลงตายได้ในที่สุด และสารสกัดเมล็ดน้อยหน่าด้วยเอทานอลความเข้มข้น 0.50 % w/v มีประสิทธิภาพต่อหนอนใยผัก ทำให้หนอนใยผักตายมากกว่าสารโรติโนนความเข้มข้น 1 % w/v ถึง 2.5 เท่า และยังมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับไพรีทรัม ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงที่ได้จากพืชที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (Audrey J. Leatemia และ Murray B. Isman, 2004) และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดหนอนใยผัก พบว่าทั้ง 2 แปลงการทดลอง ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ที่อัตรา 50-70 ม.ล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 71.02-79.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารทดลอง *Bacillus thuringiensis* ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 70.56-79.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเทียบผลผลิตของทั้ง 2 แปลงการทดลอง พบว่าการให้สารทดลองผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ได้ผลผลิตใกล้เคียงกับสารทดลอง *Bacillus thuringiensis* ทั้งนี้ประสิทธิภาพการกำจัดหนอนใยผักและผลผลิตที่บันทึกได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น genetic heterogeneity ของสิ่งทดลองมีสูง ความแปรปรวนของสภาพอากาศ และความแตกต่างของระยะของหนอนใยผักในแต่ละการทดลองไม่เท่ากัน เป็นต้น

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยพัฒนา ประสิทธิภาพ สารสกัดและสูตรผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่า เพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในครั้งนี้ ได้นำสารสกัดจากเมล็ดน้อยหน่ามาพัฒนาเป็นสูตรผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC และจากผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่ามีลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดี เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปกระจายตัวในน้ำ สามารถกระจายตัวในน้ำได้ดี และไม่แยกชั้น เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC พบว่ามีผลทำให้หนอนใยผักตาย อยู่ระหว่าง 27.50-85.00 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบประสิทธิภาพต่อหนอนใยผักในแปลงคะน้าเกษตรกร โดยทำแปลงทดสอบ 2 แปลง 2 สถานที่ คือ แปลงทดสอบที่จังหวัดนครปฐม และแปลงทดสอบที่จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าการพ่นสารผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการพ่นสารทดลอง *Bacillus thuringiensis* และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดหนอนใยผัก พบว่าทั้ง 2 แปลงการทดลอง ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ที่อัตรา 50 และ 70 ม.ล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 71.02-79.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้สารทดลอง *Bacillus thuringiensis* ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 70.56-79.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเทียบผลผลิตของทั้ง 2 แปลงการทดลอง พบว่าการให้สารทดลองผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC ได้ผลผลิตใกล้เคียงกับสารทดลอง *Bacillus thuringiensis* เช่นเดียวกัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปน้อยหน่าสูตร EC จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในแปลงคะน้า และสามารถใช้เป็นสารกำจัดศัตรูพืชทางเลือกเพื่อลดการใช้สารเคมีในแปลงเกษตรกรหรือการปลูกผักสวนครัวไว้รับประทานในครัวเรือน จากประสิทธิภาพของสารสำคัญที่ได้จากสารสกัดเมล็ดน้อยหน่านี้ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดการทำผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การทำผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีนาโนเทคโนโลยี

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์สารสกัดจากพืช และเป็นการสนับสนุนการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามนโยบายต่อไป

การนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้ สามารถพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชจากน้อยหน่า ซึ่งสามารถใช้เป็นปัจจัยการผลิตที่ช่วยลดการใช้วัตถุมีพิษการเกษตรจากสารเคมี เพิ่มคุณภาพชีวิต ประหยัดค่าใช้จ่าย และเพิ่มมูลค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากเมล็ดที่เหลือจากการบริโภค โดยสามารถถ่ายทอดความรู้ไปยังนักวิจัย ภาครัฐ ภาคเอกชน เกษตรกรและผู้ที่สนใจต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ธิติยาภรณ์ อุดมศิลป์, พรรณีกา อัตตนนท์, ภัควรินทร์ ศานติธีรโรจน์ และเสาวภาคย์ สุขประเสริฐ. 2559. วิจัยประสิทธิภาพของสารสกัดจากน้อยหน่าในการควบคุมหนอนใยผัก. *รายงานโครงการวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติจากพืช.* กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 191 หน้า.

ภัควรินทร์ ศานติธีรโรจน์, พรรณีกา อัตตนนท์, และณัฐพร ฉันทศักดา. 2559. วิจัยหากลุ่มสารสำคัญในสารสกัดน้อยหน่าที่มีฤทธิ์ในการควบคุมหนอนใยผัก. *รายงานโครงการวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตรจากสารธรรมชาติจากพืช.* กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 191 หน้า.

Al-Lawati, H.T., K.M. Azam and M.L. Deadman. 2002. Insecticidal and repellent properties of subtropical plant extracts against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis*. *Agri Sci.* 7(1):37-45.

Andrade, E.H.A., G.B. Zoghbi, M. das, J.G.S. Maia, H. Fabricius and F. Marx. 2001. Chemical characterization of the fruit of *Annona squamosa* L. occurring in the Amazon**.** *J. Food Compos. Anal.* 14:227-232.

Audrey J. Leatemia and Murray B. Isman, 2004. Toxicity and antifeedant activity of crude seed extracts of *Annona squamosa* (Annonaceae) against lepidopteran pests and natural enemies. *International Journal of Tropical Insect Science.* 24(2):150-158.

Epino, P.B. and F. Chang. 1993. Insecticidal activity of *Annona squamosa* (L.) seed extracts against the mediterratnean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedenmann) (Diptera:Tephritidae). Philippine *Entomologist*, v. 9(2):228-238.

Gupta, A., A.Z. Md Badruddoza and P. S. Doyle. 2017, A General Route for Nanoemulsion Synthesis using Low Energy Methods at Constant Temperature*,* *Langmuir*, 33: 7118-7123.

Jamkhande, P.G. and A.S. Wattamwar. 2015. *Annona reticulata* Linn. (Bullock's heart): Plant profile, phytochemistry and pharmacological properties. *JTCM.* 5: 144-152.

Khalequzzaman, M and S. Sultana. 2006. Insecticidal activity of *Annona squamosa* L. seed extracts against the red flour beetle, *Tribolium castsnrum* (Herbst). *J Biol-Sci.,* 14:107-112.

Leatemia, J.A. and M.B. Isman. 2004a. Insecticidal activity of crude seed extracts of *Annona* spp., *Lansium domesticum* and *Sandoricum koetjape* against Lepidopteran Larvae. *Phytoparasitica* 32(1):30-37.

Leatemia JA, M.B. Isman. 2004b. Efficacy of crude seed extracts of *Annona squamosa* against diamondback moth, *Plutella xylostella* L. in the greenhouse. *Int J Pest Manag* 50:129–133.

Londershausen M., W. Leicht, F. Lieb, H. Moeschler and H. Weiss. 1991. Molecular mode of action of annonins. *Pestic. Sci.* 1991;33:427–438.

Mitrinova, Z., S. Tcholakova and N. Denkov. 2018. Control of surfactant solutions rheology using medium-chain cosurfactant. *J.Colsurfa***.** Vol.537:173-184.

Rao, N.S., K. Sharma and R.K. Sharma. 2005. Anti-feedant and growth inhibitory effects of seed extracts of custard apple, *Annona squamosa* against Khapra beetle, *Trogoderma granarium*. *J. Agri. Technol***.** 1(1):43-54.

การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้
Micro-perforated film for prolong storage life of fruits and vegetables

คมจันทร์ สรงจันทร์[1] ศิรกานต์ ศรีธัญรัตน์[1] และ ปรางค์ทอง กวานห้อง[1]
Komchan Songchan[1] Siragan Srithanyarat[1] and Prangthong Kwanhong[1]

บทคัดย่อ

ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated film) มีสมบัติยอมให้ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านได้สูงกว่าฟิล์มปกติทั่วไป เมื่อนำมาบรรจุผักและผลไม้จะช่วยรักษาอัตราการหายใจของผักและผลไม้ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม สามารถกักเก็บความชื้น ช่วยคงความสด และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้นานขึ้น ซึ่งปัจจุบันในต่างประเทศมีการใช้ฟิล์มชนิดนี้กันอย่างแพร่หลาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้บางชนิด ดำเนินการระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2564 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร จากการทดสอบเจาะรูฟิล์มพลาสติกด้วยเครื่องเลเซอร์มาร์กเกอร์ (KEYENCE รุ่น ML-29500 Series) พบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเจาะรูฟิล์ม OPP และ LDPE ความหนา 30 ไมครอน คือ ความเร็วสแกน 1,000 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วสแกน 500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สามารถเจาะรูได้เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 115 และ 70 ไมครอน ตามลำดับ การใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเก็บรักษาผักบางชนิดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า บัตเตอร์เฮดบรรจุ 100 กรัม ในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม (oxygen transmission rate: OTR) 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร สามารถเก็บรักษาได้นาน 21 วัน ถั่วฝักยาวบรรจุ 150 กรัม ในถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร เก็บรักษาได้นาน 15 วัน ผักชีบรรจุ 50 หรือ 80 กรัม ในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร เก็บรักษาได้นาน 18 วัน และข้าวโพดฝักอ่อน 100 กรัม บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน เก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยผักทั้งหมดยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ สำหรับการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเก็บรักษาผลไม้บางชนิดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้บรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร เก็บรักษาได้นาน 25 วัน และใช้ระยะเวลา 4 วัน ในการสุกที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่พบกลิ่นผิดปกติเมื่อผลสุก กล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
Postharvest and processing research and development division

ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาด 20x28 เซนติเมตร จำนวน 6 ผล/ถุง สามารถการเก็บรักษาได้นาน 14 และ 35 วัน ตามลำดับ โดยผลยังไม่สุก เงาะโรงเรียนบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร จำนวน 6 ผล/ถุง เก็บรักษาได้นาน 14 วัน โดยยังมีคุณภาพภายนอกและคุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับ
คำสำคัญ: ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง

ABSTRACT

Micro-perforated film allowed oxygen and carbon dioxide transmission more than normal films, when used for fruit and vegetable packaging. It helps to maintain optimal respiration rate of fruits and vegetables, retain moisture, maintain freshness and extend shelf life of produce so this film is widely used in foreign countries in presently. The purpose of this experiment was to develop and testing the use of micro-perforated film to extend shelf life of some fruits and vegetables. This experiment was conducted during October 2015 - September 2021 at Postharvest research and development division, Department of Agriculture. The result was found that optimum parameter for drilling OPP and LDPE (with 30 μm thickness) with laser marker (KEYENCE model ML-29500 Series) are 1,000 mm/sec. scan speed, 20% laser power and 500 mm/sec. scan speed, 30% laser power, respectively provided hole size 115 and 70 μm, respectively. For the evaluation of micro-perforated film used for vegetables, it was found that butterhead 100 g packed in LDPE micro perforated film with oxygen transmission rate (OTR) 5,000-10,000 cm^3/cm^2/day size 20x28 cm could be stored for 21 days. Yard long bean 150 g packed in OPP or LDPE micro perforated film OTR 15,000-20,000 cm^3/cm^2/day size 20x28 cm could be stored for 15 days. Coriander 50 or 80 g packed in OPP micro perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/cm^2/day size 16x35 cm could be stored for 18 days. And baby corn 100 g packed in plastic tray and covered with OPP or LDPE micro perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/cm^2/day could be stored for 20 days. All vegetables were had acceptable quality. For the evaluation of micro-perforated film used for fruits, it was found that mango packed in OPP or LDPE micro perforated film OTR 15,000-20,000 cm^3/cm^2/day size 20x28 cm could be stored for 25 days and ripen at room temperature within 4 days without off-flavor. Banana packed in OPP or LDPE micro perforated film OTR 5,000-10,000 cm^3/cm^2/day size 20x28 cm, could be stored for 14 and 35 days respectively, with unripe. Rambutan packed in LDPE micro perforated film size 20x28 cm. 6 fruits/bag, could be preserved for 14 days, with acceptable external and eating quality.

Key words: micro-perforated film, modified atmosphere packaging

คำนำ

ผลิตผลสดมีอายุการเก็บรักษาสั้นและเสื่อมสภาพได้ง่าย เนื่องจากยังมีชีวิต ยังคงมีการหายใจ การคายน้ำ และการผลิตเอทิลีนเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวเหล่านี้ ทำให้ผลิตผลจำนวนมากสูญเสียคุณภาพ เช่น สูญเสียน้ำหนัก สูญเสียคุณค่าทางอาหาร อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคหลังการเก็บเกี่ยว และเน่าเสีย ในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย หากมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยลดการสูญเสียคุณภาพได้ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล สภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบพาสซีฟ (passive modified atmosphere) เป็นสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นด้วยตัวผลิตผล โดยสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำและคาร์บอนไดออกไซด์สูงค่อย ๆ เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกตลอดเวลา นอกจากนี้ การเก็บรักษาผลิตผลสดในถุงฟิล์มพลาสติก ยังช่วยลดการเกิดรอยช้ำที่ผิวของผลิตผล ช่วยลดการปนเปื้อนของผลิตผลระหว่างการจัดการ ลดการสูญเสียน้ำ ป้องกันการแพร่กระจายการเน่าเสียจากผลิตผลหนึ่งไปยังอีกผลิตผลหนึ่ง (Kader *et al*., 1989) การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงภายในบรรจุภัณฑ์นั้น ผักและผลไม้แต่ละชนิดมีความต้องการฟิล์มที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซแตกต่างกัน เนื่องจากมีอัตราการหายใจที่ต่างกัน โดยทั่วไปสมบัติการซึมผ่านของก๊าซของฟิล์มพลาสติกมักพิจารณาถึงอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate: OTR) การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตผลควบคู่กับการจัดการอุณหภูมิเก็บรักษาที่เหมาะสม สามารถช่วยสร้างสภาวะภายในบรรจุภัณฑ์ที่ทำให้อัตราการหายใจลดลง ซึ่งจะชะลอการสุกและการเสื่อมสภาพของผลิตผล (Ding *et al*., 2002; Zagory, 1997) โดยปริมาณของออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์ต้องเพียงพอเพื่อไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะทำให้ผลิตผลเน่าเสียเร็วขึ้น (Zagory and Kader, 1988; Mir and Beaudry, 2016)

ฟิล์มพลาสติกที่นำมาใช้บรรจุผักและผลไม้โดยทั่วไป เช่น พอลิเอทิลีน (PE) พอลิโพรพิลีน (PP) มักมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำ โดยมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนอยู่ระหว่าง 1,541-3,750 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน (Mangaraj *et al*., 2009) การเจาะรูขนาดไมครอนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม นอกเหนือจากการใช้เทคนิคการปรับโครงสร้างพอลิเมอร์ด้วยการเติมสารเติมแต่งเพื่อให้ฟิล์มมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซสูง ซึ่งมีต้นทุนสูงและเป็นไปได้ยากในทางเทคนิคที่จะผลิตฟิล์มให้มีค่า OTR ที่หลากหลาย การใช้เลเซอร์เพื่อเจาะรูขนาดไมครอนถูกนำมาใช้เป็นระยะเวลามากกว่า 10 ปี และเป็นกระบวนการที่เป็นที่ยอมรับในตลาดบรรจุภัณฑ์แบบยืดหยุ่น (flexible packaging) เทคโนโลยีการเจาะรูด้วยเลเซอร์มีการพัฒนาให้ก้าวหน้า สามารถเจาะรูได้รูปร่างกลมสม่ำเสมอ มีขนาดเหมาะสม และสามารถใช้กับฟิล์มได้หลากหลายชนิดตามความต้องการของผู้ใช้งาน มีหลักการทำงานคือความเข้มของแสงจะถูกดูดซับโดยฟิล์ม ซึ่งจะทำให้ฟิล์มเกิดความร้อนจนละลาย แล้วระเหยกลายเป็นไอในทันที ทำให้เกิดรูขนาดเล็กขึ้นบนฟิล์ม โดยอัตราการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนรูเจาะ (Chow, 2012)

ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน (micro-perforated film) เป็นฟิล์มที่มีรูขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-200 ไมครอน มีสมบัติยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้สูงกว่าฟิล์มปกติทั่วไป สามารถแก้ไขข้อจำกัดของฟิล์มชนิดที่มีสมบัติสกัดกั้นการแพร่ของก๊าซ (ภัทรินทร์, 2565; Winotapun *et al*., 2015) เพื่อรักษาอัตราการหายใจของผักและ

ผลไม้ได้อย่างเหมาะสม สามารถกักเก็บความชื้น ทำให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษายาวนาน และคงคุณภาพโดยรวมของผลิตผลไว้ได้ บรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนกลายเป็นตัวเลือกยอดนิยมที่มีความต้องการทั่วโลกเพิ่มขึ้นตามการเติบโตของตลาดผลิตผลสด เพื่อใช้ยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ โดยฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนจะช่วยรักษาความสดของผักและผลไม้ในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย มีการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา ยุโรป จีน อินเดีย ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย เกาหลีใต้ เป็นต้น เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการยืดอายุผลิตผล โดยใช้ในรูปแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก (Inkwood research, 2022)

การพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อให้ได้อัตราการซึมผ่านของก๊าซตามที่ต้องการ ต้องศึกษาขนาดและจำนวนรูเจาะที่เหมาะสม รวมถึงต้องทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนกับผลิตผล เพื่อให้ได้ฟิล์มที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลแต่ละชนิด ซึ่งการสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ต้องการต้องอาศัยการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลระหว่างกระบวนการหายใจและการซึมผ่านก๊าซ ได้แก่ อัตราการหายใจของผลิตผล น้ำหนักบรรจุ ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซ พื้นที่ผิวบรรจุภัณฑ์ พื้นที่ head space รวมถึงอัตราส่วนของก๊าซต่าง ๆ ภายในบรรจุภัณฑ์ (อศิรา และคณะ, 2549) การเลือกใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่พัฒนาขึ้นให้เหมาะสมกับผลิตผล จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ด้วย ซึ่งในประเทศไทยมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนอยู่บ้างในหน่วยงานของทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) (SCG) เพื่อส่งเสริมการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเป็นบรรจุภัณฑ์ยืดอายุสำหรับผักและผลไม้ และทดแทนการนำเข้าฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนจากต่างประเทศ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อพัฒนาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์ และทดสอบการใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผัก ได้แก่ บัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว ผักชี ข้าวโพดฝักอ่อน และผลไม้ ได้แก่ มะม่วง กล้วยไข่ เงาะ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. บรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงตัว (oriented polypropylene: OPP) ฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene: LDPE) ฟิล์มแอคทีฟ (M-tech 4) ฟิล์มพอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride: PVC) และถาดพลาสติก PVC
2. ผัก ได้แก่ บัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว ผักชี ข้าวโพดฝักอ่อน
3. ผลไม้ ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้ กล้วยไข่ เงาะโรงเรียน
4. เครื่องเลเซอร์มาร์กเกอร์ ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ KEYENCE รุ่น ML-29500 Series
5. เครื่องวัดความหนาฟิล์ม
6. เครื่องวัดอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านฟิล์มพลาสติก Mocon รุ่น OpTech ®-O_2 Platinum
7. เครื่องวัดอัตราการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มพลาสติก Labthink รุ่น VAC-V1

8. เครื่องวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำผ่านฟิล์มพลาสติก Illinois รุ่น 7002
9. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป Olympus รุ่น SZX16 พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ Olympus รุ่น DP25
10. กล้องดิจิทัลไมโครสโคป Hirox รุ่น RH-2000
11. เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ Thermo Scientific รุ่น Evolution 300 UV-Vis
12. เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10
13. เครื่อง texture analyzer LLOYD รุ่น LF plus
14. เครื่อง digital refractometer Atago รุ่น PR-101
15. เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ KEM รุ่น CHA-600

วิธีการ

1. การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อให้ได้อัตราการซึมผ่านของก๊าซตามต้องการ

นำฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงตัว (oriented polypropylene: OPP) และฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene: LDPE) ความหนา 30 ไมครอน มาตรวจสอบสมบัติของฟิล์ม ได้แก่ ความหนา อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate: OTR) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate: WVTR) จากนั้น นำตัวอย่างฟิล์มมาทดสอบการเจาะรูด้วยเครื่องเลเซอร์มาร์กเกอร์ ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ตรวจสอบรูปร่างและวัดขนาดของรูเจาะขนาดไมครอนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป และกล้องดิจิทัลไมโครสโคป และวัด OTR ของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

2. ศึกษาการเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

เตรียมผลิตผลที่ใช้ทำการทดลอง ได้แก่ บัตเตอร์เฮด ถั่วฝักยาว ผักชี และข้าวโพดฝักอ่อน โดยคัดเลือกผลิตผลที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิและความเสียหายจากโรคและแมลง นำมาทำความสะอาดแล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 6 ซ้ำ main plot คือ กรรมวิธีการบรรจุ sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา คือ 0 3 6 9 12 15 18 และ 21 วัน

<u>บัตเตอร์เฮด</u> บรรจุ 100 กรัม มี 7 กรรมวิธี คือ บรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE ไม่เจาะรู บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน (ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร)

<u>ถั่วฝักยาว</u> มี 5 กรรมวิธี คือ ไม่บรรจุถุง (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน น้ำหนักบรรจุ 150 และ 300 กรัม บรรจุถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน น้ำหนักบรรจุ 150 และ 300 กรัม (ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร)

<u>ผักชี</u> มี 5 กรรมวิธี คือ บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร (S) น้ำหนักบรรจุ 50 กรัม (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร (S) น้ำหนัก

บรรจุ 50 และ 80 กรัม บรรจุถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 28x39 เซนติเมตร (L) น้ำหนักบรรจุ 50 และ 80 กรัม

ข้าวโพดฝักอ่อน บรรจุ 100 กรัม มี 5 กรรมวิธี คือ บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน บรรจุถาดพลาสติกหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน (ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร)

นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพตามระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี (บัตเตอร์เฮด คอส ผักชี และข้าวโพดฝักอ่อน) วัดด้วยเครื่องวัดสี แรงที่ใช้ในการตัดให้ขาด (ถั่วฝักยาว) วัดด้วยเครื่อง texture analyzer ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (บัตเตอร์เฮด คอส ถั่วฝักยาว และข้าวโพดฝักอ่อน) วัดด้วยเครื่อง digital refractometer ปริมาณคลอโรฟิลล์ (ผักชี) ตามวิธีของ Mackinney (1941) และประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนน ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาล (ข้าวโพดฝักอ่อน) และความชอบโดยรวม โดยการให้ค่าคะแนน 9-point hedonic scale

3. ศึกษาการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

เตรียมผลิตผลที่นำมาใช้ทำการทดลอง ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้ กล้วยไข่ เงาะโรงเรียน โดยคัดเลือกผลิตผลที่มีระยะความแก่ใกล้เคียงกัน มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิหรือความเสียหายจากโรคและแมลง นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำผลิตผลมาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตามกรรมวิธี วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 6 ซ้ำ main plot คือ วิธีการบรรจุ sub plot คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 และ 30 วัน (หรือ 0 2 4 6 8 10 12 14 และ 16 วัน สำหรับเงาะโรงเรียน)

มะม่วงน้ำดอกไม้ บรรจุ 1 ผลต่อถุง มี 6 กรรมวิธี คือ บรรจุกล่องกระดาษลูกฟูก (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน (ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร)

กล้วยไข่ บรรจุ 6 ผลต่อถุง มี 5 กรรมวิธี คือ บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 8 รู (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์มชนิดแอคทีฟ (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน (ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร)

เงาะโรงเรียน บรรจุ 6 ผลต่อถุง/ถาด มี 5 กรรมวิธี คือ บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ชุดควบคุม) บรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน บรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน (ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร)

นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สุ่มมาตรวจสอบคุณภาพตามระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี วัดด้วยเครื่องวัดสี ความแน่นเนื้อ วัดด้วยเครื่อง texture analyzer ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ วัดด้วยเครื่อง digital refractometer ปริมาณกรดที่

ไทเตรทได้ ปริมาณวิตามินซี วัดด้วยเครื่องไทเทรตอัตโนมัติ และประเมินคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความชอบโดยรวม โดยการให้ค่าคะแนน 9-point hedonic scale

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการทดลอง

ระยะเวลา ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการทดลอง กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อให้ได้อัตราการซึมผ่านของก๊าซตามต้องการ

สมบัติของฟิล์ม OPP และ LDPE แสดงดัง Table 1 โดยตัวอย่างฟิล์มที่นำมาทดลองมีความหนา 30 ไมครอน มี OTR 327.26 และ 1,193.32 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ และมี WVTR เท่ากับ 4.20 และ 10.90 กรัม/ตารางเมตร/วัน ตามลำดับ

การเจาะรูฟิล์ม OPP ความหนา 30 ไมครอน ด้วยความเร็วสแกน (scan speed) ในช่วง 300-1,500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ (power) 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถเจาะรูได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 50-115 ไมครอน โดยการใช้ความเร็วสแกน 900-1,500 มิลลิเมตร/วินาที สามารถเจาะรูแต่ละครั้งได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสม่ำเสมอกว่าความเร็วสแกนช่วง 300-800 มิลลิเมตร/วินาที ดังนั้น จึงเลือกพารามิเตอร์สำหรับการเจาะรู คือ ความเร็วสแกน 1,000 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเจาะรูได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 115 ไมครอน สำหรับการเจาะรูฟิล์ม LDPE ความหนา 30 ไมครอน ด้วยความเร็วสแกนในช่วง 300-1,500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถเจาะรูได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 60-90 ไมครอน และเลือกพารามิเตอร์สำหรับการเจาะรู คือ ความเร็วสแกน 500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถเจาะรูได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 70 ไมครอน ลักษณะของรูเจาะแสดงดัง Figure 1

คุณภาพของการเจาะรูด้วยเลเซอร์ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการเจาะรู เช่น กำลังของเลเซอร์ ความยาวคลื่น พลังงาน จังหวะ (pulse duration) อัตราการซ้ำ (pulse repetition rate) และลักษณะของวัสดุ เช่น ชนิด ความหนา ชนิดของสารเติมแต่ง การนำความร้อน ความจุความร้อน (Winotapun *et al*., 2014; Caiazzo *et al*., 2005; Olsen, 1995) จากผลการทดลอง พบว่า ชนิดของฟิล์มมีผลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ เมื่อเจาะรูฟิล์ม OPP และ LDPE ที่มีความหนา 30 ไมครอน เท่ากัน โดยใช้ความเร็วและกำลังเลเซอร์ระดับเดียวกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะของฟิล์ม OPP จะใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางรูเจาะของฟิล์ม LDPE ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์ม LDPE มีค่า thermal diffusivity ต่ำกว่าฟิล์ม OPP โดยค่า thermal diffusivity เป็นความสามารถของวัสดุต่อการนำความร้อน สำหรับวัสดุที่มี thermal diffusivity สูง ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านได้เร็ว เนื่องจากวัสดุนำความร้อนได้ไว เมื่อเทียบกับปริมาตรความจุความร้อน หรือ thermal bulk ดังนั้น รูเจาะขนาดไมครอนบนวัสดุที่มี thermal diffusivity สูงกว่าจึงมีขนาดใหญ่กว่า (Winotapun *et al*., 2014)

หากต้องการฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่มี OTR อยู่ในช่วง 5,000-10,000 10,000-15,000 และ 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 20x28 เซนติเมตร (หรือ 16x35 เซนติเมตร) ต้องเจาะรูฟิล์ม OPP ความหนา 30 ไมครอน ด้วยความเร็วสแกน 1,000 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7 12 และ 16 รู ตามลำดับ และเจาะรูฟิล์ม LDPE ความหนา 30 ไมครอน ด้วยความเร็วสแกน 500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 4 15 และ 22 รู ตามลำดับ (Table 2) อัตราการเคลื่อนที่ของก๊าซผ่านฟิล์มเจาะรู เป็นผลรวมของการซึมผ่านของก๊าซผ่านรูเจาะ และการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มพลาสติก โดยทั่วไปแล้วการไหลผ่านของก๊าซทั้งหมดผ่านรูเจาะจะสูงกว่าการเคลื่อนที่ของก๊าซผ่านฟิล์มพลาสติก (Fishman *et al.,* 1996) การไหลของก๊าซผ่านรูเจาะขนาด 1 มิลลิเมตร บนฟิล์ม LDPE ความหนา 25 ไมครอน เกือบเท่ากับการไหลผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มขนาดพื้นที่ 0.5 ตารางเมตร (Mir and Beaudry, 2016)

2. ศึกษาการเก็บรักษาผักในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

<u>บัตเตอร์เฮด</u> ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 21 วัน บัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับการบรรจุถุงฟิล์มไม่เจาะรู ซึ่งการเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี ทั้งนี้ฟิล์มพลาสติกส่วนใหญ่มักไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ โดยความชื้นสัมพัทธ์ภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มเจาะรูและไม่เจาะรูส่วนใหญ่มักใกล้เคียงกับจุดอิ่มตัวด้วยไอน้ำ การเจาะรูขนาดเล็กมีผลต่อระดับความชื้นสัมพัทธ์ไม่มาก (Mir and Beaudry, 2016) เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน ทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน บัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนมีสีเหลืองน้อยที่สุด คือ มีค่าแสดงความเป็นสีเหลือง (b*) เฉลี่ย 31.56 (Figure 2) บัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด 21 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุดคือ 6.19 คะแนน ขณะที่บัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟ และถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน ส่วนบัตเตอร์เฮดบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE ไม่เจาะรู ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน ซึ่งการบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าถุงที่ใช้ทั่วไป คือถุงไม่เจาะรู หรือเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร 3-6 วัน

<u>ถั่วฝักยาว</u>บรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ถั่วฝักยาวไม่บรรจุถุงมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด 31.87 เปอร์เซนต์ ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 18 วัน ถั่วฝักยาวทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน อยู่ระหว่าง 22.16-26.19 นิวตัน เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ถั่วฝักยาวบรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อย (Figure 3) ถั่วฝักยาวบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีเก็บรักษาได้นานกว่าการไม่บรรจุถุง 6 วัน คือสามารถเก็บรักษาได้นาน 15 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับ โดยถั่วฝักยาวบรรจุถุง LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน บรรจุ 150 กรัม มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.50 คะแนน ขณะที่ถั่วฝักยาวไม่บรรจุถุงสามารถเก็บรักษาได้นาน 9 วัน

ผักชีบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอนทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ผักชีบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุด 3.35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผักชีมีค่า b* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงของสีไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษานาน 18 วัน ผักชีบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 80 กรัม และขนาดถุง 28x39 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 50 และ 80 กรัม มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 4) การเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ รวมถึงการลดอุณหภูมิและไม่มีแสงสว่าง สามารถชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ (จริงแท้, 2546) ผักชีทุกกรรมวิธีสามารถเก็บรักษาได้นาน 18 วัน โดยมีคะแนนความชอบรวมเป็นที่ยอมรับ โดยผักชีบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ขนาดถุง 16x35 เซนติเมตร น้ำหนักบรรจุ 80 กรัม มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุดเท่ากับ 7.50 คะแนน

ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC ข้าวโพดฝักอ่อนทุกกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน (Figure 5) การบรรจุข้าวโพดฝักอ่อนโดยใส่ถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน สามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน โดยยังเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค โดยช่วยรักษาความสดและชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพียงอย่างเดียว การเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนในถุงฟิล์มพลาสติกเจาะรูขนาดไมครอนสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี เนื่องจากฟิล์มเจาะรูยังมีคุณสมบัติยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้ต่ำ (Mir and Beaudry, 2016) ขณะที่ฟิล์ม PVC มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำสูงกว่า ส่งผลให้ข้าวโพดที่บรรจุในถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าด้วย ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้นานกว่าการบรรจุถาดพลาสติกแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC 5 วัน

3. ศึกษาการเก็บรักษาผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน

มะม่วงน้ำดอกไม้ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน มะม่วงบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูกมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 9.20 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่มะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 1.28 เปอร์เซ็นต์ สำหรับมะม่วงบรรจุถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษามะม่วงในถุงฟิล์มพลาสติกทำให้มะม่วงมีการสูญเสียน้ำหนักต่ำ เนื่องจากสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ช่วยชะลออัตราการหายใจ จึงทำให้ผลิตผลมีอัตราการคายน้ำลดลง และฟิล์มพลาสติกยังช่วยป้องกันการระเหยน้ำออกจากผลิตผลด้วย (Zagory and Kader, 1988) มะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟมีค่า b* น้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ทุกกรรมวิธีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกัน (Figure 6) มะม่วงบรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟสามารถชะลอการสุกได้ดีที่สุด แต่เมื่อนำมะม่วงมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เกิดกลิ่นผิดปกติที่เนื้อผลในมะม่วงบรรจุถุงฟิล์มแอคทีฟเก็บรักษาในห้องเย็นเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ 20 วันเป็นต้นไป ขณะที่มะม่วงกรรมวิธีอื่นไม่พบการเกิดกลิ่นผิดปกติ มะม่วงบรรจุในถุงฟิล์ม OPP หรือ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน

สามารถเก็บรักษาได้นาน 25 วัน โดยมีคุณภาพเมื่อผลสุกเป็นที่ยอมรับ สามารถเก็บรักษาได้นานกว่ามะม่วงที่บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก 15 วัน

กล้วยไข่บรรจุถุง OPP เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเท่ากับ 3.59 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรรมวิธีอื่นมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลา 35 วัน กล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟ และถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน มีค่า b* น้อยที่สุด แสดงว่าสีเปลือกมีการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้อยที่สุด และมีความแน่นเนื้อมากกว่ากรรมวิธีอื่น โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 7) กล้วยไข่ถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เก็บรักษาได้นาน 7 วัน ส่วนกล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน เก็บรักษาได้นาน 14 วัน ขณะที่กล้วยไข่บรรจุในถุงฟิล์มแอคทีฟและฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน เก็บรักษาได้ 35 วัน โดยที่ผลยังไม่สุก โดยการบรรจุถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน ช่วยยืดอายุกล้วยไข่ได้นานกว่าการบรรจุถุงเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่ใช้ทั่วไป 7 และ 28 วัน ตามลำดับ ซึ่งถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถนำมาใช้สำหรับบรรจุกล้วยไข่เพื่อยืดอายุสำหรับการเก็บรักษาระยะยาว เช่น รอจำหน่าย หรือเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับขายปลีกภายในกล่องเพื่อการขนส่งทางเรือได้

เงาะโรงเรียน เมื่อเก็บรักษานาน 16 วัน เงาะบรรจุในถุงฟิล์ม OPP และ LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน ทั้งแบบบรรจุถาดและไม่บรรจุถาด มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เงาะบรรจุถาดแล้วหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ ผลเงาะบรรจุในถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน มีค่าความสว่างน้อยที่สุด แตกต่างจากกรรมวิธีอื่น เงาะทุกกรรมวิธีมีคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกัน สามารถเก็บได้นาน 14 วัน โดยยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เงาะที่บรรจุในถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอนมีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าบรรจุในถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน โดยสามารถบรรจุได้ทั้งแบบบรรจุถาดและไม่บรรจุถาด (Figure 8) การเก็บรักษาผลิตผลในถุงฟิล์มพลาสติกช่วยป้องกันการระเหยของน้ำจากผลิตผลได้ ผลิตผลจึงมีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์มีผลทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลลดลง ส่งผลให้อัตราการคายน้ำลดลง (Zagory and Kader, 1988) ทำให้ผลเงาะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกไม่มาก ซึ่งการเก็บรักษาในถุงฟิล์มนอกจากจะลดการสูญเสียน้ำหนักแล้วยังช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกเงาะได้ สอดคล้องกับรายงานของ O'Hare, 1995 ว่าสามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกของเงาะไว้ได้ หากให้มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด

สรุปผลการทดลอง

1. ฟิล์ม OPP ความหนา 30 ไมครอน เจาะรูด้วยเลเซอร์มาร์กเกอร์ (KEYENCE รุ่น ML-29500 Series) ความเร็วสแกน 1,000 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7 รู ต่อถุงขนาด 20x28 (หรือ 16x35) เซนติเมตร ได้ถุงฟิล์ม OPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถใช้เก็บรักษาผักชี และข้าวโพดฝักอ่อน ได้นาน 18 และ 20 วัน ตามลำดับ และเก็บรักษากล้วยไข่โดยที่ผลยังไม่สุกได้นาน 14 วัน หากเจาะจำนวน 16 รู จะได้ถุงฟิล์มเจาะรู

ขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถใช้เก็บรักษาถั่วฝักยาว และมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้นาน 15 และ 25 วัน ตามลำดับ

2. ฟิล์ม LDPE ความหนา 30 ไมครอน เจาะรูด้วยเลเซอร์มาร์กเกอร์ ความเร็วสแกน 500 มิลลิเมตร/วินาที กำลังเลเซอร์ 30 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 4 รู ต่อถุงขนาด 20x28 เซนติเมตร ได้ถุงฟิล์ม LDPE เจาะรูขนาดไมครอน OTR 5,000-10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถใช้เก็บรักษาบัตเตอร์เฮด ข้าวโพดฝักอ่อน เงาะโรงเรียน และกล้วยไข่ ได้นาน 21 20 14 และ 35 วัน ตามลำดับ หากเจาะจำนวน 22 รู จะได้ถุงฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน OTR 15,000-20,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน สามารถใช้เก็บรักษาถั่วฝักยาว และมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้นาน 15 และ 25 วัน ตามลำดับ

การนำไปใช้ประโยชน์

1. สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตฟิล์มเจาะรูโดยใช้เลเซอร์มาร์กเกอร์ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ให้แก่บริษัทผู้ผลิตฟิล์มยืดอายุผักและผลไม้ได้
2. สามารถนำฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนที่ได้ไปใช้สำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.

ภัทรินทร์ ลีลาภิวัฒน์. 2565. Update เทคโนโลยีและงานวิจัยสำหรับบรรจุภัณฑ์ผลิตผลการเกษตร. สืบค้นจาก: https://packaging.oie.go.th/new/admin_control_new/html-demo/analysis_file/5378946120.pdf (3 มิถุนายน 2565).

อศิรา เฟื่องฟูชาติ วรรณี ฉินศิริกุล นพดล เกิดดอนแฝก ตติยา ตรงสถิตกุล สรญา พิบูลกุลสัมฤทธิ์ เสาวภา ไชยวงศ์ และ วาณี ชนเห็นชอบ. 2549. การสร้างสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบสมดุลภายในบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตผลสดโดยอาศัยการคำนวณจากโมเดลคณิตศาสตร์อย่างง่าย. *ว. วิทย.กษ.* 37: 5 (พิเศษ): 62-65.

Caiazzo F., F. Curcio, G. Daurelio and F.M.C. Minutolo. 2005. Laser cutting of different polymeric plastics (PE, PP and PC) by a CO_2 laser beam. *J Mat Proce Technol*. 159: 279-285.

Chow, C. 2012. Microperforations for fresh cut produce packaging Available source: http://www.precoinc.com/PDF/microperforating_Chow.pdf. (3 June 2014).

Ding, C.K., K. Chachin, Y. Ueda, Y. Imahori, C.Y. Wang. 2002. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. *Post Biol Technol*. 24: 341-348.

Fishman, S., V. Rodov and S. Ben-Yehoshua. 1996. Mathematical model for perforation effect on oxygen and water vapor dynamics in modified atmosphere packages. *J Food Sci*. 61: 956-961.

Inkwood research. 2022. Global micro-perforated food packaging market forecast 2019-2027. Available source: https://inkwoodresearch.com/reports/global-micro-perforated-food-packaging-market-2/. (22 May 2022)

Kader, A.A., D. Zagory and E.L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Crit Rev Food Sci*. 28 (1): 1-30.

Mackinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solution. The Division of Fruit products. University of California. Berkeley. Inc. New York. 457 p.

Mangaraj S., T.K. Goswami and P.V. Mahajan. 2009. Application of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: A review. *Food Eng Rev*. 1: 133-158.

Mir, N. and R.M. Beaudry. 2016. Modified atmosphere packaging. In: *The commercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks*. Agricultural handbook No. 66. USDA. ARS.

Olsen, F.O. 1995. Pulsed laser materials processing, ND-YAG versus CO_2 lasers. *Annals of the CIRP*. 44 (1): 141-145

O'Hare, T.J. 1995. Postharvest physiology and storage of rambutan. *Post. Bio. Technol*. 6: 189-199.

Winotapun, C., N. Kerddonfag, P. Kumsang, B. Hararak, V. Chonhenchob, T. Yamwong and W. Chinsirikul. 2015. Microperforation of three common plastic films by laser and their enhanced oxygen transmission for fresh produce packaging. *Packg Technol Sci.* 28: 367-383.

Zagory, D. 1997. Advances in modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce. *Perishables Handling Newsletter* 90: 2-4.

Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food technol.,* 42 (9): 70-74 & 76-77.

Table 1 Property of OPP and LDPE film.

film	thickness (μm)	oxygen transmission rate ($cm^3/m^2/day$)	water vapor transmission rate ($g/m^2/day$)
OPP	30	327.26	4.20
LDPE	30	1,193.32	10.90

Table 2 Number of holes and parameter for drilling for OPP and LDPE micro-perforated film with OTR 5,000-10,000, 10,000-15,000 and 15,000-20,000 $cm^3/cm^2/day$.

film	OTR ($cm^3/cm^2/day$)	Scan speed (mm/sec.)	Laser power (%)	No. of holes
OPP thickness 30 μm	5,000-10,000	1,000	20	7
	10,000-15,000	1,000	20	12
	15,000-20,000	1,000	20	16
LDPE thickness 30 μm	5,000-10,000	500	30	4
	10,000-15,000	500	30	15
	15,000-20,000	500	30	22

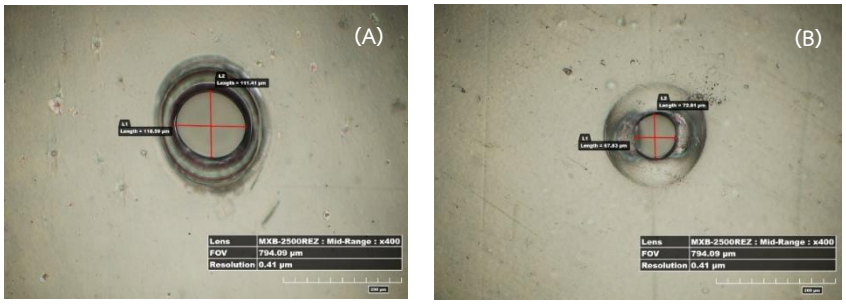


Figure 1 Characteristic and diameter of hole of OPP film (thickness 30 μm) when drill with scan speed 1,000 mm/sec., laser power 20% (A) and LDPE film (thickness 30 μm) when drill with scan speed 500 mm/sec., laser power 30% (B).

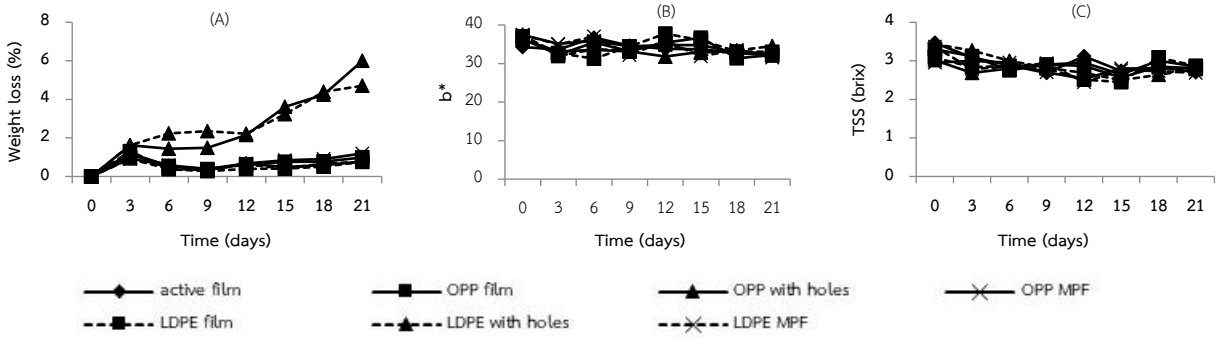


Figure 2 Change of weight loss (%) (A), b* value (B) and TSS (brix) (C) of butterhead packed in different packaging during store at 5°C.

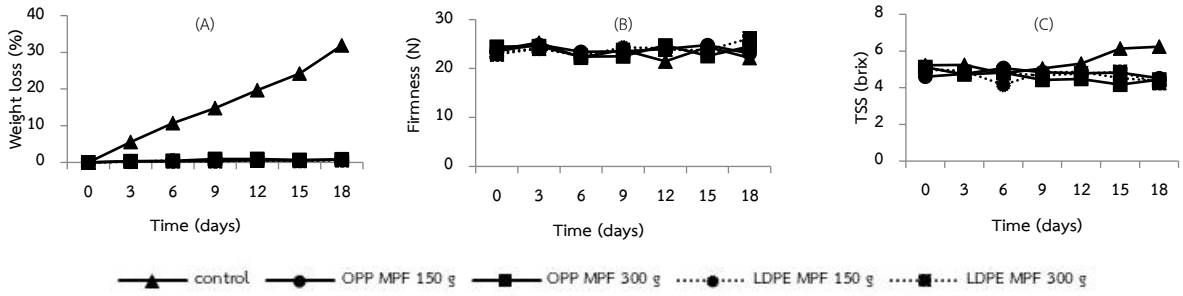


Figure 3 Change of weight loss (%) (A), firmness (N) (B) and TSS (brix) (C) of yard long bean packed in OPP and LDPE micro perforated film (OTR 15,000-20,000 cm^3/m^2/day) during store at 5°C.

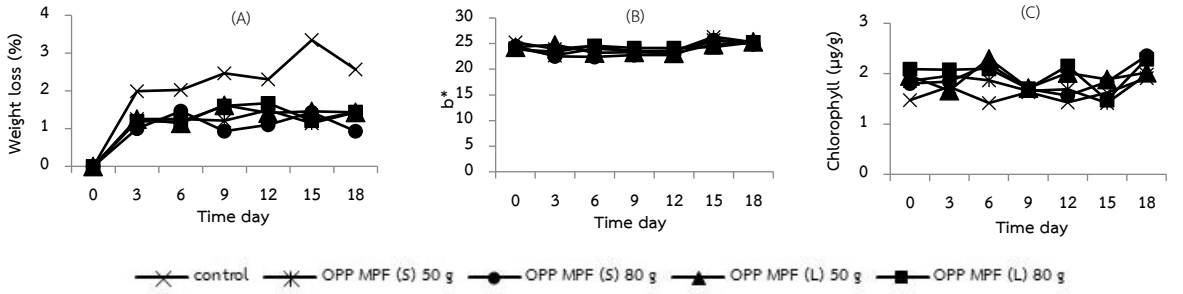


Figure 4 Change of weight loss (%) (A), b* value (B) and chlorophyll (µg/g) (C) of coriander packed in OPP micro perforated film (OTR 5,000-10,000 cm^3/m^2/day) during store at 5°C.

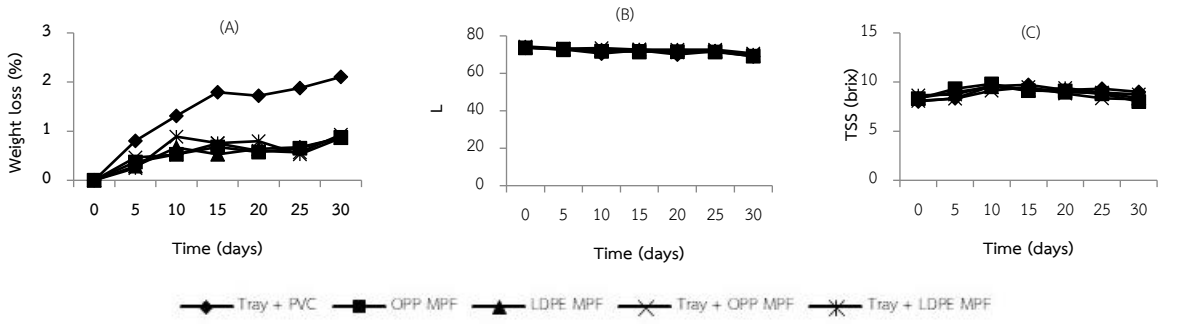


Figure 5 Change of weight loss (%) (A) L value (B) and TSS (brix) (C) of baby corn packed in different packaging during store at 5°C.

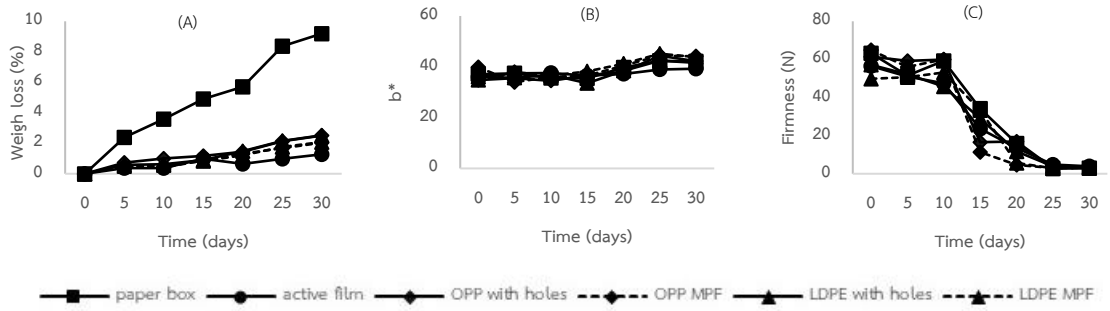


Figure 6 Change of weight loss (%) (A) b* value (B) and firmness (N) (C) of mango packed indifferent packaging during store at 13°C.

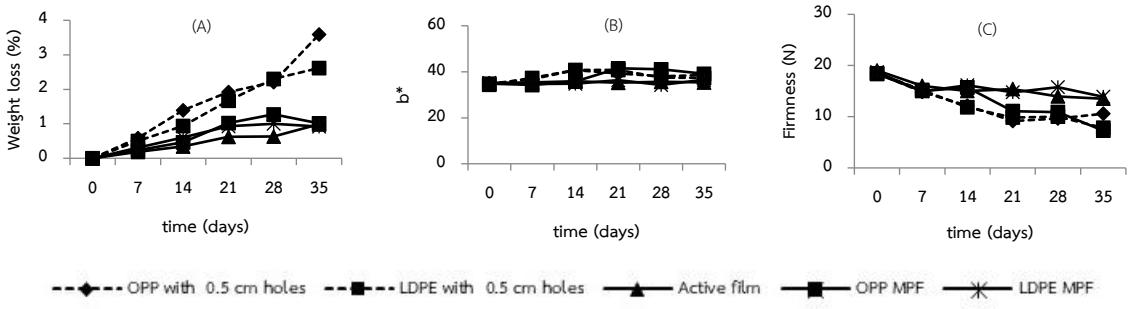


Figure 7 Change of weight loss (%) (A) b* value (B) and firmness (N) (C) of banana packed in different packaging during store at 13°C.

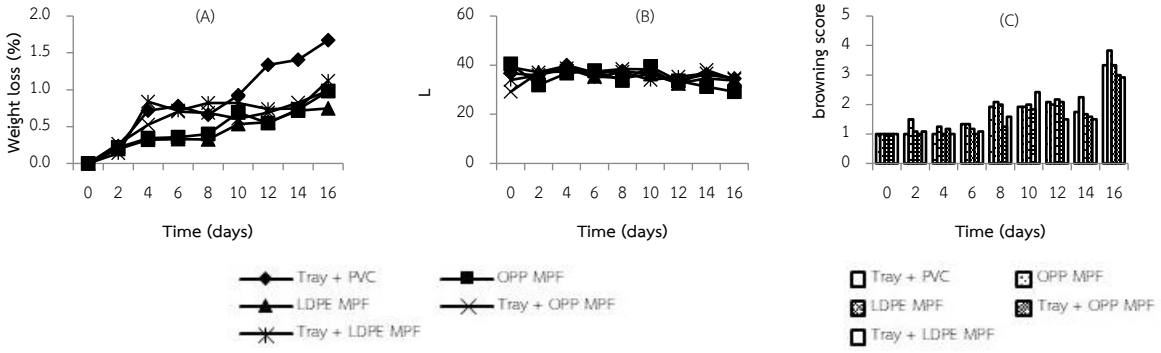


Figure 8 Change of weight loss (%) (A) L value (B) and browning score (C) of rambutan packed in different packaging during store at 13°C.

การเพิ่มศักยภาพการผลิตบัวบกคุณภาพเพื่อเป็นพืชสมุนไพรปลอดสารพิษ และโลหะหนัก

Production Capability Enhancemence on *Centella asiatica* Quality for Medicinal Plant Nontoxic and Heavy Metals

อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว[1], พงษ์รวี นามวงศ์[2], เพ็ญจันทร์ สุทธานุกูล[1] และไกรสิงห์ ชูดี[1]

Uthaiwan Sapkaew[1], Pongrawee Namwong[2], Penchan Suthanukool[1] and Kraising Choodee[1]

บทคัดย่อ

บัวบก (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) เป็นผักพื้นบ้านที่พบเห็นได้ทั่วไป และเป็นพืชสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์ทางด้านเภสัชวิทยาอย่างมาก แต่พบว่าปริมาณสารสำคัญ และผลผลิตไม่คงที่เนื่องจากวัตถุดิบบัวบกมีความแปรปรวนจากฤดูกาลผลิต และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งพบสารพิษตกค้าง และโลหะหนักที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารสกัดมาตรฐานได้ จึงศึกษาการผลิตบัวบกในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ภายใต้สภาพโรงเรือนแบบระบบกึ่งปิด เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตบัวบกให้มีคุณภาพสูง ปลอดจากสารพิษตกค้าง และโลหะหนัก โดยการเปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน วางแผนการทดลองแบบ split-plot จำนวน 4 ซ้ำ Main-plot ได้แก่ สูตรสารละลายธาตุอาหาร Enshi, Hoagland และสูตรการค้า A,B Sub-plot ได้แก่ วัสดุปลูกทรายหยาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 เพอร์ไลท์ (Perlite): เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) 2:1 ผลการทดสอบพบว่า กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า A,B ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ส่งผลต่อเจริญเติบโตบัวบก ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside ของบัวบกมีแนวโน้มสูงกรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร พบว่าการผลิตบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน บัวบกมีการเจริญเติบโต ความยาวไหล ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside สูงกว่ากรรมวิธีเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ และทั้งสองกรรมวิธีไม่พบสารพิษตกค้าง แต่เทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกรพบปริมาณโลหะหนักเหล็กและตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจระยะเวลา 5 ปี พบว่าทั้งสองเทคโนโลยีมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ แต่เทคโนโลยีของเกษตรกรสามารถใช้ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี 5 เดือน เร็วกว่าเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินที่ใช้ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกระแสเงินสดสุทธิ พบว่าเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินมีกระแสเงินสดสุทธิสูงกว่าการผลิตตามเทคโนโลยีของเกษตรกรมากกว่า 13 เท่าในปีที่ 3

คำสำคัญ: บัวบก ระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน สารละลายธาตุอาหารพืช ไกลโคไซด์

[1] ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย 64190

[1] Sukhothai Horticulture Research Centre, Si Satchanalai, Sukhothai, 64190.

[2] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ 235 ม.3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100

[2] Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Mueang District, Chiang Mai, 50100.

Abstract

Gotu kola (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) is an indigenous medicinal plant that has been greatly used for pharmacological purpose. However, inconstant yield and active ingredients were generally found from crude extract of fresh Gotu kola according to the variation of season and climate. Moreover, the contamination of toxic residues and heavy metals are critical problems in traditional production. In the view of this, we would like to increase production potential for high quality and free from toxic residues and heavy metals by using greenhouse and soilless planting system. The comparison of planting materials and formula of the nutrient solution were conducted in a split-plot design with 4 replicates. Main-plot experiment was arranged, i.e. Enshi Hoagland nutrient solution and commercial formula A, B. Sub-plots were planting materials i.e., 1:1 coarse sand: rice husk charcoal, 1:1 coarse sand: coconut coir, 1:1 rice husk charcoal: coconut coir and 1:1 perlite: vermiculite. The results showed that the application of commercial solution with planting material of 1:1 coarse sand: coconut coir affected the best growth of Gotu kola yield compared to the others. Besides, Asiaticoside and Madecassoside content tend to show the highest tendencies in this treatment. A comparison between greenhouse technology under soilless culture conditions and farmers' production was evaluated. The results revealed that under greenhouse condition and soilless application could increase the length of stolon, yield and Asiaticoside and Madecassoside content significantly higher than farmers' production technology. Additionally, the pesticide residue analysis in all processes showed no pesticide residues, whereas the farmers' production had level of heavy metals, iron, and lead, exceeded the standard level for Gotu kola. The five-year analysis of the economic value of technology shows that these both technologies are economic value added. However, farmers' production could recover the cost within a year and five months earlier than the production technology under greenhouse conditions which could recover the cost in three years and three months. Furthermore, the comparison of net cash flow in the third year, the results showed that the production technology under greenhouse conditions had higher net cash flow than farmers' production about 13 times.

Keywords: Gotu Kola, Soilless plant system, Nutrient solution, Triterpene

คำนำ

บัวบก (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) เป็นผักพื้นบ้านที่พบเห็นได้ทั่วไป คนไทยนิยมบริโภคบัวบกมานาน มีการใช้ประโยชน์จากบัวบกทางด้านเภสัชวิทยาพบว่า มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ แบคทีเรียและเชื้อรา สามารถใช้รักษาโรคผิวหนัง และเร่งการสร้างเนื้อเยื่อและคอลลาเจน จึงช่วยสามารถสมานแผลได้ นอกจากนี้สารสกัดจากใบบัวบกมีฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งบางชนิดได้ และยังสามารถรักษาเยื่อหุ้มสมองอักเสบ ส่งเสริมการทำงานของสมอง เอกรินทร์ และคณะ (2548) มีการพัฒนาสารสกัด

มาตรฐานบัวบก (ECa 233) ที่สามารถกระตุ้นการเรียนรู้และความจำ และสารสกัดมาตรฐานที่มีฤทธิ์สมานแผลได้ โดยได้ใช้บัวบกที่มีคุณภาพสดจำนวน 1,000 กิโลกรัม ทำให้แห้งจะเหลือ 200 กิโลกรัม และนำไปหั่นละเอียด และสกัดออกมาเป็นผงสีขาว เป็นสารออกฤทธิ์ในอัตราประมาณ 2 กิโลกรัม ซึ่งใช้บัวบกสดที่นำมาสกัดสารมาตรฐานค่อนข้างมากในการนำไปแปรรูปเป็นสารสกัดสมุนไพร และพบว่าปริมาณสารสำคัญและผลผลิตไม่คงที่ เนื่องจากวัตถุดิบบัวบกมีความแปรปรวนจากฤดูกาลผลิต และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง จึงส่งผลให้สารสกัดบัวบกภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในปัจจุบัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง จึงมีความจำเป็นต้องนำเข้าสารสกัดบัวบกในรูปสารสกัดบริสุทธิ์ หรือกึ่งบริสุทธิ์ ซึ่งพบว่าการนำเข้าสารสกัดบัวบกในรูปสารออกฤทธิ์ที่มีราคาค่อนข้างสูง ในประเทศไทยบัวบกที่นำมาใช้ประโยชน์เป็นพืชสมุนไพรจึงนิยมจำหน่ายในรูปสารสกัดแห้งเป็นผง น้ำซึ่งพบว่าบัวบกแห้งนั้นต้องใช้บัวบกสด 5 กิโลกรัม เมื่อทำให้แห้งเหลือน้ำหนักเพียง 1 กิโลกรัม (อัตราส่วนน้ำหนักบัวบกสด:น้ำหนักบัวบกแห้ง 5:1) ราคาขายบัวบกแห้งประมาณ 750 บาท แต่ถ้าขายแบบผักสดกินใบราคาเฉลี่ยเพียงแค่ 20 บาทต่อกิโลกรัม และมีการสุ่มตรวจกลุ่มของผักพื้นบ้านพบว่า “ใบบัวบก” เป็นผักที่มีสารพิษตกค้างอยู่ในอันดับต้น ๆ โดยพบสารพิษตกค้าง 5-18 ชนิด ที่ตกค้างร่วมกันต่อ 1 ตัวอย่าง และพบทั้งกลุ่มสารกำจัดแมลง ไปจนถึงสารกำจัดวัชพืช และโลหะหนัก บัวบกในท้องตลาดทั่วโปจึงไม่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบและสารสกัดสมุนไพรที่ได้มาตรฐานได้ รวมทั้งกระบวนการจัดการเพื่อผลิตบัวบกแห้งมีขั้นตอนยุ่งยาก เกษตรกรขาดความรู้และความเข้าใจในขั้นตอนการผลิตรวมทั้งต้นทุนในการจัดการทำให้แห้ง การผลิตพืชในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน เป็นเทคโนโลยีการปลูกพืชปราศจากการใช้สารเคมีหรือใช้ปริมาณน้อย ควบคุมหรือเร่งการเจริญเติบโตของพืช ต้องการพืชที่มีคุณภาพสูง โรงเรือนปลูกพืชแบบควบคุมสภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิและความชื้น อาจรวมถึงควบคุมแสงให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะโรงเรือนแบบปิดที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม ลดการเกิดโรคและแมลงเข้าทำลายที่ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ โดยอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์ เช่น ระบบแผ่นระเหยน้ำ หรือระบบพ่นหมอกช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน ระบบการให้น้ำพืชช่วยการดูดซึมธาตุอาหารของพืชได้เหมาะสม ระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ระบบเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสง ดังนั้นการการผลิตบัวบกในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดินสามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตให้บัวบกมีคุณภาพสูง และปลอดจากสารพิษตกค้าง รวมทั้งส่งผลให้บัวบกมีการเจริญเติบโตให้ผลผลิตเร็ว มีปริมาณสารสำคัญและผลผลิตสูง

ดังนั้นการผลิตบัวบกในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน มีวัตถุประสงค์เพิ่มศักยภาพการผลิตให้บัวบกมีคุณภาพสูง ปลอดจากสารพิษตกค้างและโลหะหนัก เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตบัวบกคุณภาพในโรงเรือน ตรงตามมาตรฐานให้เป็นพืชสมุนไพรสำหรับผลิตสารสกัดมาตรฐานบัวบก ECa 233 ที่มีสาร Asiaticoside ไม่ต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **เปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน**

   วางแผนการทดลอง split-plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยจัดวางการทดลองแบบ RCB

Main-plot ประกอบด้วย สูตรสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชไม่ใช้ดิน 3 สูตร ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi (A) (สูตรผักกินใบ) สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution (B) (สูตรดีที่สุดของสตรอว์เบอร์รีในระบบไฮโดรโปรนิกส์) (จำนงค์ และโสระยา, 2556) และสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า (C) (ผักบุ้งจีน คะน้า กวางตุ้ง) (สูตรที่มีระบุปริมาณสารละลายธาตุอาหารของ Stock A และ Stock B)

Sub-plot ประกอบด้วย วัสดุปลูกชนิดต่างๆ ได้แก่ 1. ทรายหยาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 (T1) 2. ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 (T2) 3. ถ่านแกลบ :ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 (T3) 4. เพอร์ไลท์ (Perlite): เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) 2:1 (T4)

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

การออกแบบและติดตั้งโครงสร้างอุปกรณ์โรงเรือนที่ควบคุมสภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิ และความชื้น ความเข้มแสง โดยอ้างอิงข้อมูลจากรายงานการวิจัย Srithongkul *et al*., (2011) การพรางแสงระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มแสงประมาณ 362.5 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที หรือใกล้เคียง อุณหภูมิ 24-27องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 70-85 เปอร์เซ็นต์ ใช้เซนเซอร์เป็นตัววัดค่าความชื้นและอุณหภูมิชุดควบคุมการเปิดปิดของพัดลมและระบบพ่นหมอกเพิ่มความชื้น ออกแบบพัดลมระบายอากาศสำหรับโรงเรือน โดยเลือกใช้พัดลมสำหรับโรงเรือน ขนาด 36 นิ้ว 2 ตัวอัตราการไหลของอากาศ 16,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เตรียมต้นพันธุ์บัวบก โดยใช้พันธุ์ในพื้นที่จังหวัดนครปฐมเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เป็นแหล่งผลิตมากสุด คือ สายพันธุ์นครปฐม เตรียมดินสำหรับชากล้าบัวบก โดยใช้ดินสำหรับเพาะชำที่มีส่วนผสมคือ ดินร่วน แกลบเผา ทรายหยาบ อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร นำต้นพันธุ์บัวบกที่ทำการขุดออกจากแปลง มาแยกลงถุงเพาะที่เตรียมไว้ โดยการแยกต้นให้เหลือเพียง 1 ต้น แล้วทำการชำลงถุงๆ ละ 1 ต้น เป็นเวลา 15 วัน เตรียมกระบะปลูกคลุมด้วยพลาสติก ขนาด กว้าง 1 เมตร x ยาว 2 เมตร x ลึก 0.3 เมตร เตรียมวัสดุปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด นำต้นพันธุ์บัวบกที่ทำการเพาะชำไว้ มาปลูกในกระบะ ระยะปลูก 10 x 10 เซนติเมตร ช่วงเวลาในการปลูก คือช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 เตรียมสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีที่กำหนด ติดตั้งและวางระบบน้ำหยดเพื่อให้สารละลายธาตุอาหารเข้าสู่กระบะปลูกในแต่ละกรรมวิธี โดยเริ่มให้หลังจากปลูกบัวบก 1 สัปดาห์ และให้สารละลายธาตุอาหารสัปดาห์ละ 3 วัน (วันเว้นวันต่อสัปดาห์) ให้ครั้งละ 2 นาที ใช้ทั้งหมด 14.17 ลิตร/แปลง/วัน

2. เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร

ไม่มีการวางแผนการทดลองทางสถิติ

กำหนดให้ 1 กระบะ และ 1 แปลงต่อหน่วยการทดลอง (experimental unit) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย t-test จำนวน 10 ซ้ำ (กระบะ/แปลงย่อย) เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

วิธีการดำเนินงาน เช่นเดียวกับการทดลองเปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน โดยเตรียมวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่ดีที่สุดจากการทดลองดังกล่าว

กรรมวิธีที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตบัวบกของเกษตรกร

ทำการเตรียมแปลงปลูกบัวบกที่อยู่ด้านนอกโรงเรือน โดยไถพรวนดินให้ร่วนซุยแล้วตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 10 วัน ยกแปลงปลูกกว้าง 3 เมตร x ยาว 2 เมตร ระหว่างแปลงปลูกจัดเป็นร่องน้ำหรือทางเดินกว้าง 50 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร เตรียมพันธุ์โดยการปักชำไหลที่มีต้นอ่อนและมีรากงอก มุงหลังคาด้วยวัสดุพรางแสง (ซาแลน) ความสามารถในการกรองแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ปลูกลงหลุมปลูกระยะปลูก 15x15 เซนติเมตร ช่วงเวลาในการปลูก คือช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2564 ใส่ปุ๋ยดูแลบำรุงรักษา ให้น้ำบัวบกทุกวันเช้า - เย็น

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลการเจริญเติบโต ความยาวไหล (เซนติเมตร) โดยวัดจากโคนต้นแม่ถึงส่วนที่ยาวที่สุดของไหลด้วยไม้บรรทัด จำนวนไหลต่อต้น (ไหล) โดยนับจำนวนไหลที่แตกจากต้นแม่ จำนวนต้นต่อไหล โดยนับจำนวนต้นที่เกิดในไหลที่แตกจากต้นแม่ จำนวนใบต่อต้น โดยนับจำนวนใบทั้งหมดของต้นแม่

2. ข้อมูลค่า EC คือค่าการนำไฟฟ้าของเกลือในสารละลาย (หน่วยวัดเป็น มิลลิซีเมน/เซนติเมตร; mS/cm) และค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายธาตุอาหาร โดยค่า EC และ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกินใบคือ 1.8-2.4 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร และค่า pH 5.5-6.5

3. เก็บเกี่ยวบัวบกในส่วนของใบ และก้านใบ เก็บเกี่ยวครั้งแรกที่อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน (ครั้งที่ 1) และเก็บเกี่ยวครั้งที่สองห่างจากครั้งแรก 30 วัน (ครั้งที่ 2) โดยอ้างอิงความถี่ในการเก็บเกี่ยวบัวบกของ Rahajanirina *et al.,* (2016) เก็บข้อมูลผลผลิตในพื้นที่ 2 ตารางเมตร/หน่วยการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ น้ำหนักสด (ก.) โดยชั่งน้ำหนักสดต้น ใบ และราก น้ำหนักแห้ง (ก.) ชั่งน้ำหนักแห้งต้น ใบและราก ภายหลังการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 72 ชั่วโมง จนมวลแห้งคงที่ วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญของผลผลิตเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 Triterpenes 4 ชนิด ได้แก่ Madecassoside, Asiaticoside, Madecassic acid และ Asiatic acid ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ปรับจากขั้นตอนการวิเคราะห์ของ Alqahtani *et al.,* (2011) และสารพิษตกค้าง ทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. Organochlorine group 2. Organophosphate group 3. Pyrethroid group และ 4. Carbamate group โลหะหนัก ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) วิเคราะห์โดย บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

เวลาและสถานที่การทดลอง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงตุลาคม พ.ศ. 2564 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหาร ต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของบัวบกช่วงเวลาเติบโตสูงสุดก่อนการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 1 อายุ 60 วัน พบว่า กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ส่งผลต่อเจริญเติบโตของบัวบกจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น มีแนวโน้มสูงสุด ที่ 12.22 ใบ จำนวนไหลต่อต้น 2.67 ไหล มีแนนโน้มสูงสุด จำนวนต้นต่อไหล 2.46 ต้น แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 ในสารละลายธาตุอาหารชนิดเดียวกัน มี 1.72 ต้น ความยาวไหล สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก เพอร์ไลท์ (Perlite): เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) 2:1 มีความยาวไหลแนวโน้มสูงสุด 34.43 เซนติเมตร รองลงมาคือสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก เพอร์ไลท์ (Perlite): เวอร์มิคูไลท์

(Vermiculite) 2:1 มีความยาวไหล 34.35 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 มีความยาวไหล 34.21 เซนติเมตร โดยมีความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยหลัก และปัจจัยรองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1) ผลผลิตบัวบกโดยเก็บเกี่ยวรวม 2 ครั้ง พบว่ากรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 ส่งผลการเจริญเติบโตแนวโน้มสูงสุด ข้อมูลเฉลี่ยน้ำหนักสดรวมสูงสุด 2.10 กิโลกรัม/ตารางเมตร แตกต่างทางสถิติกับวัสดุปลูกทรายหยาบ: ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 และถ่านแกลบ: ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง (Table 2) ในด้านปริมาณสารสำคัญ พบว่ากรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 มีสาร Madecassoside 1.41 %DW และ Asiaticoside 1.69 %DW มีแนวโน้มสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 2)

ผลการเปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตบัวบกพบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 ส่งผลการเจริญเติบโตแนวโน้มสูงสุด รองลงมาคือสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution ร่วมกับวัสดุเพอร์ไลท์ (Perlite): เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) 2:1 ทั้งนี้เนื่องจากสูตรสารละลายธาตุสูตรการค้าเป็นสูตรสำหรับผักกินใบความเข้มข้นในส่วนของไนโตรเจนค่อนข้างสูงและเหมาะสมต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตทางใบและการเกิดจำนวนไหลต่อต้น จำนวนต้นต่อไหล ซึ่งสูตรสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution เป็นสูตรที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสตรอว์เบอร์รีในระบบไฮโดรโปรนิกส์ จึงส่งผลให้ความยาวไหลสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบผลผลิต และปริมาณสารสำคัญ พบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 มีแนวโน้มสูงสุด สอดคล้องกับการเจริญเติบโต ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าซึ่งเป็นสูตรที่มีการปรับสูตรที่เหมาะสมกับพืชผักกินใบ เช่น กวางตุ้ง และคะน้า และเมื่อพิจารณาจากสูตรสารละลายธาตุอาหารส่วนใหญ่อัตราส่วนของปุ๋ยไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ค่อนข้างสูงกว่าสูตรเปรียบเทียบอื่น ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืช เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะมีการเจริญเติบโตดี ใบมีสีเขียวเข้ม ซึ่งบัวบกผลผลิตที่ต้องการก็คือส่วนใบและลำต้น ถึงแม้ว่าสูตร Enshi จะมีสูตรสารละลายที่ใกล้เคียงกับสูตรการค้า ธาตุอาหารรองส่วนใหญ่ของสูตรการค้าสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด แต่สูตรสารละลายอื่นธาตุอาหารรองบางชนิดต้องใช้เป็นสารเคมีที่มีความจำเพาะหาซื้อตามท้องตลาดไม่ได้ และราคาค่อนข้างสูงโดยเฉพาะ Hoagland ราคาค่อนข้างสูง และพบปัญหาผลผลิตต่ำสุดเมื่อปลูกในวัสดุที่มีถ่านแกลบเป็นส่วนผสม เนื่องจากสูตรปุ๋ยในกลุ่มของธาตุอาหารรอง มี $MnCl_2$ ที่แตกต่างจากสูตรชนิดอื่น ๆ ซึ่งอาจจะส่งผลให้วัสดุปลูกเค็ม และทำปฏิกิริยากับถ่านแกลบส่งผลให้ที่มีความแปรปรวนของค่า pH สูง และค่า EC มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรสารละลายธาตุอาหารอื่น ๆ

การใช้วัสดุปลูก พบว่าวัสดุปลูกที่เหมาะสมคือทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 ทั้งนี้เนื่องจากทรายหยาบ ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุอาหารพืชและอายุการใช้งานนาน ถึงแม้จะมีปัญหาการอัดตัวแน่นเมื่อใช้เป็นเวลานาน แต่เมื่อผสมกับขุยมะพร้าวที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดีมาก สามารถระบายน้ำและอากาศ เพราะมีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 มิลลิเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การซาบ

ซึมน้ำ 0.15 เซนติเมตรต่อวินาที ความพรุนทั้งหมด 95.53 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดเล็กน้อย pH ประมาณ 6.2 (วันเพ็ญ, 2552) ส่งผลทำให้บัวบกดูดซึมสารละลายธาตุอาหารได้อย่างเหมาะสม

2. การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของบัวบกที่อายุ 8 สัปดาห์ พบว่ากรรมวิธีเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือ กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า ร่วมกับวัสดุปลูกทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 (กรรมวิธีทดสอบ) บัวบกมีการเจริญเติบโตทุกด้านมากกว่ากรรมวิธีเทคโนโลยีการผลิตบัวบกของเกษตรกร (กรรมวิธีของเกษตรกร) โดยมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น 11.32 ใบ และมีความยาวไหล 59.02 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีของเกษตรกร ซึ่งมีจำนวนใบ 9.37 ใบ และความยาวไหล 36.12 เซนติเมตร (Table 3) เก็บเกี่ยวผลผลิต รวม 2 ครั้ง กรรมวิธีทดสอบบัวบกให้ผลผลิตน้ำหนักสดรวม 2.49 กิโลกรัม/ตารางเมตร และน้ำหนักแห้งรวม 0.36 กิโลกรัม/ตารางเมตร มากกว่ากรรมวิธีของเกษตรกรซึ่งได้ผลผลิตน้ำหนักสดรวม 1.30 กิโลกรัม/ตารางเมตร และน้ำหนักแห้งรวม 0.19 กิโลกรัม/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ (Table 3) ซึ่งพบว่าการเจริญเติบโต และผลผลิตของกรรมวิธีทดสอบสูงกว่ากรรมวิธีเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินพร้อมให้สารละลายธาตุอาหารสูตรที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชทางใบ ใบมีขนาดค่อนข้างใหญ่และยืดยาวกว่าเทคโนโลยีการผลิตบัวบกของเกษตรกร ซึ่งในช่วงการผลิตเป็นช่วงฤดูฝน ทำให้การเจริญเติบโตของบัวบกภายในโรงเรือนและนอกโรงเรือนไม่แตกต่างกัน แต่พบโรคพืชเข้าทำลายค่อนข้างมากในกรรมวิธีการผลิตของเกษตรกรจนทำให้ผลผลิตได้น้อยกว่า

ปริมาณสารสำคัญของบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน โดยเฉพาะสาร Asiaticoside สูงถึง 2.05%DW และสาร Madecassoside 1.73%DW สูงกว่ากรรมวิธีเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร 0.45%DW และ 0.35%DW ทั้งนี้เนื่องจาก Asiaticoside และ Madecassoside เป็นสารประกอบประเภทไตรเทอร์พีนอยด์ไกลโคไซด์ ซึ่งพบอยู่ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นปริมาณการสร้างสารสำคัญของพืชจะขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ ที่พืชได้รับ (Murshidul *et al.,* 2004) การผลิตพืชโดยการใช้สารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม และปลูกในวัสดุปลูกที่พืชสามารถดูดซึมสารละลายธาตุอาหารไปใช้ได้เพียงพอ จึงทำให้พืชสามารถสร้างสารสำคัญให้สูงขึ้นได้ โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Siddiqui *et al.,* (2011) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักความเข้มข้น 50 % ปริมาตร 1 ลิตรร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำช่วยทำให้สารสำคัญในบัวบกที่ปลูกในประเทศมาเลเซีย ได้แก่ Asiaticoside, Madecassoside และ Asiatic acid ในส่วนของใบ ก้านใบและรากมีค่าสูงสุด ทั้งนี้น่าจะเกี่ยวข้องกับจุลธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมัก ซึ่งร่วมกับมหธาตุ ที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมีจึงทำให้บัวบกที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีมีสารสำคัญสูงที่สุด เช่นเดียวกับการใช้สารละลายธาตุอาหารที่ปริมาณมหธาตุ และจุลธาตุ เหมาะสมต่อการสร้างสารสำคัญ และการปลูกพืชในโรงเรือนสภาพแวดล้อมทั้งอุณหภูมิที่สูง การพรางแสงที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พืชเกิดสภาวะเครียด มีการลดอัตราการหายใจ การเพิ่มพื้นที่ใบ ปรับลักษณะ

สัณฐานวิทยาของใบส่วนใหญ่ให้มีขนาดใหญ่ และที่สำคัญมีการสร้างสารทุติยภูมิที่สำคัญไว้สำหรับในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะเครียดจากร่มเงา (นวรัตน์, 2558)

ผลการตรวจสอบของสารพิษตกค้าง และโลหะหนักในใบบัวบก พบว่าทั้งสองกรรมวิธี และแปลงเกษตรกร อ.บางเลน ไม่พบสารพิษตกค้างทั้ง 4 กลุ่ม (Table 4) เมื่อสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าในช่วงฤดูฝนจะพบปัญหาโรคพืชเข้าทำลายจึงใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชค่อนข้างมาก แต่จะพ่นก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7-10 วัน จึงทำให้เป็นสาเหตุของการนำไปตรวจวิเคราะห์ไม่พบสารพิษตกค้าง และผลตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในใบบัวบก พบว่ากรรมวิธีของเกษตรกร มีปริมาณของเหล็กค่อนข้างสูง คือ 132 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกินมาตรฐาน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มาตรฐานของ Thai Herbal Pharmacopoeia, Vol1-2 (ชำนาญ และคณะ, 2548) และตะกั่วที่ค่า 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกินมาตรฐาน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2563) และเมื่อนำผลผลิตบัวบกของแปลงเกษตรกร อ.บางเลน ตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักพบว่ามีปริมาณไม่เกินมาตรฐาน (Table 5) แต่พบว่างานวิจัย บุษบา และคณะ (2563) แปลงเกษตรกร อ. บางเลน มีปริมาณโลหะหนักในดินที่มีค่าค่อนข้างสูงคือ มีปริมาณตะกั่ว 21.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคดเมียม 0.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณสารหนู 7.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน เปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการผลิตบัวบกของเกษตรกร

วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเทคโนโลยีโดยนำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 5 ปี พบว่า ทั้งสองเทคโนโลยีมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ โดยจากการคำนวณค่า NPV ที่ได้มีค่ามากกว่า 0 ค่าอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน B/C Ratio ที่ได้มีค่ามากกว่า 1 มีความเป็นไปได้และให้ผลตอบแทนทางการเงินที่คุ้มค่าต่อการลงทุน และค่า IRR ผลตอบแทนภายในของการประกอบการภายในมีค่ามากกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำของธนาคารพาณิชย์ โดยกำหนดอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำของธนาคารพาณิชย์ ไว้ที่ร้อยละ 7.0 (Table 6) เป็นไปตามหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ทุกประการ (บัณฑิตพงษ์ และคณะ, 2560) แต่ระยะเวลาคืนทุนการผลิตตามเทคโนโลยีของเกษตรกรสามารถคืนทุนประมาณ 1 ปี 5 เดือน เร็วกว่าเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินในพื้นที่ 1 ไร่ จำนวน 8 โรงเรือน โรงเรือนขนาด 8x20 เมตร พื้นที่ให้ผลผลิต 96 ตารางเมตรต่อโรงเรือน สามารถคืนทุน 3 ปี 3 เดือน เนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวมีแหล่งทุนคงที่ในการสร้างโรงเรือนค่อนข้างสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบกระแสเงินสดสุทธิในปีที่ 3 พบว่าเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินมีกระแสเงินสดสุทธิสูงกว่าการผลิตตามเทคโนโลยีของเกษตรกรมากกว่า 13 เท่า เนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพสูงขึ้นทำให้สามารถขายวัตถุดิบสมุนไพรแห้งเพื่อนำไปสู่การสกัดสารมาตรฐานบัวบกได้ในราคาสูง แต่การผลิตของเกษตรกรไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการผลิตได้จึงทำให้ผลผลิตตลอดปีไม่สามารถควบคุมให้มีจำนวนเท่ากันและสูงขึ้นได้ และปัญหาสารพิษตกค้างจึงไม่สามารถขายเป็นวัตถุดิบสมุนไพรแห้งเพื่อนำไปสู่การสกัดสารมาตรฐานบัวบกได้

สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน ภายใต้สภาพโรงเรือนแบบระบบกึ่งปิด ในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ย 32.14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 54.73 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มแสงเฉลี่ย 286.50 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที พบว่าการผลิตบัวบกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 ส่งผลการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside มีแนวโน้มสูงสุด และเมื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร พบว่าการผลิตบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน บัวบกมีการเจริญเติบโตแนวโน้มสูงกว่าเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร ในด้านผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside สูงกว่ากรรมวิธีเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ และทั้งสองกรรมวิธีไม่พบสารพิษตกค้าง แต่เทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกรพบปริมาณโลหะหนักเหล็กและตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจระยะเวลา 5 ปี พบว่าทั้งสองเทคโนโลยีมีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ แต่เทคโนโลยีของเกษตรกรสามารถใชระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี 5 เดือน เร็วกว่าเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินที่ใช้ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกระแสเงินสดสุทธิ พบว่าเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินมีกระแสเงินสดสุทธิสูงกว่าการผลิตตามเทคโนโลยีของเกษตรกรมากกว่า 13 เท่าในปีที่ 3

การนำไปใช้ประโยชน์

กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่บัวบกในจังหวัดนครปฐมสามารถนำเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพจากการผลิตในโรงเรือนด้วยระบบปลูกแบบไม่ใช้ดิน และกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกพืชในโรงเรือนด้วยระบบไม่ใช้ดินเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการผลิตบัวบกให้ปลอดจากสารพิษตกค้าง และโลหะหนัก รวมทั้งส่งผลให้บัวบกมีการเจริญเติบโตให้ผลผลิตเร็ว มีปริมาณสารสำคัญและผลผลิตสูง ตรงตามมาตรฐานของพืชสมุนไพร และพัฒนาแปรรูปบัวบกแห้งเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรมการผลิตสารสกัดมาตรฐาน ทดแทนการปลูกบัวบกในพื้นที่ธรรมชาติทั่วไปที่ขายแบบพืชผักกินใบ

คำขอบคุณ

ได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร รวมทั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยในการให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางดำเนินงานและแก้ไขปัญหาตลอดจนเจ้าหน้าที่ พนักงานราชการที่มีส่วนเกี่ยวข้องช่วยเหลือทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จำนงค์ อุทัยบุตร และโสระยา ร่วมรังษี. 2556. การปลูกสตรอเบอรี่ในระบบไฮโดรโพนิกส์.

ชำนาญ ภัตรพานิช และสุวรรณา เหลืองชลธาร. 2548. การศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานของสมุนไพรบัวบก และสิ่งสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางยา. รายงานการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นาและเครื่องสำอางที่มีมาตรฐานจากสมุนไพรบัวบกสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2546-2548.

นวรัตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 237 หน้า.

บุษบา รู้น้อม, นัทฐา ทักษ์รัตนศรัณย์, ฐนชนก คำขจร, ศิริวรรณ แดงภักดี และสุธี ภู่อร่าม.2563. ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของบัวบกตามมาตรฐานเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ในพื้นที่จังหวัดนครปฐม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนวย,ศราวุธ ราชมณี, ศิสิวิมล พราหมณี, กนกภรณ์ อ่วมพราหมณ์. 2560. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลิตภัณฑ์จากกล้วยหอมทอง. การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยศิลปวัฒนธรรม ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2563. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 118 ง วันที่ 20 พฤษภาคม 25. หน้า 18.

วันเพ็ญ สุขการณ์. 2552. สูตรสารละลายและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแคนตาลูปโดยไม่ใช้ดินในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขา วิทยาศาสตร์การเกษตร (พืชศาสตร์). มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ.

เอกรินทร์ สายฟ้า มยุรี ตันติสิริระ บุญยงค์ ตันติสิริระ ชำนาญ ภัตรพานิช รุทธ์ สุทธิศรี และสุวรรณา เหลืองชลธาร. 2548. การวิจัยและพัฒนาสารสกัดมาตรฐานบัวบก อีซีเอ 233 : จากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ. รายงานการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นาและเครื่องสำอางที่มีมาตรฐานจากสมุนไพรบัวบกสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2546-2548.

Alqahtani A., Tongkao-on W., Li K.M., Razmovski-Naumovski V., Chana K. and Lia G.Q. 2014. Seasonal variation of triterpenes and phenolic compounds in australian Centella asiatica (L.) Urb. Phytochem. Anal. 26:436–443.

Murshidul, H., Ajwa, H., and Mou, B. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on nutritional composition of lettuce. 101st Annual international conference of the American society for Horticultural Science, Austin, Texus. Horticultural Science 39(4): 872.

Rahajanirina V., Faramalala M. H., Roger E., Zebrowski C., Leong Pock TSY J. M. and Danthu P. 2016. Effects of harvest frequency on leaf biomass and triterpenoid content of *Centella asiatica* (L.) Urb from Madagascar. Journal of Medical and Biological Science Research Vol. 2 (1): pp. 18.

Siddiqui, Y., Islam, T.M., Naidu, Y., and Meon, S. 2011. “The Conjunctive Use of Compost Tea and Inorganic Fertilizer on the Growth, Yield and Terpenoid Content of Centella asiatica (L.) Urban”. Scientia Horticulturae 130: 289-295.

Srithongkul, J., S. Kanlayanarat, V.Srilaong, A. Uthairatanakij and P. Chalermglin. 2011. Effects of light intensity on growth and accumulation of triterpenoids in three accessions of Asiatic pennywort (*Centella asiatica* (L.) Urb.). Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.9 (1): 360-363.

Table 1 Growth of *Centella asiatica* at 60 days after planting when using different nutrient solutions and different planting media at Sukhothai Horticultural Research Center during summer season in 2021

TREATMENT (T)	FERTILIZER (F)											
	Enshi				Hoagland				Commercial			
	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon[1/]	The length of stolon (cm.)	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon	The length of stolon (cm.)	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon[1/]	The length of stolon (cm.)
T1	9.74	2.19	1.93ab	30.27a	9.00	2.33	1.88ab	30.54a	8.21	2.41	1.72b	28.59
T2	9.94	2.27	2.37a	30.80a	9.44	2.25	2.32a	34.11a	**12.22**	**2.67**	**2.46a**	34.21
T3	8.75	2.41	1.70b	22.63b	8.45	2.08	1.37b	19.62b	10.24	2.51	2.23ab	29.31
T4	8.97	2.14	2.34a	33.00a	10.14	1.91	2.40a	**34.43a**	12.05	2.34	2.25ab	**34.35**
F-MEAN	9.35	2.25	2.08	29.18	9.26	2.14	1.99	29.67	10.68	2.48	2.16	31.61

The leaf number /plant cv (a) = 32.1%; cv (b) = 17.0%; The stolon number /plant cv (a) = 33.9%; cv (b) = 19.7%;

The plant number / stolon cv (a) = 44.2%; cv (b) = 27.2%; The length of stolon cv (a) = 15.8%; cv (b) = 27.5%

[1/] In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Note: T1; Coarse sand: Rice husk charcoal, ratio 1:1

T2; Coarse sand: Coconut coir ratio 1:1

T3; Rice husk charcoal: Coconut coir ratio 1:1

T4; Perlite: Vermiculite ratio 2:1

Table 2 Total fresh weight (kg/rai) and triterpenes content (%DW) of 4 types of *Centella asiatica* at the second harvest when different nutrient solution formulations were used with different planting media at Sukhothai Horticultural Research Center during summer season in 2021

TREATMENT (T)	FERTILIZER (F)														
	Enshi					Hoagland					Commercial				
	Total fresh weight (kg/m^2)	Madecassoside	Asiaticoside	Madecassic acid	Asiatic acid	Total fresh weight (kg/m^2)[1/]	Madecassoside	Asiaticoside	Madecassic acid	Asiatic acid	Total fresh weight (kg/m^2)	Madecassoside	Asiaticoside	Madecassic acid	Asiatic acid
T1	1.09	0.98	1.35	0.28	0.20	0.75b	0.90	1.04	0.13	0.11	1.90	0.65	0.78	**0.42**	**0.24**
T2	1.35	1.09	1.51	0.14	0.10	1.89a	1.28	1.28	0.11	0.08	**2.10**	**1.41**	**1.69**	0.35	0.21
T3	1.16	0.84	0.99	0.11	0.09	0.74b	0.93	0.95	0.36	0.21	1.88	1.33	1.12	0.35	0.16
T4	1.50	1.26	1.58	0.11	0.08	1.54a	1.10	1.18	0.14	0.09	2.09	1.22	1.13	0.24	0.14

Yield C.V. (a) = 15.0%; C.V. (b) = 26.4%

[1/] In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Note: T1; Coarse sand: Rice husk charcoal, ratio 1:1

T2; Coarse sand: Coconut coir ratio 1:1

T3; Rice husk charcoal: Coconut coir ratio 1:1

T4; Perlite: Vermiculite ratio 2:1

Table 3 Growth and yield of *Centella asiatica* at 60 days after planting compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021

TREATMENT (T)	Growth of *Centella asiatica*				Yield	
	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon	The length of stolon (cm.)	Total dry weight (kg/ m^2)	Total fresh weight (kg/m^2)
T1	11.32	2.49	2.64	59.02	0.36	2.49
T2	9.37	2.46	2.45	36.12	0.19	1.30
T-test	*	ns	ns	*	*	*

Table 4 Triterpenes content (%DW) of 4 types of *Centella asiatica* at the second harvest compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021

TREATMENT (T)	Madecassoside	Asiaticoside	Madecassic acid	Asiatic acid
T1	1.73	2.05	0.71	0.32
T2	0.35	0.45	0.47	0.23
T-test	*	*	*	ns
Farmer plot [1/]	0.44	0.35	0.67	0.42

Table 5 Pesticide residues and heavy metals of *Centella asiatica* at the second harvest compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021

TREATMENT (T)	Pesticide residues 4 group	Iron (mg/kg)	Lead (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Mercury (mg/kg)
T1	Not Detected	15	< 0.050	0.036	< 0.018	Not Detected
T2	Not Detected	132	0.13	0.67	0.085	< 0.018
Farmer plot [1/]	Not Detected	28.2	< 0.050	0.057	0.025	< 0.018

T1: The production technology under greenhouse conditions in a soilless system

T2: The production technology of farmers

[1/] Farmers plot, Bang Len District, Nakhon Pathom Province

Table 6 Comparison of the economic value of *Centella asiatica* production technology for a period of 5 years

TREATMENT (T)	Total fresh weight (kg/rai/year)	Total dry weight (kg/rai/year)	Fixed Cost (baht/rai)	Variable Cost (baht/rai)	Income (baht/rai)	Net Income 1 year (baht/rai)	Net Present Value; NPV (baht)	Internal Rate of Return; IRR (%)	Benefit Cost Ratio; B/C Ratio	Payback Period	Net Cash Flow 3 years (baht)
T1	17,242	2,500	2,176,000	416,000	1,250,000	-1,342,000	556,277.33	29.70	1.13	3 years 3 months	2,066,800
T2	7,800	1,200	71,330	101,780	156,000	-17,110	117,291.63	267.96	1.25	1 years 3 months	146,420
Farmer plot [2/]	6,000	-	65,000	75,330	120,000	-20,330	82,867.43	169.73	1.22	1 years 5 months	115,010

T1: The production technology under greenhouse conditions in a soilless system

T2: The production technology of farmers

[2/] Farmers interviewed in Bang Len District, Nakhon Pathom Province (2021)

Note; T1; The income is the sale of dried medicinal raw materials for the extraction of standard *Centella asiatica*. Price is 500 baht/ kg

T2, Farmer plot; The income is the sale of fresh vegetables. Price is 20 baht/ kg

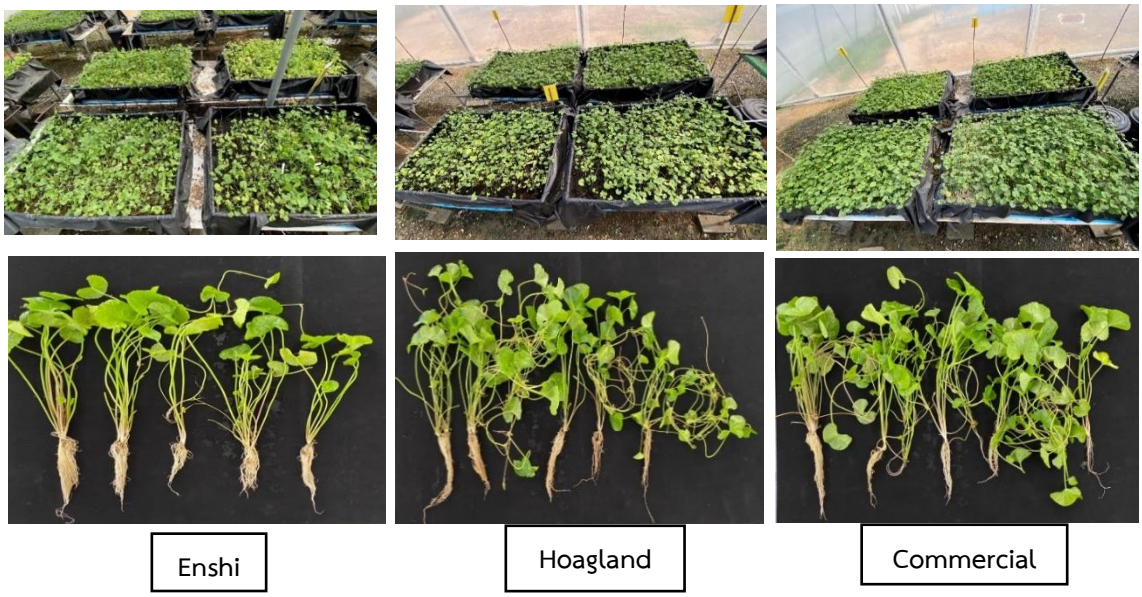


Figure 1 Growth of *Centella asiatica* at 60 days after planting when using different nutrient solutions and different planting media at Sukhothai Horticultural Research Center during summer season in 2021

Figure 2 Growth of *Centella asiatica* 60 days after planting compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021

T1: The production technology under greenhouse conditions in a soilless system

T2: The production technology of farmers

การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากหอมแดงและการขยายผลสู่เชิงพาณิชย์

Production of α-glucosidase inhibitors from shallots using encapsulation techniques and extension of the technology toward commercialization.

ปาริชาติ อยู่แพทย์[1] วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร[1] และ สุรีย์รัตน์ รักเหลือ[1]

Parichart Yoopaet[1] Wimonwan Wattanawichit[1] and Sureerat Rukluarh[1]

บทคัดย่อ

สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในลำไส้เล็กและช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดจากการรับประทานอาหารจำพวกแป้ง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการหาสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากพืชของประเทศไทยที่มีสารฟลาโวนอยด์สูง นั่นคือ หอมแดง เพื่อใช้ทดแทนยารักษาโรคเบาหวานสังเคราะห์ในอนาคต ทำการสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากหอมแดง ด้วยตัวทำละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 60% อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:40 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผลจากการวิเคราะห์%inhibition เอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส ในระดับหลอดทดลอง พบว่า สารสกัดจากหอมแดงมี %inhibition เท่ากับ 43.02% นำสารสกัดไปเอนแคปซูเลชันด้วยเวย์โปรตีนไอโซเลท (11% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และใช้การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการเอนแคปซูเลทที่เหมาะสมที่สุด โดยเอนแคปซูเลทที่ได้จะมี %inhibition เท่ากับ 41.32% และมีความเสถียรที่สภาวะการให้ความร้อนระบบพาสเจอไรซ์แบบให้ความร้อนต่ำเวลานาน ระบบพาสเจอไรซ์แบบให้ความร้อนสูงเวลาสั้น และระบบยูเอชที ศึกษาสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมเป็นเวลา 10 เดือน พบว่า การเก็บเอนแคปซูเลทสารสกัดหอมแดงที่อุณหภูมิ 4°C ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นสภาวะที่เหมาะสมโดยทำให้ %inhibition ลดจากเดือนที่ 0 เพียง 1.38% นอกจากนี้เอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากหอมแดงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตในรูปแบบแคปซูลเพื่อเป็นอาหารเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสู่กลุ่มวิสาหกิจการเกษตร ศรีสะเกษแฟร์เทรดเพื่อจำหน่ายในระดับเชิงพาณิชย์ ผลจากการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ในระดับโรงงาน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการ โดย 1 แคปซูลมีสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูซิเดส 500 มิลลิกรัม มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสเฉลี่ย 39.2% ต้นทุนการผลิตเม็ดละ 0.375 บาท

คำสำคัญ: สารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส, เอนแคปซูเลชั่น, หอมแดง, การทำแห้งแบบพ่นฝอย

---

1 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

1 Postharvest and Processing Research and Development Division

Abstract

α-glucosidase inhibitors are most widely used to inhibit intestinal α-glucosidase activity which convert carbohydrates to monosaccharide and slow down the elevation of blood glucose level after starchy food uptake. This study aimed to discover potential sources of natural α-glucosidase inhibitors from flavonoid rich-plants in Thailand which was shallot for replacing synthetic medicines. The shallot was extracted by ethanol 60% with the ratio of dried shallot and ethanol solution was 1:40. The results indicated that shallot extract had the in-vitro α-glucosidase inhibitory activity of 43.02%. After that, shallot extract was encapsulated using whey protein isolate (11%w/v) as coating material and the study revealed that spray-drying was the most effective encapsulation technique. The encapsulated α-glucosidase inhibitor produced by spray-drying showed 41.32% of inhibition. Additionally, it was stable at various thermal processing conditions, pasteurization (low temperature long time and high temperature short time) and UHT. After ten months of storage, it was determined that the encapsulated α-glucosidase inhibitor was suited stored in aluminum foil bags and the optimal temperature of storage was 4°C with only 1.38% reduction of inhibitory activity. Finally, the encapsulated α-glucosidase inhibitor could be applied as the food supplement and the production technology was transferred to the community enterprises, Sisaket fair trade, in Sisaket province for creating the agribusiness. The product from OEM had almost the same qualities compared to producing in the laboratory. Encapsulated α-glucosidase inhibitors 1 capsule had 500 mg. and there was 39.2% inhibition. The cost of production was 0.375 Baht.

Keywords: α-glucosidase inhibitors, encapsulation, shallots, spray-drying.

คำนำ

เอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ที่อยู่บริเวณผนังเซลล์ของลำไส้เล็ก ทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลโพลีแซคคาไรด์เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเพื่อไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เมื่อน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดตับอ่อนจะหลั่งฮอร์โมนอินซูลินเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด หากมีการรับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตมากจะส่งผลให้ร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง ร่างกายไม่สามารถผลิตฮอร์โมนอินซูลินเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างเพียงพอ น้ำตาลก็ไม่ถูกนำไปใช้ ทำให้เกิดการคั่งของน้ำตาลในเลือดและอวัยวะต่าง ๆ จึงทำให้เกิดโรคเบาหวาน (ไตรวุฒิ และอุทัยวรรณ, 2556) ปัจจุบันจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยคาดว่าจะเพิ่มขึ้นถึง 529 ล้านคนในปีค.ศ.2035 (Guariguata et al., 2014) สาเหตุสำคัญของการ

เกิดโรคเบาหวาน คือ การบริโภคน้ำตาลในปริมาณที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดการเสียสมดุลของการใช้น้ำตาลในเลือด สำหรับแนวทางการรักษาโรคเบาหวาน คือ การใช้ยารับประทานและการฉีดอินซูลิน ซึ่งจะทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส แม้ว่าปัจจุบันจะมีการสังเคราะห์สารชนิดนี้ได้ แต่ก็มีผลในเชิงลบต่อตับและระบบทางเดินอาหาร จึงมีงานวิจัยที่สกัดสารที่มีคุณสมบัติยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากแหล่งอาหารธรรมชาติหลายชนิดที่สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่มีผลกระทบข้างเคียงต่อร่างกายมนุษย์ โดยสารสกัดจากธรรมชาติที่สำคัญ คือ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Coman, 2012) ซึ่งมีคุณสมบัติควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและการรับประทานสารกลุ่มนี้เป็นประจำสามารถลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเบาหวานได้ ปัจจุบันมีงานวิจัยที่ใช้สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือดทั้งในมนุษย์และสัตว์ทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่มีผลข้างเคียง (Ahmed et al., 2010) สารกลุ่มฟลาโวนอยด์สามารถพบได้เฉพาะในพืชเท่านั้น ซึ่งการสกัดฟลาโวนอยด์จากพืชจึงเป็นทางเลือกเพื่อใช้รักษาและป้องกันโรคเบาหวานได้ แต่ปัญหาของการนำสารกลุ่มนี้มาใช้ คือ ความไม่คงตัวของสารและเสื่อมสลายได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศ แสงแดดหรือความร้อน ทำให้ประสบกับปัญหาในการนำมาใช้งาน แต่สามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคโนโลยีไมโครเอนแคปซูเลชัน ซึ่งเป็นการห่อหุ้มสารสกัดด้วยโพลิเมอร์ชั้นบาง ๆ ลักษณะเป็นแคปซูลขนาดเล็กระดับไมครอน ช่วยให้สารสกัดมีความเสถียรในการนำไปใช้ และยังช่วยลดความสิ้นเปลืองในการใช้สารสกัด โดยทั่วไปการเอนแคปซูเลทประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นแรกคือการทำให้เกิดอิมัลชันของสารแกนกลางและสารเคลือบ ขั้นที่สอง เป็นการอบแห้งหรือทำให้อิมัลชันเย็นตัวลง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นคุณประโยชน์ของการสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากพืชของประเทศไทยที่มีสารฟลาโวนอยด์สูง นิยมนำมาบริโภค ราคาไม่แพงและสามารถเพาะปลูกในประเทศได้ตลอดทั้งปี โดยคัดเลือกสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่สำคัญ นั่นคือ เควอซิทินจากหอมแดง ซึ่ง Poblocka-Olech et al. (2016) รายงานว่าหอมแดงจะพบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในความเข้มข้นสูง ทั้งนี้การใช้เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันเพื่อรักษาประสิทธิภาพของสารสกัดและศึกษาการผลิตในรูปแบบแคปซูล เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลเกษตรของไทย ยกระดับมาตรฐานการผลิตวัตถุดิบเพื่อเป็นอาหารสุขภาพและจัดทำโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อขยายผลเทคโนโลยีการผลิตสู่ผู้ประกอบการ ทำให้เกิดธุรกิจจากผลิตผลทางการเกษตรของไทย สร้างรายได้ให้แก่ชุมชนและประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. หอมแดง
2. เอทิลแอลกอฮอล์ เกรดงานวิเคราะห์ ยี่ห้อ แล็บสแกน
3. เอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส บริษัท ซิกมา-อัลดริช คอร์ปอเรชั่น
4. ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (DMSO) ยี่ห้อง บี.ดี.เอช.-โปรลาโบร ประเทศอังกฤษ

5. พารา-ไนโตรฟีนิล-แอลฟ่า-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ บริษัท ซิกมา-อัลดริช คอร์ปอเรชั่น

6. ยา Acarbose ยี่ห้อ Carbosynth ประเทศสหรัฐอเมริกา

7. โซเดียมคาร์บอเนต ยี่ห้อ เมอร์ค ประเทศเยอรมนี

8. เวย์โปรตีนไอโซเลท 90 บริษัท Milkspecialty

9. เครื่องยูวีวิซิเบิลแอบซอบแบนซ์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ไมโครเพลท รีดเดอร์

10. เครื่องระเหยแบบลดความดันภายใต้สุญญากาศ ยี่ห้อ Buchi รุ่น R-100 บริษัทบูชิ จำกัด

11. เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ยี่ห้อ Labplant รุ่น SD-06AG

12. เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ยี่ห้อ Genesis

วิธีการ

1. ศึกษาปริมาณสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในหอมแดง

1.1 สกัดเควอซิทินจากหอมแดงผง ดัดแปลงวิธีของ Nistor Baldea *et al*. (2010)

1) เตรียมหอมแดงผงอบแห้งดังนี้ ล้างหอมแดงสดด้วยน้ำสะอาด หั่นเป็นชิ้นความหนา 1.0±0.5 มิลลิเมตร อบด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60°C 18 ชั่วโมง นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงความละเอียด 80 เมช

2) สกัดสารจากหอมแดงผง ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์60% อัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย เท่ากับ 1:40 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C แช่ไว้ 8 ชั่วโมง กรองสารละลาย นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดันภายใต้สุญญากาศ นำส่วนสกัดหยาบที่ได้ไปวัดค่าคุณภาพ ได้แก่ ร้อยละผลผลิต ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเควอซิทิน

1.2 ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในระดับหลอดทดลองของสารสกัดจากหอมแดง ตามวิธีของ Lebowitz *et al*. (1998) ดังนี้

1) ชั่งสารสกัด 500 มิลลิกรัม ละลายในไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (DMSO) 10 มิลลิลิตร ได้สารละลายเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นดูดสารละลายด้วยไมโครปิเปตปริมาตร 1.25, 2.5 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยไดเมทิลซัลฟอกไซด์จนครบ 10 มิลลิลิตร ได้สารละลายความเข้มข้น 6.25, 12.5 และ25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

2) ปิเปตสารตัวอย่าง 10 ไมโครลิตรลงในไมโครเพลท ใส่เอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส 1 หน่วยต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 40 ไมโครลิตร ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยา 10 นาทีที่ 37°C เติมสารละลายพารา-ไนโตรฟีนิล-แอลฟ่า-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ 50 ไมโครลิตร ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 37°C หยุดปฏิกิริยาด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวีวิซิเบิลแอบซอบแบนซ์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ไมโครเพลท รีดเดอร์โดยใช้ DMSO เป็นแบลงค์ จากนั้นเติมสารละลายชนิดเดียวกันลงไปเหมือนกับการทดลองข้างต้นเพื่อคำนวณหา %inhibition ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง %inhibition สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\%\text{inhibition} = \left(\frac{A_{blank} - A_{Sample}}{A_{blank}}\right) \times 100$$

A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ไม่มีสารตัวอย่าง

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

เปรียบเทียบ %inhibition เอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากสารสกัดหอมแดงกับ Acarbose ด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Independent two sample t-test และนำไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสต่อไป

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส

2.1 ผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส

นำสารสกัดหอมแดงมาเคลือบด้วยเวย์โปรตีนไอโซเลท (11% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) อัตราส่วนระหว่างสารสกัดและสารเคลือบเท่ากับ 1:5 ศึกษาวิธีเอนแคปซูเลทชัน 2 วิธี คือ การเอนแคปซูเลชั่นด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40°C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง และวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องให้มีอัตราการป้อนอยู่ในช่วง 485-695 มิลลิลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิลมขาออก 80-85°C ขนาดหัวเข็ม 1.0 มิลลิเมตร นำเอนแคปซูเลทที่ได้ไปศึกษารูปร่างและขนาดของอนุภาคด้วยเทคนิค SEM

2.2 เปรียบเทียบความเสถียรของเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสที่สภาวะการให้ความร้อนต่าง ๆ กับสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน โดยวัด %inhibition ดังนี้

1) ไม่ผ่านการให้ความร้อน

2) ฆ่าเชื้อด้วยระบบพาสเจอไรซ์แบบให้ความร้อนต่ำเวลานาน อุณหภูมิ63±2°C เวลา 30 นาที

3) ฆ่าเชื้อด้วยระบบพาสเจอไรซ์แบบให้ความร้อนสูงเวลาสั้น อุณหภูมิ85±2°C เวลา 15 วินาที

4) ฆ่าเชื้อด้วยระบบยูเอชที อุณหภูมิ138±1°C เวลา 3 วินาที

5) อบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ อุณหภูมิ250±1°C เวลา 30 นาที

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำการทดลองและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple’s range test คัดเลือกเอนแคปซูเลทที่มีประสิทธิภาพยับยั้งสูงสุด

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส

เก็บรักษาเอนแคปซูเลทในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง (30±3°C) และอุณหภูมิ 4°C นำมาศึกษา %inhibition โดยไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนและผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่สภาวะต่าง ๆ เช่นเดียวกับข้อ 2.2 สุ่มตัวอย่างทุก 1 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple’s range test

4. ศึกษาการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในรูปแบบแคปซูล

นำเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสไปผลิตในรูปแบบแคปซูลและศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ คุณภาพทาง กายภาพ เคมี อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และคำนวณต้นทุนในการผลิตจากราคาของวัตถุดิบ ค่าภาชนะบรรจุ และค่าดำเนินการผลิต

5. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

5.1 จัดอบรมภาคปฏิบัติให้แก่กลุ่มวิสาหกิจการเกษตร ศรีสะเกษแฟร์เทรด จังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้กระบวนการปฏิบัติแบบมีส่วนร่วม ผู้เข้าร่วมอบรมได้ลงมือปฏิบัติจริงกับเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนการสกัด การสกัดสารออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส การเอนแคปซูเลชัน การตรวจสอบค่าคุณภาพผลิตภัณฑ์ การบรรจุแคปซูล การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

5.2 จัดหาสถานที่ผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ให้แก่ผู้เข้าร่วมอบรม

ระยะเวลาดำเนินการปี 2561 – 2564

สถานที่ดำเนินการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
กลุ่มวิสาหกิจศรีสะเกษแฟร์เทรด ตำบลละทาย อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาปริมาณสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในหอมแดง

ผลการศึกษาค่าคุณภาพของสารสกัดหอมแดงแสดงดัง Table 1 มีรายละเอียดดังนี้

1.1 สกัดสารเควอซิทิน (Quercetin) จากหอมแดงผง ค่าคุณภาพ พบว่า มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 64.50 สารสกัดมีสีน้ำตาล (L^*=25.77±0.22, a^*=6.54±0.43, b^*= -6.57±0.32) มีสภาพเป็นกรดอ่อน (pH=5.09) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 215.8±0.015 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิตินต่อกรัมของส่วนสกัด

1.2 ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสของสารสกัดที่ได้จากหอมแดง

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสของสารสกัดหอมแดงเปรียบเทียบกับ Acarbose (Figure 1) พบว่า สกัดหอมแดงมี %inhibition เท่ากับ 43.02% ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) เมื่อเปรียบเทียบกับ Acarbose พบว่า สารสกัดหอมแดงมี %inhibition น้อยกว่าที่ความเข้มข้นเท่ากัน โดย Acarbose มี %inhibition เท่ากับ 100 เนื่องจากสารสกัดที่ใช้เป็นสารสกัดหยาบ ซึ่งมีส่วนผสมของสารหลายชนิดทำให้ประสิทธิภาพหรือฤทธิ์ที่แสดงต่อน้ำหนักค่อนข้างต่ำ หากมีการศึกษาต่อเนื่องโดยแยกส่วนสกัดต่าง ๆ ให้บริสุทธิ์มากขึ้นก็จะทำให้ได้สารที่มีฤทธิ์ต่อน้ำหนักสูงขึ้นได้ ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจากหอมแดงมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาต่อเพื่อใช้ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสต่อไป

Table 1 Physical and chemical properties of shallot crude extract.

Parameters	Shallot crude extract
%Yield	64.50
Color	
L*	25.77±0.22
a*	6.54±0.43
b*	-6.57±0.32
Moisture content (g/100g weight of dry matter)	-
pH	5.09
Total flavonoid content (mg quercetin equivalents/g)	215.8±0.015

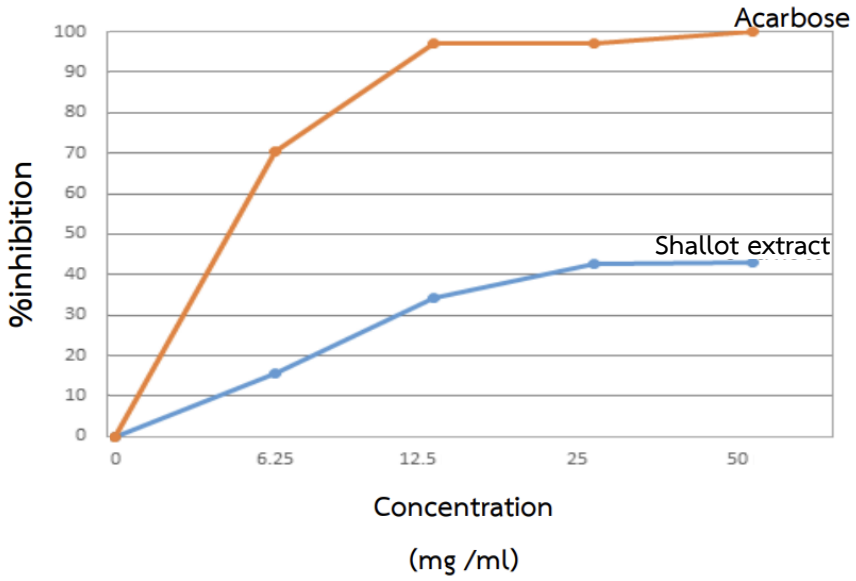


Figure 1 Inhibitory activity of α-glucosidase inhibitors from shallot extract compared to Acarbose

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส

2.1 ผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส

ผลการศึกษาการผลิตเอนแคปซูเลทโดยใช้วิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและแบบพ่นฝอย พบว่า อิมัลชันของผสมระหว่างสารสกัดหอมแดงและเวย์โปรตีนไอโซเลทมีการกระจายตัวเข้ากันดี (Figure 2)

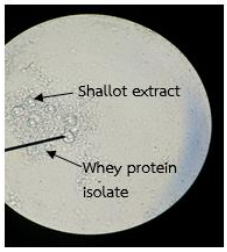


Figure 2 Light microscope image illustrates the shallot extract and whey protein isolate emulsion (Liquid state).

ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของเอนแคปซูเลทโดยใช้วิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Figure 3) เมื่อพิจารณาลักษณะภายนอก เป็นเกล็ดแผ่นบาง สีขาวอมเหลือง เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 500x พบว่า อนุภาคมีหลายรูปทรง (irregular shape) มีรูปทรงเหลี่ยมและลักษณะเป็นผลึก (crystallization) บางผลึกมีสารมาเกาะและมีรูพรุน (porosity) ขณะที่บางผลึกเป็นแผ่นเรียบไม่มีสารมาเกาะ พิจารณาขนาดอนุภาค พบว่า มีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย 50 ไมครอน

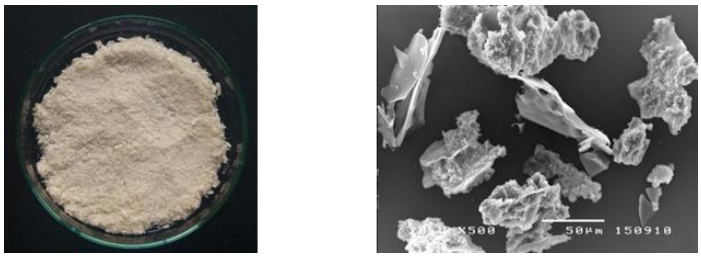


Figure 3 Scanning Electron Microscope image (500x) of encapsulated shallot extract produced by freeze drying technique.

ผลการศึกษารูปร่าง และขนาดของเอนแคปซูเลทโดยใช้วิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย (Figure 4) พบว่า เมื่อพิจารณาลักษณะภายนอก มีสีขาว รูปร่างเป็นผงละเอียด นำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย2000x พบว่า อนุภาคเป็นรูปทรงกลม (spherical shape) ผิวเรียบและหดตัวเหี่ยวย่น (smooth and shrinkage surface) มีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย 10 ไมครอน

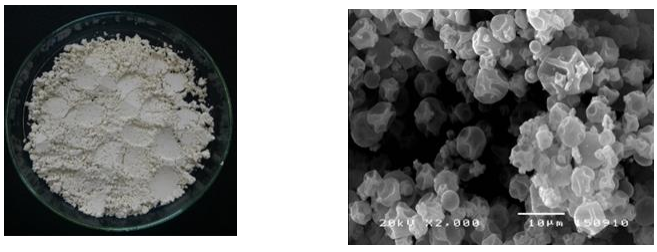


Figure 4 Scanning Electron Microscope image (2000x) of encapsulated shallot extract produced by spray-drying technique.

ความหลากหลายของโครงสร้าง เช่น ขนาดของอนุภาคและลักษณะรูปทรงของเอนแคปซูเลทมีผลต่อความเสถียรของเอนแคปซูเลทและการปกป้องสารแกนภายในเอนแคปซูเลท โดยเอนแคปซูเลทที่มีรูพรุนจะสามารถปกป้องสารแกนภายในได้น้อยกว่าเอนแคปซูเลทที่มีผิวเรียบ (Baldwin et al., 2012) พื้นผิวและโครงสร้างของสารเคลือบที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำแห้งเป็นผลจากอัตราการทำแห้ง การให้ความร้อนไม่สม่ำเสมอทำให้พื้นผิวการไหลของของเหลว การขยายตัวของอากาศ และการระเหยของน้ำภายในอนุภาคไม่สม่ำเสมอ เกิดการหดตัวหรือรูพรุนของอนุภาค นอกจากนี้พื้นผิวด้านนอกของเอนแคปซูเลทที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีการยุบตัวนั้น เกิดจากการหดตัวของอนุภาคระหว่างการทำแห้งและทำให้เย็น (Gouin, 2004)

2.2 เปรียบเทียบความเสถียรของเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสที่การให้ความร้อนสภาวะต่าง ๆ

ผลการศึกษา (Table 2) พบว่า เอนแคปซูเลทสารสกัดหอมแดงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยมี %inhibition สูงกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการไม่เอนแคปซูเลชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุกสภาวะการให้ความร้อน เนื่องจากผลการศึกษารูปทรงของเอนแคปซูเลท พบว่า เอนแคปซูเลทด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยมีรูปร่างทรงกลม รูพรุนน้อย ผิวเรียบจึงส่งผลต่อความเสถียรของเอนแคปซูเลทและสามารถปกป้องสารแกนภายในได้มากกว่า ขณะที่เอนแคปซูเลทด้วยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีรูพรุนมากส่งผลให้มีความสามารถในการปกป้องสารแกนภายในได้น้อยกว่าเอนแคปซูเลทที่มีผิวเรียบและสารสกัดที่ไม่มีสารเคลือบปกป้องทำให้ประสิทธิภาพของสารสกัดลดลงมากที่สุด สำหรับสภาวะการให้ความร้อนที่ 250°C เวลา 30 วินาทีเป็นสภาวะที่เอนแคปซูเลทมีประสิทธิภาพน้อยที่สุด โดยผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้สภาวะการให้ความร้อนดังกล่าว เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ต้องอบด้วยอุณหภูมิสูง ดังนั้น การเอนแคปซูเลทสารสกัดหอมแดงโดยใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทอัตราส่วน 1:5 เป็นสารเคลือบและใช้กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการเอนแคปซูเลทที่เหมาะสมที่สุดซึ่งจะมีความเสถียรของประสิทธิภาพการยับยั้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 250°C

Table 2 Inhibitory activity of **α**-glucosidase by non-encapsulated shallot extract, encapsulated shallot extract using spray-drying and freeze-drying techniques.

Encapsulation techniques	Non-thermal processing	Thermal processing				Product costs (Baht/1g)
		63±2°C 30 sec.	85±2°C 15 sec.	138±1°C 3 sec.	250±1°C 30 sec.	
Non-encapsulation	43.14%a	13.41%c	27.62%c	25.78%c	ND	17.27
Spray-drying	41.32%a	32.11%a	36.49%a	35.91%a	8.02%	28.98
Freeze drying	41.65%a	22.37%b	34.58%b	32.53%b	4.23%	34.17

a-c: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's test. ND: No inhibition was detected.

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเอนแคปซูเลทระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±3°C เป็นเวลา 10 เดือน (Table 3) พบว่า สภาวะไม่ผ่านการให้ความร้อน เอนแคปซูเลทเริ่มมี %inhibition ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ที่เวลาการเก็บรักษา 4 เดือนและลดลงทุก 1เดือน ขณะที่สภาวะการให้ความร้อน พบว่า ที่อุณหภูมิ 63±2°C เวลา 30นาที, 85±2°C เวลา 15วินาที และ138±1°C เวลา 3วินาที เริ่มมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 เดือน โดยลดลงประมาณ 2.5-5.9% แต่การให้ความร้อนที่ 63±2°C เวลา 30 นาทีจะมี %inhibition ลดลงช้ากว่าการให้ความร้อนสูงเวลาต่ำ (85±2°C เวลา 15 วินาที และ138±1°C เวลา 3 วินาที) ขณะที่การให้ความร้อนที่ 250±1°C เวลา 30 นาที เริ่มมีการลดลงของ %inhibition อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บไว้ 3 เดือน โดยลดลงประมาณ 3.9% เมื่อเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า เอนแคปซูเลทที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมี %inhibition สูงกว่าที่ผ่านการให้ความร้อน โดยมีค่าเท่ากับ 35.14% ลดลง 6.97% จากเดือนเริ่มต้นในการเก็บรักษา (เดือนที่ 0) ขณะที่เอนแคปซูเลทที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 63±2°C เวลา 30 นาที, 85±2°C เวลา 15 วินาที 138±1°C เวลา 3 วินาที และ 250±1°C เวลา 30 นาที มี %inhibitionเท่ากับ 24.35% 30.87% 29.67% และ4.11% ตามลำดับ

Table 3 Changes in inhibitory activity of **α**-glucosidase inhibitor before and after thermal processing during 10 months storage at 30±3°C.

Storage time (months)	Non-thermal processing	Thermal processing			
		63±2°C 30 sec.	85±2°C 15 sec.	138±1°C 3 sec.	250±1°C 30 sec.
0	42.11%a	32.10%a	35.42%a	35.17%a	8.06%ab
1	42.18%a	30.19%b	35.12%bc	34.27%b	8.15%a
2	41.53%a	29.06%c	35.17%b	33.68%c	8.03%ab
3	41.50%a	29.17%c	34.96%c	33.55%c	7.83%b
4	40.67%bc	29.04%c	34.72%d	33.05%d	7.79%b
5	40.18%cd	28.54%d	33.97%e	32.42%e	7.37%c
6	39.86%cd	28.51%d	33.73%f	32.13%e	7.22%c
7	39.43%d	28.11%e	33.54%g	31.80%f	6.33%d
8	38.22%e	27.04%f	32.29%g	31.45%g	5.21%e
9	37.90%e	26.87%f	31.68%h	30.79%h	5.07%e
10	35.14%f	24.35%g	30.87%h	29.67%i	4.11%f

a-i: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's test.

เก็บรักษาเอนแคปซูเลทที่อุณหภูมิ 4°C (Table 4) พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสแตกต่างจากตัวอย่างเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) โดยที่สภาวะไม่ผ่านการให้ความร้อน เอนแคปซูเลทเริ่มมีฤทธิ์ยับยั้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ที่เวลาการเก็บรักษา 3 เดือน หลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 10 เดือน พบว่า มี %inhibition เท่ากับ 40.70% ลดลงจากเดือนที่ 0 เท่ากับ 1.38% เมื่อพิจารณาที่สภาวะการให้ความร้อนต่าง ๆ พบว่า ที่อุณหภูมิ 63±2°C เวลา 30 นาที, 85±2°C เวลา 15 วินาทีและ138±1°C เวลา 3 วินาที เริ่มมีการลดลงของ%inhibitionอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่การรักษา 1 เดือนและหลังเก็บรักษาไว้ 10 เดือน %inhibition มีค่าเท่ากับ 31.05%, 34.21% และ34.09% ตามลำดับ โดยลดลงจากเดือนที่ 0 เท่ากับ 0.92-1.13% ขณะที่อุณหภูมิ 250±1°C เวลา 30 นาที %inhibition เริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) ที่เวลาการเก็บรักษาไว้ 3 เดือน และเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 เดือน พบว่ามี %inhibition เท่ากับ 7.53% ลดลงจากเดือนที่ 0 เท่ากับ 0.51% จากการศึกษาการเก็บรักษาทั้งสองสภาวะ พบว่า ประสิทธิภาพยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสที่เก็บรักษาไว้ที่ 4°C สูงกว่าการเก็บรักษาที่ 30±3°C ดังนั้น วิธีการเก็บรักษาเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสที่เหมาะสม คือ การเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 4°C

Table 4 Changes in inhibitory activity of **α**-glucosidase inhibitor before and after thermal processing during 10 months storage at 4°C.

Storage time (months)	Non-thermal processing	Thermal processing			
		63±2°C 30 sec.	85±2°C 15 sec.	138±1°C 3 sec.	250±1°C 30 sec.
0	42.08%a	32.18%a	35.22%a	35.01%a	8.04%a
1	42.13%a	32.11%ab	35.06%ab	34.93%ab	8.01%a
2	42.10%a	32.03%ab	35.10%ab	34.87%ab	7.97%a
3	41.98%ab	31.95%ab	35.02%ab	34.70%ab	7.93%ab
4	41.76%b	31.87%b	34.91%bc	34.67%bc	7.83%bc
5	41.61%c	31.72%c	34.82%cd	34.59%c	7.72%cd
6	41.53%c	31.66%c	34.74%cd	34.51%c	7.72%cd
7	41.50%c	31.62%c	34.70%cd	34.48%c	7.70%cd
8	41.27%d	31.58%c	34.65%d	34.40%cd	7.62%de
9	40.74%e	31.11%d	34.33%e	34.12%d	7.58%de
10	40.60%f	31.05%d	3 4.21%e	34.09%d	7.53%e

a-f: within each column, means not followed by the same letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's test.

4. ศึกษาการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในรูปแบบแคปซูล

ผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในรูปแบบแคปซูล พบว่า 1 แคปซูลบรรจุสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูซิเดสได้ 500 มิลลิกรัม มีฤทธิ์การยับยั้งเฉลี่ย 42% ศึกษาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ โดยติดตาม %inhibition ทุก 1 เดือน พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน %inhibition ไม่แตกต่างแตกจากตัวอย่างเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 42.09% ปริมาณการรับประทานที่เหมาะสมเพื่อให้มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสใกล้เคียงกับ Acarbose คือ 1-2 เม็ดก่อนอาหาร คำนวณต้นทุนการผลิต (Table 5) พบว่า ต้นทุนการผลิตก่อนบรรจุแคปซูลประกอบด้วย หอมแดง เอทานอล เวย์โปรตีนไอโซเลท ค่าบริการเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย มีต้นทุนต่อสารสกัด 1 กรัม เท่ากับ 28.98 บาท เมื่อนำมาผลิตในรูปแบบแคปซูลได้ 12,000 เม็ด มีต้นทุนการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเม็ดละ 0.46 บาท หากบรรจุ100 เม็ดต่อขวดจะมีต้นทุนการผลิตขวดละ 46 บาท เทียบกับยา Acarbose ซึ่งเป็นยารักษาโรคเบาหวานปริมาณ 5 กรัม มีราคาสูงถึง 10,100 บาท

Table 5 Costs of **α**-glucosidase inhibitors capsules.

Items	Amounts	Price per unit (Baht)	Total costs (Baht)
Encapsulated shallot extract using spray-drying.			
1. Shallots	10 kilograms	16.00	160.00
2. Ethyl alcohol 60%	2.0 liters	120.00	240.00
3. Whey protein isolate	115 grams	0.62	71.30
4. Spray-dryer costs	0.5 hours.	400.00	200.00
Total cost (Aqueous extract 23.16 g.)			671.30
Total cost (Aqueous extract 1 g.)			28.98
Capsule of encapsulated α-glucosidase inhibitors			
1. Shallots	10 kilograms	16.00	160.00
2. Ethyl alcohol 60%	2 liters	120.00	240.00
3. Whey protein isolate	5 kilograms	0.62	3,100.00
4. Spray-dryer costs	0.5 hours.	400.00	200.00
5. Capsules	12,000 capsules	0.16	1,920.00
Total cost (Aqueous extract 1,000 g.)			5,620.00
Total cost (0.5 g. per capsule)			0.46
Total cost (0.5 g. per 100 capsules)			46.00

1.016 kilograms of dried shallots are produced by 10 kilograms of fresh shallots.

Fresh shallots price from Srisaket province in 2018.

5. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสโดสวิธีเอนแคปซูเลชันสู่เชิงพาณิชย์ ดำเนินการวันที่ 17 มีนาคม 2564 ณ ไร่สุขสมาน ตำบลละทาย อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ กลุ่มเป้าหมาย คือ วิสาหกิจการเกษตรศรีสะเกษแฟร์เทรด จำนวน 40 คน ผลการดำเนินงาน ดังนี้

5.1 ผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้เทคโนโลยีการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชัน ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ (Figure 5) ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบก่อนการสกัด การเตรียมตัวทำละลายเพื่อสกัดสาร การสกัดสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากหอมแดง การวัดค่าคุณภาพสารสกัด การห่อหุ้มสารสกัด (เทคนิคการเอนแคปซูเลชัน) การบรรจุแคปซูล และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

Figure 5 Training course of how to produce supplements from shallots.

5.2 กลุ่มผู้เข้าอบรมเยี่ยมชมสถานที่ผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ (Figure 6) หลังจากผู้เข้าอบรมได้เรียนรู้กระบวนการผลิตทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้จัดการอบรมได้นำผู้เข้าอบรมไปเยี่ยมชมสถานที่ผลิตในระดับโรงงานอุตสาหกรรม คือ บริษัทปัจจัยชีวี จำกัด จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งเป็นโรงงานรับจ้างผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและสมุนไพรบรรจุแคปซูล โดยโรงงานดังกล่าวได้รับมาตรฐานการผลิต GMP HACCP และ HALAL สามารถขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์กับองค์การอาหารและยาให้กับสินค้าของผู้จ้างผลิตได้ โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศรีสะเกษแฟร์เทรดได้ว่าจ้างบริษัทปัจจัยชีวี จำกัด เพื่อผลิตเอนแคปซูเลทสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากหอมแดง จำนวนครั้งละ 100 กิโลกรัม โดยผลการทดลองผลิตในระดับโรงงาน พบว่า ตัวอย่างที่ผลิตได้แคปซูล 1 เม็ดมีสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่ากลูซิเดส 500 มิลลิกรัมกรัม มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสในหลอดทดลองได้เฉลี่ย 39.2% มีต้นทุนการผลิตเม็ดละ 0.375 บาท

Figure 6 The participants visited Pad Chai Chee Vee Manufacturer for producing the products on a commercial scale.

สรุปผลการทดลอง

1. การผลิตแคปซูลสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากหอมแดง จำนวน 100 เม็ด ประกอบด้วย หอมแดงอบแห้ง 1 กิโลกรัม เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 60% จำนวน 4 ลิตร เวย์โปรตีนไอโซเลท (11%w/v) เป็นสารเคลือบในอัตราส่วนสารสกัดต่อเวย์โปรตีน 1:5 นำไปผ่านกระบวนการเอนแคปซูเลชันด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยและบรรจุแคปซูล โดยแคปซูล 1 เม็ด มีสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส 500 มิลลิกรัม มีฤทธิ์ยับยั้งเฉลี่ย 42% ต้นทุนเม็ดละ 0.46 บาท เมื่อเก็บรักษาแคปซูลเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสไม่แตกต่างแตกจากตัวอย่างเริ่มต้น (42.09%)

2. แคปซูลสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสเหมาะสำหรับรับประทานในรูปแบบอาหารเสริม ซึ่งจะช่วยควบคุมประมาณระดับน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โดยปริมาณการรับประทานที่เหมาะสมต่อวัน คือ 1-2 เม็ดก่อนอาหาร

3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแคปซูลสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสจากหอมแดง ผู้เข้าอบรมมีความรู้ ความเข้าใจทฤษฎีและขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส โดยวิธีเอนแคปซูเลชันและมีสถานที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในระดับเชิงพาณิชย์ สามารถสร้างธุรกิจและเพิ่มมูลค่าให้กับหอมแดงซึ่งเป็นผลผลิตหลักของจังหวัดศรีสะเกษ โดยผลการทดลองผลิตในระดับโรงงาน พบว่าแคปซูล 1 เม็ดมีสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส 500 มิลลิกรัม มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสได้เฉลี่ย 39.2% ต้นทุนการผลิตเม็ดละ 0.375 บาท

การนำไปใช้ประโยชน์

1. การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชันได้เผยแพร่องค์ความรู้ในรูปแบบโปสเตอร์และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ นำเสนอในงานแสดงผลงานวิจัย ณ จังหวัดศรีสะเกษ หัวข้อนวัตกรรมอาหารเสริมสุขภาพ เครื่องสำอาง และสิ่งเหลือใช้จากหอมแดง ต้อนรับการเยี่ยมชมของนางสาวมนัญญา ไทยเศรษฐ์ รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์พร้อมด้วยผู้ว่าราชการจังหวัดศรีสะเกษ
2. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดสโดยวิธีเอนแคปซูเลชันให้แก่วิสาหกิจการเกษตรศรีสะเกษแฟร์เทรดเพื่อผลิตและจัดจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

ไตรวุฒิ พันธุ์โยธา และอุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์. 2556. การป้องกันโรคเบาหวานด้วยใบจินเจียเหมาเยี่ยและแป๊ะตำปึง. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล : https://www.inmu.mahidol.ac.th. (11 เมษายน 2559)

Ahmed, O.M., Moneim, A.A., Mahmoud, A.M. 2010. Antihyperglicemic antihyperlipidemic and antioxidant effects and the probable mechanisms of action of Ruta graveolens infusion and rutin in nicotinamide-streptozotocininduced diabetic rats. *Diabetologia Croatica* 39: 15-35.

Baldwin, E.A., Hagenmaier, R.D., Bai, J. 2012. Edible coatings and films to improve food quality. [Online]. Available: http://www.crcpress.com [Accessed 10 April 2016].

Coman, C. 2012. Plants and Natural Compounds with Antidiabetic Action. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoc* 40(1): 314-325.

Gouin, S. 2004. “Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends.” *Trends in Food Science and Technology* 15(7-8): 330-347.

Guariguata, L., and Whiting, D.R. 2014. Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes Research Clinical Practic*e 103(2): 137-49.

Lebowitz, J., Teale, M., and Schuck, P. 1998. Analytical band centrifugation of proteins And protein complexes. *Biochemical. Society. Transac*tion. 26: 745– 749.

Nistor Baldea, L.A., Levy, E. and Haddad, P.S. 2010. Inhibition of intestinal glucose absorption by anti-diabetic medicinal plants derived from the James Bay Cree traditional pharmacopeia. *Journal of Ethnopharmacology* 132: 473-482.

Poblocka-Olech, L., Glod, D. and Sznitowska, M. 2016. TLC determination of flavonoids from different cultivars of Allium cepa and Allium ascalonicum. *Acta Pharmaceutica* 66(4): 543-554.

การพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาแบบครบวงจรมุ่งสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน

Development on Arabica Coffee Fermentation technology on Bio-Circular Green Economical approach

โกเมศ สัตยาวุธ[1] สุกัญญา นิติยนต์[1] กนกศักดิ์ ลอยเลิศ[1]

ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ[2] สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ[3]

Komate Satayawut[1] Sukanya nitiyon[1] Karnoksak Loylert[1]

Chatnapa Khomarwut[2] Supattra Lertwattanakiat[3]

บทคัดย่อ

การหมักกาแฟอะราบิกาโดยจุลินทรีย์ถือเป็นนวัตกรรมการพัฒนากลิ่นรสกาแฟคุณภาพที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาในกระบวนการหมักให้ควบคุมได้และมีความสม่ำเสมอของผลผลิต การไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ปัญหาด้านแรงงาน เวลา การใช้ทรัพยากรน้ำที่สิ้นเปลืองรวมทั้งของเสียจากการหมักที่ถูกทิ้งให้เป็นมลภาวะก่อให้เกิดปัญหาระหว่างเกษตรกรและชุมชนข้างเคียง ซึ่งหัวใจสำคัญของการหมักกาแฟคือ จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเมือกกาแฟ ได้แก่ ยีสต์ และ แบคทีเรีย ที่ผลิตกลิ่นรส โครงการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาแบบครบวงจรจึงพัฒนากระบวนการหมักกาแฟให้มีประสิทธิภาพรูปแบบใหม่ด้วยการหมักกาแฟโดยเทคนิค AAF (Acid-Air-Flore Techniques) หรือการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine แบบเติมอากาศและปรับกรด ที่สามารถควบคุมการหมักให้เสร็จภายในเวลา 18 ชั่วโมงมีการผลิตกลิ่นรสผลไม้ นอกจากนี้มีการใช้จุลินทรีย์ *Pichia kluyveri* strain Pro-Y15 ในการหมักแบบไม่เติมอากาศที่มีศักยภาพดีในพื้นที่สูงและพัฒนากลิ่นรสกลุ่มช็อคโกแลต และกระบวนการหมักแบบจำลองทางเดินอาหารสัตว์โดยเชื้อที่คัดแยกจากชะมดที่สามารถพัฒนากลิ่นรสนมเนยให้กาแฟได้ ทั้งนี้มีการพัฒนาเครื่องช่วยหมักกาแฟทำให้ควบคุมการหมักง่ายโดยใช้หลักการของอากาศแบบยก มีการควบคุมการเติมอากาศและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์นอกสภาวะการหมัก ต้นทุนต่ำและกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัมต่อครั้ง ส่วนเหลือใช้จากการหมักกาแฟอันได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เมือกกาแฟ และน้ำเสียจากการหมักกาแฟมีการนำไปวิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีกรดอินทรีย์สูงสามารถพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งรสได้เมื่อผ่านการหมักแบบกึ่งแห้งโดยเชื้อ *Streptoccocus spp.* และหากนำเชื้อ *Aspergillus niger* หมักสารสกัดที่ความเข้มข้นร้อยละ ๔๐จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคแอนแทรคโนสในกาแฟ เมือกกาแฟมีเพคตินเป็นองค์ประกอบเพคตินสำคัญนั้นสามารถนำมาผลิตสารเคลือบผลไม้เพื่อยืดอายุทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ที่มีต้นทุนสูง นอกจากนี้มีการศึกษาการใช้น้ำหมักซ้ำเพื่อลดการใช้ทรัพยากรและกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชบำบัดก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมและข้อพิพาทจากชุมชน ทั้งนี้ผลการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาแบบครบวงจรเพื่อมุ่งแก้ไขปัญหาที่ตั้งไว้ ผ่านผลการทดลองที่มีการทดสอบในพื้นที่จริงและแปลงเกษตรกรไม่น้อยกว่า 7 จังหวัด เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการต่อยอดสู่ระดับอุตสาหกรรมให้เกิดความยั่งยืน มีการสร้างเครือข่ายการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมของกรมวิชาการเกษตร

[1] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร (Post-harvest and Processing Research and Development division)

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ (Phrae agricultural research station)

[3] สถาบันวิจัยพืชสวน (Horticultural Research institute)

เพื่อสอดรับเทคโนโลยีและพัฒนา ต่อยอดให้ตอบโจทย์ความต้องการของเกษตรกร ป้องกันปัญหาที่สามารถเกิดได้ตลอดกระบวนการผลิตในอนาคต นวัตกรรมการหมักกาแฟอะราบิกาทั้งกระบวนการใหม่และต้นแบบผลิตภัณฑ์จากโครงการจึงทำให้เกษตรกรสามารถยกระดับคุณภาพกาแฟอะราบิกาให้มีมูลค่าเพิ่ม สร้างอัตลักษณ์เฉพาะตัว นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรจากฐานชีวภาพตอบโจทย์ธุรกิจชีวภาพเชิงสร้างสรรค์ตามนโยบายของภาครัฐกับการเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจการฐานชีวภาพแบบครบวงจร

คำหลัก : กาแฟอะราบิกา, การหมัก, จุลินทรีย์, ถังหมัก, วัสดุเหลือใช้, หลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน

Abstract

Arabica fermentation valids as novel innovation for developing the flavor of coffee quality is known worldwide. However, there are still problems since incontrollable fermentation process, absence of microorganisms, labor problems, time consuming, wastewater resources, and polluted fermentation waste which related to the core of coffee fermentation ‘Microorganisms’ included yeast and bacteria. Arabica Coffee Fermentation Project had developed 3 new efficient coffee fermentation processes as follows: AAF techniques or oxidative fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine with aerated and acidified. This technique reduces time consume to 18 hours with the production of fruit flavor. In addition, *Pichia kluyveri* strain Pro-Y15 was used in anaerobic fermentation with good potency at high altitudes and developed chocolate flavor. Thirdly, the bio-processing fermentation imitated the animal gastrointestinal model extracted from civet enhances milk and butter flavor to coffee. Pilot coffee fermenter has been developed in parallel to facilitate these processes by using the air-lifting principle. This pilot-fermenter model help aeration controlled and evitated microbial with affordable cost and the production capacity is at less 50 kg per process. Futhermore, coffee fermentation by-products, which are Coffee cherry pulp, Coffee mucile and coffee wastewater, were analyzed and utilized. Especially, coffee pulp with high organic acid was able to develop as a flavoring agent after solid-state fermentation by *Streptococus spp*., indeed if using *Aspergillus niger*, the extract could inhibit the growth of anthracnose pathogens in coffee. These technogy have been tested in coffee farm to realize the feasibility of extending to the industrial level for sustainability. Thai Premium Coffee network affected in Department of Agriculture has been established to support this technology, extend to meet the needs of farmers, prevent problems causing throughout the production process in the future. The innovation of Arabica coffee

fermentation, both new processes and product prototypes from the project, will enable farmers to raise the quality of arabica coffee to high value added, creating farmers' identity. Finally, whole process aims to meet the creative bio-business needs in accordance with government policies with an integrated Bio-Circular-Green economy community.

Keyword: Arabica, Fermentation, Microbial, Fermenter, Waste, Circular Economy

คำนำ

กาแฟเป็นเครื่องดื่มที่มีการบริโภคมากที่สุดในโลกรองจากน้ำ ประมาณการบริโภคกาแฟของโลกประมาณ 3.5 ล้านล้านแก้วต่อวัน โดยกาแฟมีการปลูกในพื้นที่กว่า 70 ประเทศทั่วโลก และมีผลผลิตมากกว่า 16 ล้านล้านปอนด์ต่อปี หัวใจของคุณภาพกาแฟคือการหมัก เพื่อพัฒนาคุณภาพสู่กาแฟระดับพรีเมี่ยมจะต้องหมักเพื่อเพิ่มปริมาณกรด พัฒนากลิ่นรสชาติ และรักษาสมดุลจุลินทรีย์ ซึ่งกลิ่นรสในกาแฟจากการหมักนั้นเกิดจากสารเคมีกว่า 1,500 ชนิดซึ่งเป็นสารให้กลิ่นกว่า 850 ชนิด สารให้กลิ่นเหล่านี้จะพบได้ในน้ำมันกาแฟและจะปรับเปลี่ยนตามกระบวนการหมักกาแฟ อย่างไรก็ตามยังมีวัสดุส่วนเหลือใช้จากหมักกาแฟปริมาณมาก ซึ่งเกิดตั้งแต่กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวกาแฟ ได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เมือกกาแฟ กะลากาแฟ ซิลเวอร์สกิน กากกาแฟ รวมทั้งน้ำเสียจากการผลิตกาแฟ โดยเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟนั้นถือเป็นส่วนเหลือใช้จากกระบวนการผลิตที่มีมากเป็นลำดับแรกหรือประมาณร้อยละ 60 ของผลผลิต เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟนี้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 21-32 โปรตีนร้อยละ 5 - 15 ไขมันร้อยละ 2 – 7 และเกลือแร่ นอกจากนี้ยังมีสารสำคัญ ได้แก่ แทนนิน โพลีเฟนอลและคาเฟอีนร้อยละ 2 - 8 สารประกอบเพคตินร้อยละ 6.5 น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 12.4 และกรดคลอโรเจนิกร้อยละ 2.6 ซึ่งได้มีงานวิจัยการนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟไปใช้ประโยชน์เป็นวัสดุปลูกเห็ด และการทำปุ๋ยหมัก รวมทั้งการผลิตไบโอแกส ไบโอเอทานอล แต่การนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและการใช้สารสำคัญจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟยังมีไม่มากนัก โดยได้มีการทดลองนำเปลือกหุ้มเมล็ดมาหมักเป็นเครื่องดื่มและสามารถพัฒนาเป็นเครื่องดื่มฟองได้ผลเป็นอย่างดี ในการศึกษาเบื้องต้นพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มฟีนอลลิกและแทนนินที่สามารถพัฒนาต่อยอดสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ในการเพิ่มมูลค่า และลดต้นทุนในการผลิตกาแฟตลอดจนการสร้างรายได้เสริมแก่เกษตรกรมากกว่าการทิ้งให้เป็นขยะในระหว่างการแปรรูปกาแฟ

การหมักกาแฟยังมีเมือกกาแฟและน้ำเสียจากการหมักกาแฟ ในขั้นตอนการหมักกาแฟนั้นเป็นขั้นตอนที่มีการใช้น้ำสูงมาก โดยการล้างถึงการหมักก่อให้เกิดน้ำเสียจากการผลิตในปริมาณมาก พบว่าในการผลิตกาแฟ 1 กิโลกรัมจะใช้น้ำในการล้างถึงการหมักอย่างต่ำ 200 ลิตร นอกจากนี้น้ำจากกระบวนการหมักยังมีปริมาณคาร์บอนจากผลผลิตกาแฟและขั้นตอนการแปรรูปในปริมาณสูงซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน เดิมในการหมักกาแฟจะใช้ปริมาณน้ำ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อกาแฟ 1 ตัน และในเทคโนโลยีการหมักกาแฟโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ แล้วใช้เครื่องขัดเมือกกาแฟ พบว่ามี

การใช้น้ำในการหมักกาแฟปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อกาแฟ 1 ตันในการขัดเมือกกาแฟ ทั้งนี้เมือกกาแฟและน้ำเสียจากการหมักกาแฟที่ได้กระบวนการผลิตนั้น เป็นประเด็นสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ได้ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของน้ำเสียจากการหมักกาแฟ พบปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ที่สูงมากเกินค่ามาตรฐานที่จะปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม สารอินทรีย์ดังกล่าวประกอบด้วยน้ำตาลหมักและโปรตีน ซึ่งระหว่างการหมักนั้นเพคตินที่ละลายน้ำที่เป็นเมือกกาแฟจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์กลายเป็นเพคติน ขนาดเล็กหรือสารโอลิโกแซคคาไรท์ที่ละลายในสารละลายอัลคาไลท์ แต่ด้วยน้ำหมักมักมีความเป็นกรดสูงทำให้สารเพคตินที่ได้จากการหมักจะอยู่ในสภาพกรด และเมื่อมีปริมาณแคลเซียมและไอออนชนิดต่างๆปนอยู่มาก จะมีการฟอร์มเจลเป็นลักษณะของแคลเซี่ยมเพคเตท ทำให้ค่าบีโอดี (Biological Oxygen Demand) มีปริมาณสูงกว่า 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตรจากการหมักในบ่อปกติและปริมาณสูงกว่า 8,000 มิลลิกรัมต่อลิตรจากการหมักในถังหมัก ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องบำบัดน้ำให้มีค่าบีโอดีต่ำกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตรก่อนจะปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ ดังนั้นในการบำบัดน้ำเสียจากการหมักกาแฟจึงเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการโดยค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำให้เหมาะสม

ทั้งนี้การพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาแบบครบวงจรนี้ มุ่งตอบโจทย์การขยายตัวของธุรกิจกาแฟในประเทศไทยที่มีการเติบโตสูงมากและการรักษาสิ่งแวดล้อม การใช้การหมักกาแฟเพื่อให้สอดคล้องตามระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนพัฒนาการผลิตกาแฟสู่ระดับพรีเมี่ยมพร้อมนำส่วนเหลือใช้จากกระบวนการผลิตนำมาใช้ประโยชน์ จึงเป็นหนทางที่จะสามารถเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรเพื่อต่อยอดการผลิตขั้นต้น พัฒนาการกระบวนการผลิตกาแฟที่ดี ส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิต ลดระยะเวลาในการแปรรูป ป้องกันปัญหาด้านแรงงานลดลง ตลอดจนสามารถเสริมสร้าง ภาพลักษณ์ คุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

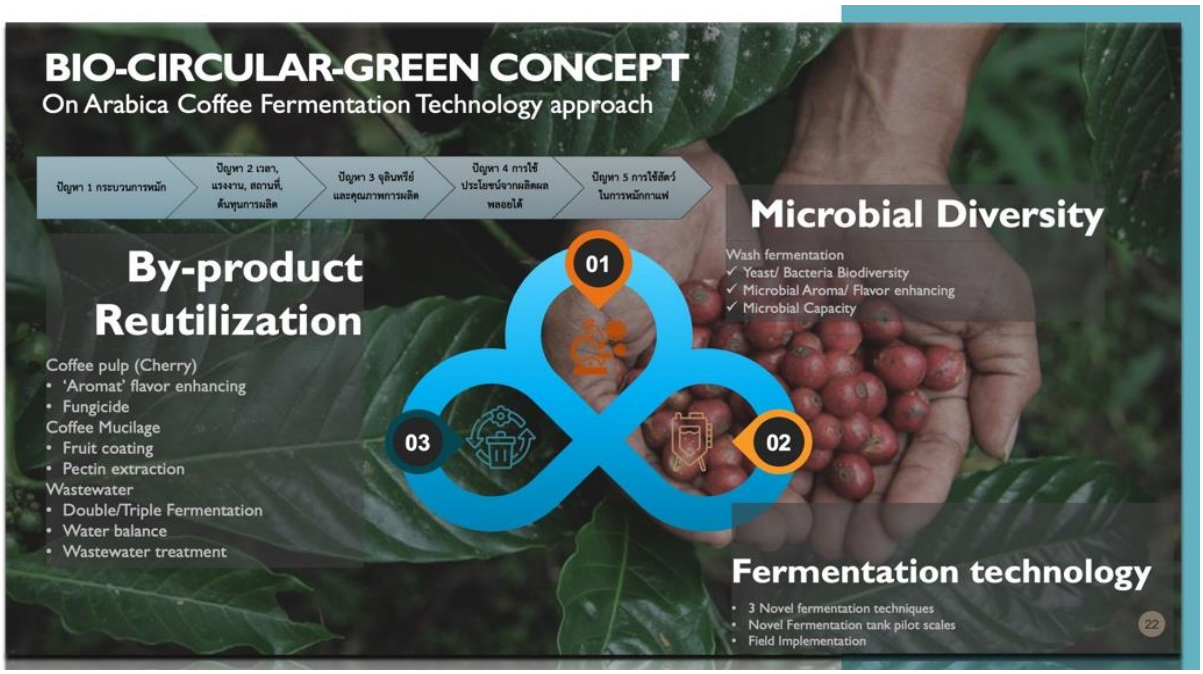


Figure 1 Summarize on Arabica Fermentation Technology according on BCG model

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนากระบวนการหมักกาแฟกาแฟอะราบิกาด้วยจุลินทรีย์ ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ต่อผลของการหมักกาแฟอะราบิกา พัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาและตรวจสอบคุณภาพกาแฟจำนวน 3 กระบวนการ ได้แก่ (1.) การหมักกาแฟแบบเปียก ด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine โดยการแปรผันปัจจัยการเติมกรดทาทาริกตั้งแต่ 1 - 50 ppm และเติมอากาศ 5 – 10 ลิตรต่อนาทีตลอดเวลาการหมัก 12 – 72 ชั่วโมง (2.) การหมักกาแฟในระบบที่มีอากาศน้อย ด้วยยีสต์ *Pichia kluyveri* strain Pro-Y15 ร่วมกับการใช้แบคทีเรียแลคติกในธรรมชาติ แล้วศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์และส่งผลต่อการเร่งการหมักเมือกกาแฟ ได้แก่ ปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต 5 – 50 ppm อุณหภูมิในการหมักที่ 10 – 30 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 2.0 – 7.0 (3.) การหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ด้วยยีสต์ที่คัดแยกจุลินทรีย์จากขี้ชะมดร่วมกับการใช้กรดเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์จากตับอ่อน และทดสอบปัจจัยปริมาณกรดที่เหมาะสมระหว่าง 2.0 – 4.0 และเวลาที่เหมาะสมของการหมักระหว่าง 12 – 72 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาต้นแบบเครื่องหมักกาแฟ ดัดแปลงเครื่องช่วยหมักขนาด 20 ลิตรโดยใช้หลักการของ single-stage pilot plan ดัดแปลงตามวิธีของ Bartlett and Gerhandt (1989) ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ ชุดปั๊มอากาศ ถังหมัก และชุดเก็บตัวอย่างน้ำหมัก และทดสอบการหมักแบบ twin-batch competition ตลอดจนศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ถังหมักในสถานีวิจัยและแปลงเอกชน

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการใช้ส่วนเหลือใช้จากการหมักกาแฟ ได้แก่ (1.) เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เพื่อเป็นสารสกัดที่ใช้ยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides* ด้วยวิธี Broth Dilution Technique และการผลิตกรดซิตริกด้วย *Streptococcus* spp. ในเครื่องปรุงรส Aromat (2.) เมือกกาแฟเพื่อนำมาสกัดเพคตินในการทดสอบการเคลือบผิวส้ม (3.) น้ำหมักกาแฟจากการหมักเพื่อใช้ซ้ำและดัดแปลงระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 5 ขั้นตอน ได้แก่ บ่อรวบรวมน้ำหมัก บ่อตกตะกอน บ่อกรอง บ่อเติมอากาศและบ่อพืชบำบัด

ขั้นตอนที่ 4 การส่งเสริมการหมักกาแฟอะราบิกาในกลุ่มเกษตรกรพรีเมี่ยมสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ในพื้นที่ 7 จังหวัดได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ตาก เพชรบูรณ์ เลย ชุมพรและสตูล กลุ่มเกษตรกรเป้าหมายรายจังหวัด 280 ราย และเกษตรกรต้นแบบ 8 ราย โดยพัฒนาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ 3 รูปแบบ การส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เพื่อนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตลดต้นทุน การวางเครือข่าย Research-Farmer-Entrepreneurship เพื่อส่งเสริมการขายและการวางแผนธุรกิจ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.การพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอาราบิกาด้วยจุลินทรีย์

เชื้อยีสต์มีการเจริญเติบโตร่วมกับแบคทีเรียอย่างรวดเร็วใน 24 ชั่วโมงแรก โดยจะพบการลดลงของปริมาณเมือกอย่างต่อเนื่องเมื่อความเป็นกรดด่างลดลงต่ำกว่า 4.5 เชื้อยีสต์จะเจริญเติบโตสูงสุดในระบบหมักที่จำนวนเซลล์ 6.95 log CFU/ml จากนั้นแบคทีเรียแลคติกจะเพิ่มขึ้นจนถึงในช่วงท้ายของการหมักซึ่งจะเป็นกลุ่มเดียวกับ Enterobactor ที่ผลิตกรดแลคติก โดยกระบวนการหมักเมือกหรือเพคตินนี้เมื่อศึกษาโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่งกราด (SEM) เคลือบเมือกด้วยสาร Ruthidiam Red จะอธิบายด้วยกระบวนการ “Polysaccharide modification” หรือการย่อยผนังเซลล์พืชด้วยจุลินทรีย์ ทำให้สภาพสารละลายมีความเป็นกรดสูง และเมือกกาแฟหลุดออกมาจากกระบวนการของจุลินทรีย์ โดยพบจุลินทรีย์ที่คุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ *S. cerevisiae* strain BAwine ที่สามารถพัฒนาเทคนิคใหม่ AAF techniques (Acid-Air-Flor Techniques) ในการหมักโดยปรับกรดระหว่างการหมักโดยกรดทาทาริกที่ 20 ppm และเติมอากาศที่ 6 ลิตรต่อนาที สามารถลดเวลาการหมักได้ที่ 18 ชั่วโมง และการใช้น้ำมากกว่าร้อยละ 200 โดยเมื่อทดสอบด้วยเทคนิค HS-SPME-GC-MS พบสารให้กลิ่นกลุ่มผลไม้ (fruity) ประกอบด้วยกรดอินทรีย์และเอสเทอร์ และคะแนนการทดสอบการชิมสูงถึง 83 - 85/100 จัดเป็นเกรดกาแฟพิเศษ (Specialty coffee) มีค่าความเป็นกรดโดยรวม (Total Acidity in tartaric acid) เฉลี่ย 0.02% (STD: 0) ในขณะที่ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.20 (STD: 0.10)

การพัฒนาการเร่งการหมักโดยเทคนิคเอเอเอฟ (AAF techniques) ระยะเวลาการหมักจะถูกเร่งจาก 120 ชั่วโมงเป็นไม่เกิน 18 ชั่วโมง ซึ่งเทคนิคเอเอเอฟคือเทคนิคผสานระหว่างการควบคุมกรด การให้อากาศและการใช้เชื้อร่วม โดยการใช้ความเป็นกรดที่ pH 4.50 โดยใช้การหมักแบบออกซิเดชันที่ 6 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง กับใช้เชื้อยีสต์ลูกผสม *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine อัตรา 20 พีพีเอ็ม ซึ่งผลการหมักย่อยเมือกแสดงถึงกิจกรรมเพกติโนไลติกที่ช่วยลดการใช้เวลาในกระบวนการหมักย่อย สังเกตได้จากการลดค่าพีเอชและน้ำตาลรีดิวซ์ที่ปล่อยออกมา รวมถึงกรดอินทรีย์ประเภทกรดแลคติก โดยการหมักโดยวิธีเอเอเอฟนี้จะใช้น้ำน้อยกว่ากระบวนการเปียกแบบดั้งเดิมถึงร้อยละ 200 ซึ่งการหมักย่อยเมือกดังกล่าวนี้แสดงชัดเจนถึงกลไกของการปรับเปลี่ยน polysaccharide นอกจากนี้ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของกาแฟจากเทคนิคเอเอเอฟ มีความโดดเด่นจากกาแฟหมักแบบดั้งเดิม พบว่าผลจากการทดสอบโดยใช้เทคนิค Headspace-SPME-Gas Chromatography-Mass Spectrometry ส่งเสริมว่าหากผลิตกาแฟโดยเทคนิคเอเอเอฟ กาแฟมีแนวโน้มที่จะมีลักษณะใกล้เคียงกับกลิ่นของผลไม้และดอกไม้ และมีคะแนนทดสอบคุณภาพที่สูงขึ้นเป็น 85-87/100 (ตามวิธีของสภาภัณฑ์กาแฟพิเศษ)

ในขณะที่การหมักในสภาวะที่มีอากาศน้อยโดยใช้ยีสต์ *Pichia kluyveri* strain ProY15 ร่วมกับการใช้แบคทีเรียแลคติกร่วมในธรรมชาติ จะมีการย่อยเมือกที่ดีกว่าวิธีตามธรรมชาติ เมื่อทำการทดสอบการหมักในแปลงทดสอบโดยเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ในระบบที่ไม่ต้องควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง (pH 5-8) และไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และที่ไม่

เติมหัวเชื้อยีสต์ (ชุดควบคุม) ผลการทดสอบพบว่าในระหว่างการหมักที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืน โดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 14-27 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 กรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ในระบบหมักที่ไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้เกิดการหลุดของเมือกกาแฟอย่างสมบูรณ์ได้เร็วที่สุด โดยการหลุดของเมือกกาแฟเกิดขึ้นภายใน 20-24 ชั่วโมงหลังเริ่มการหมักกาแฟ ค่าความขุ่นของกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แสดงให้เห็นถึงการเจริญของยีสต์และการหลุดของเมือกกาแฟ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีการเติมเชื้อยีสต์ เมือกกาแฟยังคงเกาะเมล็ดแน่น แม้ว่าจะล้างทำความสะอาดเมล็ดกาแฟด้วยน้ำหลังจากหยุดการหมัก ไม่สามารถทำให้เมือกหลุดออกจากเมล็ดกาแฟได้ ส่งผลให้ใช้ระยะเวลามากขึ้นในการตากกาแฟเพื่อลดความชื้น และเกิดการปนเปื้อนของเชื้อราได้ง่าย ซึ่งส่งเสียผลต่อคุณภาพของกาแฟ

การตรวจสอบคุณภาพของกาแฟที่ได้จากการหมัก พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟที่ทำการหมักในแต่ละกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อทดสอบการชิม พบว่าการเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีคะแนนจากการชิมอยู่ที่ 78 – 83 คะแนน แสดงให้เห็นว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์นอกจากจะมีผลในการช่วยเร่งการหลุดของเมือกกาแฟแล้ว ยังส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟอีกด้วย โดยหัวเชื้อยีสต์ *Pichia kluyveri* PRO-Y15 สามารถทำให้เมือกกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์ได้ภายในเวลา 20-24 ชั่วโมง ช่วยลดระยะเวลาการหมักกาแฟ ลดการใช้ทรัพยากรน้ำและแรงงานที่ใช้ในการขัดเมือกกาแฟเมื่อเปรียบเทียบกับการแปรรูปกาแฟแบบดั้งเดิมลงได้ร้อยละ 80 และกาแฟที่ได้จากการหมักมีแนวโน้มที่จะมีกลิ่นที่ใกล้เคียงกับกลิ่นของช็อคโกแลตเป็นส่วนประกอบ โดยกลไกการพัฒนากลิ่นช็อคโกแลตของ *Pichia kluyveri* นั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างแน่ชัด แต่สอดคล้องกับรายงานของ Crafack *et al.* (2013) ซึ่งรายงานว่า *Pichia kluyveri* นั้นช่วยเพิ่มกลิ่นรสในโกโก้ได้ และให้เพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้กับโกโก้ได้สูงกว่าการหมักตามธรรมชาติ

สำหรับการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการทรมานสัตว์ ได้ทำการคัดแยกจุลินทรีย์จากตัวอย่างชี้ชะมด จำนวน 25 ไอโซเลต ประกอบด้วยแบคทีเรีย 19 ไอโซเลต และยีสต์ 12 ไอโซเลต จัดจำแนกเป็น *Lactobacillus plantarum, Shigella flexneri, Kurthia gibsonii, Escherichia coli*, *Serratia* sp. และ *Pichia kudriavzevii* ซึ่ง แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และยีสต์ *Pichia kudriavzevii* เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีนในกาแฟเพื่อสร้างสารตั้งต้นของกลิ่นรสในกาแฟได้ (Hadipernata and Nugraha, 2017) จากผลสอบการหมักแสดงให้เห็นว่าการเติมจุลินทรีย์ผสมกับเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ในระบบการหมัก มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเดิม และเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟเพิ่มมาก แต่ยังมีความเปรี้ยวในกาแฟคั่วและรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ต่ำกว่ากาแฟขี้ชะมด โดยการปรับ pH เริ่มต้นให้อยู่ในช่วง pH 2-3 โดยกรดไฮโดรคลอริก เพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสได้ดี แสดงให้เห็นว่าการย่อยโครงสร้างของกาแฟด้วยกรดช่วยสารตั้งต้นกลิ่นรสในกาแฟได้

และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการหมัก พบว่าการเพิ่มเวลาในการหมักจะส่งผลต่อการเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟยิ่งขึ้น โดยเวลาที่เหมาะสม คือ หมักกาแฟนาน 24 ชั่วโมง การหมักกาแฟโดยจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟ ได้แก่ Pyrazine, 2,6-dimethyl และ 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของถั่ว และ 2-Furanmethanol, acetate และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ และกลิ่นโทนหวาน ให้เพิ่มขึ้นให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมดได้

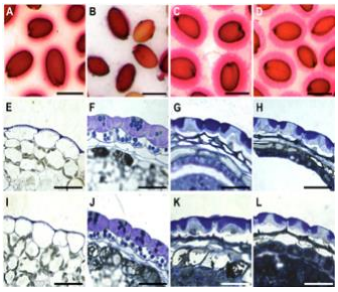


Figure 2 Polysaccharide modification of muscilage deform using High performance microscopy in every 48 hour; A – muscilage bean, B – completed demusculage bean, C & D show the occurrence of AAF techniques, E-L explained more in polysaccharide modification using dehydration of coffee muscile

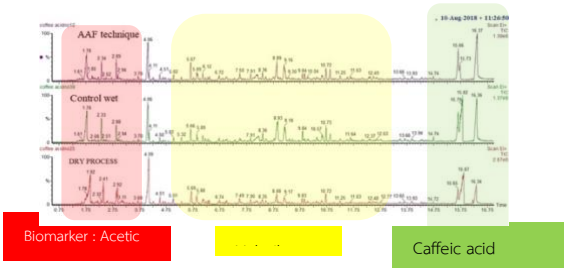


Figure 3 Comparative chromatogram of coffee flavor profile using dry process, wet process as control and AAF techniques distinguished the different volatiles which shown the various flavor compared to those two existent techniques. The result of cupping testing confirmed the ranking of 85 – 87 /100 compared to control as 75/100

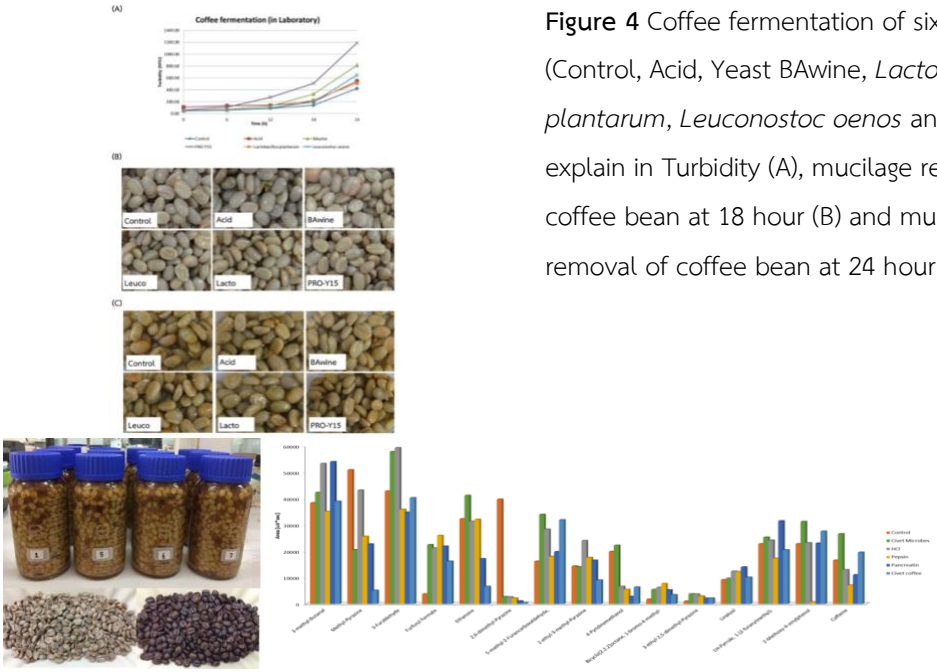


Figure 4 Coffee fermentation of six treatments (Control, Acid, Yeast BAwine, *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc oenos* and PRO-Y15) explain in Turbidity (A), mucilage removal of coffee bean at 18 hour (B) and mucilage removal of coffee bean at 24 hours (C)

Figure 5 Fermentation process of coffee in jar, green bean coffee and roasted coffee and Chemical compounds in roasted fermentation coffee and civet coffee.

2. การพัฒนาต้นแบบเครื่องหมักกาแฟ

พัฒนาต้นแบบถังหมักกาแฟโดยใช้หลักการของ Single-stage pilot plan ประกอบด้วย (1.) การพัฒนาตัวถัง (2.) ระบบจ่ายอากาศ (3.) ระบบเติมสาร (4.) ระบบเก็บผลผลิต ตามภาพพิมพ์เขียวใช้ปริมาณออกซิเจนไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาที ด้วยการจ่ายอากาศแบบเทอบีน (turbine) ที่กระจายอากาศได้ทั่วถังดีที่สุดและควบคุมการลดลงของแก๊สออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับที่สม่ำเสมอ ด้วยปั๊มจ่ายอากาศขนาด 6 ลิตรต่อนาที จะพบการไหลออกของอากาศ (fluxed air) ในอัตราที่คงที่ที่ 100 ลิตรต่อวัน จากนั้นทดสอบประดิษฐ์ต้นแบบถังหมักขนาด 50 ลิตรใช้วัสดุสแตนเลสเกรด 304 ทนต่อการเกิดสนิมตรงตามมาตรฐาน มอก. สามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บริเวณผนังมีตะแกรงแบ่งเก็บตะกอนและหัวเชื้อเพื่อการใช้งานซ้ำ ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เพื่อเหมาะสมในการหมักกาแฟที่ 6.95 log CFU ต่อมิลลิลิตร สำหรับถังหมักมีท่อระบาย 2 จุดได้แก่ (1.) ท่อระบายเมือกมีตะแกรงกันเมล็ดกาแฟหลุดด้านล่าง (2.) ท่อปล่อยเมล็ดกาแฟสำหรับระบายเมล็ดกาแฟที่หมักเสร็จด้านหน้ามีฝาปิดถอดได้ เมื่อทดสอบจริงพบว่าระบบจ่ายอากาศถือเป็นปัญหาสำคัญของต้นแบบเครื่องช่วยหมักกาแฟ ซึ่งระบบเดิมจะใช้ท่อจ่ายอาหารและหัวจ่ายแบบพ่นฝอยเทอบีนที่ระดับต่ำ ทำให้ระดับการเติมอากาศที่คาดไว้ต่ำกว่า 6 ลิตรต่อนาที โดยเฉพาะเมื่อเมือกกาแฟเริ่มหลุดเกิดการทับถมของเมือกบริเวณจุดจ่ายอากาศ ซึ่งถังหมักรุ่นที่พัฒนาใหม่จะมีการพัฒนาระบบจ่ายอากาศแบบเทอบีนฝังส่วนฝา โดยมีรูเจาะความยาวร้อยละ 80 ของตัวถัง เพื่อให้ระบบจ่ายอากาศสามารถมีการจ่ายอากาศที่สม่ำเสมอ ลดอัตราการทับถมของเมือกกาแฟระหว่างการหลุด ทำให้ได้อัตราการเติมอากาศที่สม่ำเสมอที่ 6 ลิตรต่อนาที และปริมาณการไหลของอากาศ (flux air) ตลอดกระบวนการหมักตามที่ต้องการที่ 600 ลิตร นอกจากนี้มีการพัฒนาระบบแยกเมือกออกจากกาแฟที่หมัก โดยใช้ตะแกรงฝังแยกเพื่อสามารถเก็บเมือกได้ทันทีที่หมักเสร็จ และปรับปรุงขาตั้งให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ เพื่อให้สามารถย้ายทำความสะอาดได้สะดวก ตัดระบบเติมกรดออกเนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการเติมกรดตลอดเวลา ผลการทดสอบต้นแบบถังหมัก พบว่าผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการทดสอบหมักโดยถังหมักและการหมักแบบดังเดิม พบผลวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นโดยเครื่อง GC-SPME-FID-O-MS โดยพบความแตกต่างในกลุ่มสาร Ethanone (กลิ่นผลไม้), ∂-butyrolactone (กลิ่นนมเนย), β-damascenone (กลิ่นดอกไม้) และสารกลุ่ม Phenol (กลิ่นผลไม้) เมื่อใช้ถังหมักต้นแบบ และพบสาร 5-methyl-2-furancarboxaldehyde และ 2-methylbutanal ที่ให้กลิ่นน้ำตาลไหม้ในชุดควบคุมมากกว่า แสดงให้เห็นว่าถังหมักสามารถควบคุมการผลิตกลิ่นสารสำคัญได้ดีจากการหมัก นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ถังหมักนี้มีการลดลงของเวลาการหมัก และความคงตัวของปริมาณกรดด่างตามผลทดลองในพื้นที่ทดสอบทั้ง 4 แห่ง แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ถังหมักในการหมักกาแฟที่ควบคุมได้ โดยต้นทุนการใช้ถังหมักอยู่ที่ 25 บาทต่อกาแฟหมัก 50 กิโลกรัมหรือ (0.45 บาทต่อกิโลกรัม) ต่างจากวิธีปกติที่ 1.2 บาทต่อกิโลกรัม

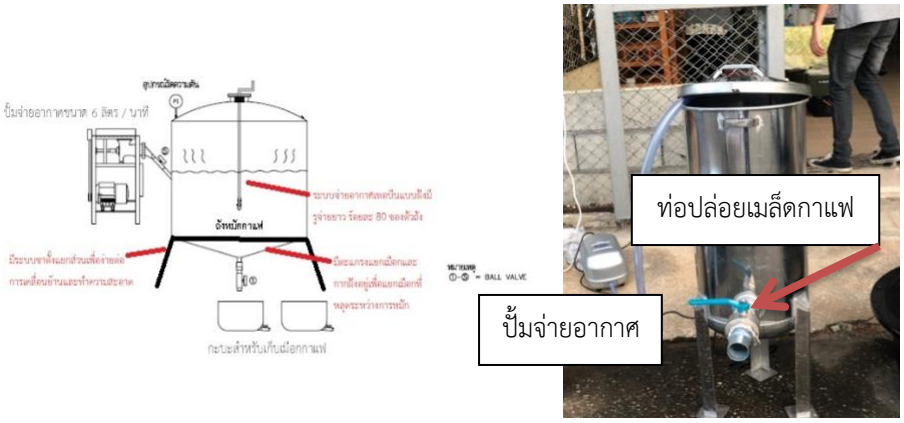


Figure 6 Demonstration of new model of coffee fermenter model completed on air turbine, tank and waste harvested unit

3. การใช้วัสดุเหลือใช้จากการหมักกาแฟ

ผลการทดสอบสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในการเกิด Clear-zone ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides* ให้ช้าลงโดยเมื่อทดสอบในแปลงทดสอบตามที่ความเข้มข้น ร้อยละ 40 สามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ควบคุมที่ร้อยละ 83.33 จากกลุ่มตัวอย่าง 30 ต้น (30:30) โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (p-value <0.01) นอกจากนี้จากการทำแห้งเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ โดยการหมักแห้ง Solid state fermentation โดย *Streptococcus spp.* แล้วทำแห้งจนความชื้นต่ำกว่า ร้อยละ 8 สามารถนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ปรุงรส (aromat) โดยแบ่งตามขนาดของแป้งเปลือกกาแฟ โดยผงละเอียดที่สุดที่ GCP400 ที่สามารถนำไปทำซอสปรุงรสได้ที่ความหวาน 35 องศาบริกซ์ GCP600 สามารถนำไปเป็นผงโรยปรุงรสอาหารได้โดยเน้นอาหารคาวและขนาดใหญ่สุดที่ GGCP ที่นำไปผสมกับแป้งเค้กใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่โดยสามารถนำไปทดแทนแป้งสาลีได้

เพคตินสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟมีสีน้ำตาลอ่อนโปร่งแสงซึ่งมีค่า Degree of Esterification ที่ร้อยละ 65.57 และ Equivalent Weight 213.43 mg/mol ซึ่งถือเป็น High Methoxy Pectin (HMP) สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยจากผล FTIR พบว่าอัตราส่วนของกรดกาแลกทูโรนิคสูงถึง 452.84 mg (79.57%) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rakitikul, 2016 อย่างไรก็ตามผลวิเคราะห์ดังกล่าวเมื่อพิจารณาสเปคตรัม 1,250 – 950 cm^{-1} ที่กำกับ glycosidic bonding และ carboxylic ที่ส่งผลต่อการก่อเจล ดังนั้นการนำไปใช้จึงจำเป็นต้องมีการเติมน้ำตาลแอลกอฮอล์เพื่อกระตุ้นการทำลายพันธะดังกล่าวด้วย ซึ่งเมื่อทดลองใช้เพคติน (PCE) เพื่อเป็นสารเคลือบผิวส้มดัดแปลง (องอาจ, 2553) โดยใช้เพคตินสกัดผสม canaubar wax (สารเคลือบทางการค้า) พบว่าอัตราส่วนร้อยละ 5 สามารถยืดอายุส้มได้กว่า 10 วัน และลดการใช้สารเคลือบลงได้ร้อยละ 10 ทั้งนี้เพคตินสกัดมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีทำให้สารเคลือบลอกหลุดง่ายเมื่ออากาศร้อนจัดแต่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคด้วยสามารถบริโภคได้

คุณภาพน้ำหมักกาแฟตั้งแต่ขั้นตอนการล้างและการหมักซ้ำครั้งที่ 1 – 3 หรือการใช้เครื่องขัดเมือกล้วนเกินมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะค่าความเป็นกรดด่างที่สูง (pH 3.7 – 4.2) รวมทั้งค่า COD ที่สูงกว่าค่ามาตรฐานกว่า 10 – 50 เท่า และกว่า 100 เท่าเมื่อผ่านเครื่องขัดเมือกและ

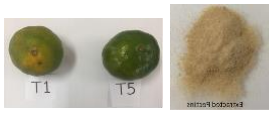
ค่า BOD ที่มีปริมาณเพิ่มกว่า 38 – 280 เท่า นอกจากนี้ยังพบปริมาณน้ำมัน (Oil & Grease) และของแข็งแขวนลอยปริมาณมากเกินมาตรฐานอีกด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำบัดก่อนนำปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม พบว่าการใช้น้ำหมักซ้ำจำนวนไม่เกิน 3 ครั้งนั้น พบว่าคุณภาพของน้ำซ้ำไม่แตกต่างกันและสามารถให้คุณภาพกาแฟที่ดี นอกจากนี้ยังลดการใช้น้ำได้ ซึ่งจะมีปริมาณสารกลุ่ม Furans, Pyrazines และ Maltol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะปริมาณ Caffeine ที่ลดร้อยละ 90 และ Methylchromone ลดร้อยละ 86.67 ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากขึ้น (ตามค่า BOD) มีผลต่อการย่อยคาเฟอีน และลดการผลิต methylchromone ที่เป็นสารต้านจุลชีพ โดยการออกแบบระบบบำบัดน้ำหมักกาแฟพบการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติสำคัญ เพื่อบำบัดน้ำหมักให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยการใช้พืชเพื่อการบำบัดน้ำหมัก 2 ชนิดในส่วนของ Wetland ได้แก่ ธูปฤาษีและต้นพุทธรักษา เปรียบเทียบกับการปล่อยบำบัดในดินนั้น พบว่าการบำบัดโดยใช้พืชนั้นสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำหมักกาแฟได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้เมื่อนำน้ำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับน้ำตัวอย่างก่อนหมัก พบว่าระบบการบำบัดที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถบำบัดน้ำจากการหมักได้จริงทั้ง 10 คุณสมบัติโดยเฉลี่ยร้อยละ 95 ยกเว้น Oil & Grease หรือน้ำมันจากเครื่องจักรที่เกิดจากการใช้เครื่องสีกาแฟและเครื่องขัดเมือกที่ใช้ในระหว่างการหมักกาแฟ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำเสียจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ISI standard) พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดเข้าเกณฑ์ในการนำกลับมาใช้ซ้ำ หรือสามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้

CPE 40% No CPE

Figure 7 Application on nursery for young coffee plant (butterfly state) using 40% of CPE and control replication with in prior infected by *Colletotrichum gleosporoides*

Cherry Grind Cherry flour

Figure 8 Cherry pod transformation for on-purpose flour utilization on food products using sun-drying method (14 days of exposed sun-dry)



No Pectin 5% Pectin

Figure 9 Coffee pectin extraction from mucilage for orange coating trial could expand shelf-life to 10 - 15 days

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์ตามแนวทางการดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพกาแฟพรีเมี่ยมไทย

การพัฒนา Solution Platform เพื่อสร้างขีดความสามารถการพัฒนาพืชสวนอุตสาหกรรมและไม้ผลเศรษฐกิจ ให้เปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรที่สร้างรายได้กว่า 3,000 ล้านล้านบาทต่อปี โดยตามร่างยุทธศาสตร์การพัฒนาพืชสวนอุตสาหกรรม มีเป้าหมายมุ่งวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืช และใช้สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีความหลากหลายในท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ยกระดับคุณภาพผลผลิต พร้อมพัฒนาเทคโนโลยีลดต้นทุนโดยใช้หลักการของการสร้างเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ เพื่อการผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐานและมีความปลอดภัย ขณะเดียวกันยังมีเป้าหมายวิจัยและพัฒนาการแปรรูป เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์และสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

ให้ตรงกับความต้องการของตลาด ซึ่งจะช่วยขยายโอกาสด้านการตลาดและเพิ่มการส่งออก จึงมีโอกาสในการสร้างโมเดลทางธุรกิจปิดวงจร (Closed Loop Economy) ได้ ด้วยความร่วมมือของบุคลากรในภาคเกษตร อุตสาหกรรมและการส่งออกของประเทศไทย ทำให้มีการพัฒนาสายพันธุ์ที่มีความหลากหลาย และการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการแปรรูปสู่สินค้าเกษตรพรีเมี่ยมมูลค่าสูง สร้างการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนในระบบห่วงโซ่อุปทานที่มีมูลค่าสูงในท้องตลาดปัจจุบันโดยปัจจุบันกระแสสิ่งแวดล้อมกำลังเป็นที่จับตามองทำให้มีการรณรงค์ลดปริมาณขยะ และนำขยะมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อไป ซึ่งเป็นแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economic)

การต่อยอดเทคโนโลยีการหมักในโครงการ**ขับเคลื่อนผลิตกาแฟพรีเมี่ยมของประเทศในพื้นที่ 7 จังหวัดได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ตาก เพชรบูรณ์ เลย ชุมพรและสตูล (เกษตรกรจำนวน 280 รายและเกษตรกรต้นแบบ 7 ราย)** ตั้งแต่การหมักกาแฟและการใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้ (Zerowaste process) โดยถ่ายทอดความรู้ ชี้แจง และแนะนำถึงแนวทางขั้นตอนการผลิตกาแฟ และสร้างความเข้าใจในแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้อง และเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานกำหนดรวมทั้งเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาธุรกิจด้านพืชสวนอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีการ**สร้างแปลงต้นแบบการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมและพัฒนาโรงงานแปรรูปกาแฟ**ต้นแบบในพื้นที่เกษตรกรต้นแบบในพื้นที่ยุทธศาสตร์รวมทั้ง**สร้างเครือข่าย RFE (Research-Farmer-Entrepreneur Network) ในพื้นที่** พร้อมส่งเสริมผู้ประกอบการต้นแบบการผลิตกาแฟพรีเมี่ยม ให้เจ้าหน้าที่ของภาครัฐ ผู้ประกอบการและเกษตรกรที่สนใจ อย่างน้อย 4 เครือข่าย

การขับเคลื่อนงานวิจัยและขยายผลกลุ่มเป้าหมายสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนนั้น (ภาพที่ 12) มุ่ง (1.)พัฒนาคุณภาพเมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพกาแฟพรีเมี่ยมตามมาตรฐานโลก**ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 (คะแนนผลทดสอบทางประสาทสัมผัส**) (2.) ปรับปรุงกระบวนการหมักโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพโดยลดระยะเวลาการหมัก ต้นทุนการใช้แรงงานและทรัพยากร**ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 (การใช้เชื้อยีสต์ที่กรมผลิตเพื่อการหมักกาแฟคุณภาพสม่ำเสมอ**) **(3.)** ปรับปรุงกระบวนการหมักโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพโดยลดระยะเวลาการหมัก ต้นทุนการใช้แรงงานและทรัพยากร**ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 (ลดเวลาการหมัก ลดการใช้น้ำและแรงงาน**) **(4.)** พัฒนาการใช้เทคโนโลยีทางประสาทสัมผัสในงานวิจัยและในสถานประกอบการเพื่อประเมินคุณภาพกาแฟตลอดกระบวนการผลิต**ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 (กิจกรรมอบรม cupping**) (5.) มีการใช้ประโยชน์จากเครือข่ายในการต่อยอดและสร้างความยั่งยืนทางธุรกิจ**ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 (กิจกรรมอบรม marketing และ branding และส่งเสริมการขาย ณ สาธารณรัฐเกาหลี Asean Coffee 2021**)

เกษตรกรสามารถจำหน่ายกาแฟได้ในราคามาตรฐานโดยสารกาแฟพรีเมี่ยมมีราคา **200 บาทขึ้นไปต่อกิโลกรัม และกาแฟคั่วพรีเมี่ยมมีราคาไม่น้อยกว่า 1,200 บาทต่อกิโลกรัม** นอกจากนี้เกษตรกรในโครงการได้ชนะการประกวดกาแฟพิเศษประจำปี 2563 โดยราคาสารกาแฟที่ชนะการประมูลมีราคาสูงกว่า 27,000 บาทต่อกิโลกรัม และ 2564 โรบัสตาพรีเมี่ยม ได้รับการประมูลในราคา 20,000 บาทต่อกิโลกรัม

Figure 10 Research-Farmer-Entrepreneurship model using in premium coffee model during 2562 -2564

Figure 11 Staff training of Q-grader association and Premium Farmers on Marketing and Brand creation in Premium Coffee Project

Arabica Coffee Quality (85 - 90/100)

Starter-culture yeast

Reduce Manpower, Water resource, Time

Cupping Session

Marketing Session (Asean Coffee 2021)

Figure 12 BCG resolution targeting point to Bioprocess (Diversity of dosmestic microbial use) – Circular (Innovative fermentation technology and by products) – Green (By products reutlization and reduce resources) and Marketing targeting

Figure 13 Effective outcome and impact on ‘model premium coffee farmer’ in differents region and their tentative for Geographical Indication application for creating the authentic coffee by using fermenation techniques from regional flor (Yeasts) and Zerowaste techniques on BCG model

เอกสารอ้างอิง

โกเมศ สัตยาวุธ, สุกัญญา นิติยนต์, ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2561. การวิจัยและพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิก้าโดยจุลินทรีย์, รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2561, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 18 หน้า

นนทวัชร ชิตวิลัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า

สุกัญญา นิติยนต์, โกเมศ สัตยาวุธ, ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2562. การศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน), รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2562, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

องอาจ เด็ดดวง. 2553. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. สารนิพนธ์ กศ. ม. (เคมี). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2001. Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Current Microbiology*, 42, 252-256.

Bartlett, M.C. and P. Gerhardt. 1989. Continuous Antibiotic Fermentation – Design of a 20 litre, Single-stage Pilot plant and trials with two contrasting processes, journal of Biochemical and microbiological technology and engineering, Vol I, No.4: 359-377.

Clarke, R.J. 1986. The Flavour of Coffee. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.

Crafack, M., Mikkelsen, M., Saerens, S., Knudsen, M., Blennow, A., *et. al* (2013). Influencing cocoa flavour using *Pichia kluyveri* and *Kluyveromyces marxianus* in a defined mixed starter culture for cocoa fermentation. *International journal of food microbiology*. 167(1), 103-16.

Hadipernata, M. and S. Nugraha. 2018. Process technology of luwak coffee through bioreactor utilization. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 102. 012092. 10.1088/1755-1315/102/1/012092.

Jagani, H. Hebber, K. Gang, S.S. Vasath Raj P. Chandrashekhar, R. and J. Venkata. 2010. An overview of fermenter and the design considerations to enhance its productivity. Pharmacologyonline 1:261-301.

Muzaifa, M., Hasni, D., Patria, A. Febriani and A. Abubakar. 2018. Sensory and microbial characteristics of Civet coffee. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 8. 165-171.

Nasanit R., and K. Satayawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of Coffea Arabica var. chiangmai 80. Kasetsart Journal-Natural Science. 49. 32-41.

Padmapriya, R. 2013. Coffee waste management- An overview. *International Journal of Current Science, vol.9,* pp. 83-91.

Rakitikul, W., P. Nimmanpipug. Degree of Esterification and gelling properties of pectin structure in coffee pulp. Key Engineering Materials. 1662-9795. Vols. 675-676. Pp11-14.

Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. Coffee Processing Technology. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.

การวิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบนของไทย

Research and Development of Sustainable and Environment Friendly Oil Palm Production in the Upper Southern Thailand

สุธีรา ถาวรรัตน์[1] สุชาดา โภชาดม[1] จินตนาพร โคตรสมบัติ[1] สญชัย ขวัญเกื้อ[1] สมคิด ดำน้อย[2] อัญชลี ม่านทอง[3] สุพินยา จันทร์มี[4] อัจฉรา ทองสวัสดิ์[5] วิริยา ประจิมพันธุ์[6] บรรเจิด พูลศิลป์[7] ภาวินี คามวุฒิ[8] จิตติลักษณ์ เหมะ[1] อุดมพร เสือมาก[5] พงษ์มานิตย์ ไทยแท้[9] สุรกิตติ ศรีกุล[10]

Suteera Thawornrat[1] Suchada Pochadom[1] Jintanaporn Khodsombut[1] Sonchai Kwankuae[1] Somkid Damnoi[2] Unchalee Manthong[3] Supinya Junmee[4] Atchara Thongsawat[5] Wiriya Prajimpa[6] Banjerd Poonsin[7] Pawinee Kamwut[8] Jittiluk Hama[1] Udomphon Suamag[5] Pongmanit Thaitae[9] Surakkiti Srikul[10]

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ดำเนินการวิจัยระหว่างปี 2559 ถึง 2564 ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบองค์ความรู้การผลิตปาล์มน้ำมัน สำรวจสถานการณ์การเกิดโรคโคนเน่าจากเชื้อ *Ganoderma* sp. สำรวจปัจจัยของการผลิตปาล์มน้ำมันแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และจัดทำรูปแบบการขยายผลองค์ความรู้ที่เหมาะสมกับการผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ พบว่าการจัดปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบร่วมกับการจัดการสวนที่เหมาะสมตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยและรายได้สุทธิเฉลี่ยสูง 4,492 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และ 13,165 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ สถานการณ์การเกิดโรคโคนเน่าในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนร้อยละ 39.53 เกิดในปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 20 ปีหลังปลูก หรือร้อยละ 67.19 ในปาล์มน้ำมันอายุ 16 ปีหลังปลูกขึ้นไป และพบการเกิดโรคมากที่สุดร้อยละ 33.83 ในพื้นที่ปลูกมะพร้าวเดิมและ

---

1 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จังหวัดสุราษฎร์ธานี
1 Office of agriculture research and development region 7, Suratthani province.
2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จังหวัดเชียงราย
2 Chiangrai highland agricultural research and development center, Chianrai province.
3 ศูนย์พัฒนาการเกษตรภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ
3 Phusing Royal Agricultural Development Center, Sisaket province.
4 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี
4 Suratthani Agricultural Research and Development, Suratthani province.
5 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร จังหวัดชุมพร
5 Chumphon Agricultural Research and Development, Chumphon province.
6 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช
6 Nakhon Si Thammarat Agricultural Research and Development, Nakhon Si Thammarat province.
7 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพังงา จังหวัดพังงา
7 Phangnga Agricultural Research and Development, Phangnga province.
8 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระนอง จังหวัดระนอง
8 Ranong Agricultural Research and Development, Ranong province.
9 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกระบี่ จังหวัดกระบี่
9 Krabi Agricultural Research and Development, Krabi province.
10 สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร จังหวัดกรุงเทพ
10 Office of agriculture expert and development, Bangkok.

ปัจจัยที่มีผลผลักดันให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ต้องการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม คือ การมีส่วนร่วมในการลดการทำลายสิ่งแวดล้อม (ลดการเกิดก๊าซเรือนกระจก ลดการใช้สารเคมี เป็นต้น) และต้องการความมั่นคงทางเศรษฐกิจ (ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำ มีรายได้เพิ่มจากการขายคาร์บอนเครดิต เป็นต้น) และจากการจัดทำรูปแบบการขยายผลองค์ความรู้การผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมร่วมกับองค์กรสนับสนุน GIZ ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันสำคัญของไทย พบว่า หลักสูตร TOPSA มีประสิทธิภาพในการขยายผล ร่วมกับการสร้างเกษตรกรต้นแบบและแปลงต้นแบบในพื้นที่เป็นการเปิดโอกาสการเรียนรู้เทคโนโลยีที่ถูกต้องสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ สร้างมั่นคงทางเศรฐกิจ พลังงาน สังคม และสิ่งแวดล้อมให้กับห่วงโซ่การผลิตและการใช้น้ำมันปาล์มน้ำมันของไทยได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ธาตุอาหาร โรคกาโนเดอร์มา การผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หลักสูตรพัฒนาความรู้เกษตรกรรายย่อยปาล์มน้ำมันของประเทศไทย คาร์บอนเครดิต

ABSTRACT

Research and development of sustainable and environment friendly oil palm production in the upper southern since 2016-2021 in upper southern Thailand which objectives of this project were to estimate suitable of production technology, *Ganoderma* disease severity, main effects of owning sustainable and environment friendly oil palm production and to establish substantial pattern for elongation knowledge. The result showed fertilizer management including production management led to high average fresh fruit bunch and average net income (4,492 kg/rai/year and 13,165 baht/rai/year, respectively). However, the ageing oil palm or start 16 year after planting had high disease severity about 67.19 percentage and growing oil palm after coconut planting had high disease severity about 33.83 percentage. In addition, the effects for pushing of sustainable and environment friendly oil palm production of farmer were moment of safety the environment and strong on economic. Finally, the procreate guidelines by a TOPSA training program will increase productivity of oil palm production through collaboration between group of research and farmer's group with demonstration plots, which is the learning center to farmers and other group of farmers. That will be built sustainable development of oil palm production in Thailand.

Key words: Fertilizer, *Ganoderma* disease, RSPO, TOPSA, carbon credit

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของโลก ของประเทศไทย และพื้นที่ภาคใต้ตอนบน เนื่องจากเป็นพืชที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบทั้งเพื่อการบริโภค ได้แก่ อาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ และวัตถุดิบในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร เป็นต้น เพื่อการอุปโภค ได้แก่ วัตถุดิบใน

อุตสาหกรรมซักฟอก และเครื่องสำอาง เป็นต้น เป็นพลังงานสะอาด ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำมันเตา เป็นต้น เป็นวัตถุดิบชีวมวลในการผลิตผลิตภัณฑ์โอลิโอเคมี ได้แก่ เอทานอล กรดแลคติก และเบสออยด์ เป็นต้น และนอกจากนี้ยังเป็นพืชที่มีศักยภาพในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นตัวช่วยหนึ่งในการลดภาวะโลกร้อน และยังสามารถสร้างรายได้เพิ่มจากการขายเครดิตในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่งด้วย โดยในปี 2563/64 โลกมีความต้องการใช้น้ำมันปาล์มสูงถึง 73.29 ล้านตัน โดยเพิ่มขึ้นจากปี 2562/2563 ร้อยละ 2.33 สำหรับประเทศไทยปี 2564 มีความต้องการใช้น้ำมันปาล์มดิบ 2.38 ล้านตัน เพื่อการบริโภคและผลิตพลังงานทดแทนเพื่อใช้ในประเทศ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) และนอกจากประโยชน์ และความต้องการใช้ประโยชน์แล้ว ภาครัฐโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ยังให้ความสำคัญโดยได้กำหนดเป็นยุทธศาสตร์การปฏิรูปปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ ปี 2560-2579 มีเป้าหมายสนับสนุนให้ปี 2579 ประเทศไทยสามารถผลิตผลผลิตทะลายสดได้ 3.50 ตัน/ไร่/ปี เพิ่มพื้นที่ปลูกให้ได้ร้อยละ 10 และให้ปริมาณที่สกัดได้เพิ่มเป็น 23% (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ส่งผลให้มีการผลิตและเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยสูงขึ้น แต่ในการผลิตปาล์มน้ำมันเกษตรกรจำเป็นต้องมีความรู้ และทักษะในการการผลิตเพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพและได้ผลผลิตตามเป้าหมาย โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกใช้พันธุ์ปลูกที่เหมาะสมกับพื้นที่ การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูก การจัดการธาตุอาหาร การจัดการน้ำ และการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเป็นต้น และประกอบกับปัจจุบันมีการระบาดของโรครากเน่าโคนเน่าปาล์มน้ำมันที่เกิดจากเชื้อ การ์โนเดอร์มาซึ่งทำให้ปาล์มน้ำมันยืนต้นตายแต่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ ซึ่งพบการระบาดมากในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย ปัญหาปัจจัยการผลิตราคาสูงซึ่งในกระบวนการผลิตปาล์มน้ำมันมีต้นทุนในการจัดการปุ๋ยถึงร้อยละ 40 รวมทั้งปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาโลกร้อนเนื่องจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ การตัดไม้ทำลายป่าทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเกษตรและการปศุสัตว์ปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ ควันจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ และกระบวนการแปรรูปในภาพอุตสาหกรรมปล่อยสารฮาโลคาร์บอน เป็นต้น จากสิ่งเหล่านี้ส่งผลทำให้เกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศ ได้แก่ ปรากฏการ แอลนิลโญ่ ลานินญ่า เกิดน้ำท่วมฉับพลัน เกิดความแห้งแล้งยาวนาน เกิดโรคและแมลงระบาด เป็นต้น และปัญหาข้างต้นนี้ได้ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนในการให้ผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพของปาล์มน้ำมันสูง ทำให้เกษตรกรไม่มีความมั่นคงในรายได้ ภาคอุตสาหกรรมขาดวัตถุดิบและความต่อเนื่องสำหรับขับเคลื่อนธุรกิจ และนอกจากนี้โลกกำลังประสบปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ ได้แก่ รัสเซีย-ยูเครน ส่งผลให้หลายประเทศเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน เกิดผลกระทบโดยตรงต่อราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้น แล้วเกิดผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบการขนส่งที่ต้องมีต้นทุนเพิ่ม ราคาสินค้าและบริการสูงขึ้น เป็นต้น ส่งผลให้หลายประเทศของโลกรวมทั้งประเทศไทยขาดเสถียรภาพด้านอาหารและพลังงาน

ดังนั้น นักวิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการทำวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการผลิตปาล์มน้ำมันแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมขึ้น โดยการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเฉพาะพื้นที่เพื่อผลิตองค์ความรู้การผลิตปาล์มน้ำมัน สำรวจปัญหาในพื้นที่ เพื่อทราบสถานการณ์ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา สำรวจความต้องการผลิตปาล์มน้ำมันแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อทราบแนวโน้มการผลิตปาล์มน้ำมันแบบยั่งยืนของเกษตรกรในพื้นที่ และร่วมบูรณาการทำความร่วมมือกับหน่วยงานภาคการส่งเสริมการเกษตรและหน่วยงานสนับสนุนจากต่างประเทศ ในการวิเคราะห์แนวทางและ

ขยายผลองค์ความรู้ที่เป็นรูปธรรมในพื้นที่ เพื่อให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตปาล์มน้ำมันมีทักษะ มีแปลงต้นแบบ แปลงขยายผล และโอกาสในการรับรองมาตรฐานแปลงที่เป็นสากลและพร้อมสำหรับการมีรายได้เพิ่มจากการขายเครดิตจากกิจกรรมการผลิตปาล์มน้ำมันของตนเองได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

โครงการการจัดการผลิตปาล์มน้ำมันแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดชุมพร กระบี่ และสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2564 โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 กิจกรรม คือ

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคใต้ตอนบน แบ่งการเป็น 2 ส่วน

1.1 ทดสอบเทคโนโลยีการจัดการสวนปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ปลูกสำคัญภาคใต้ตอนบน

มีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

- แบบและวิธีการทดลอง ตามวิธี Technology Verification Experiment (TVE) ในแปลงเกษตรกร วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial in RCB จำนวน 2 ซ้ำ 2 ปัจจัยๆ ละ 2 ระดับ แปลงย่อยละ 2 ไร่ 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 การจัดการธาตุอาหาร โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ คือ เก็บตัวอย่างใบปีละ 1 ครั้ง ส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร แปลผลการวิเคราะห์ คำนวณชนิด และปริมาณธาตุอาหารสำหรับการใส่ปุ๋ยในฤดูปลูก และใส่ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ใบ (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

ปัจจัยที่ 2 การจัดการสวน คือ การคลุมโคนด้วยทะลายเปล่า 250 กก./ต้น/ปี การควบคุมจำนวนทางใบตามอายุต้น และการเก็บเกี่ยวตามมาตรฐานทะลายปาล์มน้ำมัน

แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 เทคโนโลยีของเกษตรกร (Farmer)

ระดับที่ 2 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตร (DOA)

รวมทั้งหมด 2 x 2 = 4 treatment combinations ดังนี้

Treatment	Factor		Set X	Set Y
	Fertilizer	Management	(yield gap)	(contribution and interaction)
1	DOA	DOA	*	*
2	DOA	Farmer		*
3	Farmer	DOA		*
4	Farmer	Farmer	*	*
			12 plots	4 plots

note; DOA - technology of Department of Agriculture

- Set x = 12 plot sizes (8 rais/plot size) and Set y = 4 plot sizes (16 rais/plot size)

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. สำรวจและคัดเลือกแปลงเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันใหม่ อายุ 5-8 ปี ในพื้นที่แหล่งปลูกสำคัญในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน จำนวน 16 แปลง

2. ชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียดการดำเนินงานทดลองกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการ

3. วางผังแปลงทดสอบ และทำเครื่องหมายต้นบันทึกข้อมูล

4. ดำเนินวิจัยตามกรรมวิธีทดลองการตามแต่ละปัจจัย ดังนี้

5. บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ผลทางสถิติ ได้แก่ yield gap ผลตอบสนองของแต่ละปัจจัย (contribution) ต่อ yield gap และปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างปัจจัย

6. สรุปผลการทดลอง

- การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลทั่วไปของพืชและการจัดการของเกษตรกร ได้แก่ พันธุ์ปลูก อายุต้น การจัดการสวน ต้นทุน รายได้ รายจ่ายการจัดการสวน ก่อนและหลังดำเนินการวิจัย

2. ผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมัน ได้แก่ น้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมัน (กิโลกรัม/ต้น/ปี)

3. ต้นทุนการผลิต ได้แก่ ราคาปัจจัยการผลิต ค่าวัสดุทางการเกษตร ค่าแรงงาน ค่าเครื่องจักรกล ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าขนส่ง เป็นต้น

4. ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการจัดการสวนปาล์มน้ำมันของกรมวิชาการเกษตร

1.2 ศึกษาการระบาดของโรคโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Ganoderma* sp. ในปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการโรคในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบน มีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. สำรวจการเกิดโรคโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Ganoderma* sp. ในแหล่งปลูกปาล์มน้ำมันเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบน จำนวน 200 แปลง เป็นเวลา 1 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2560 ถึง 2561 ซึ่งได้โดยแบ่งพื้นที่สำรวจเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 อายุต้นปาล์มน้ำมัน แบ่งเป็น 5 ช่วงอายุต้น ได้แก่ 1-5 ปีหลังปลูก 6-10 ปีหลังปลูก 11-15 ปีหลังปลูก 16-20 ปีหลังปลูก และมากกว่า 20 ปีหลังปลูก ช่วงอายุละ 10 แปลง

1.2 ประวัติการใช้ที่ดินก่อนปลูกปาล์มน้ำมัน แบ่งเป็น 4 แบบ ได้แก่ ปลูกปาล์มน้ำมันแล้วปลูกปาล์มน้ำมัน ปลูกมะพร้าวแล้วปลูกปาล์มน้ำมัน ปลูกไม้ผลแล้วมาปลูกปาล์มน้ำมัน และปลูกยางพาราแล้วปลูกปาล์มน้ำมัน

2. คำนวณอัตราการเกิดโรคของแปลงที่พบโรคโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Ganoderma* sp. ตามวิธีคำนวณของ Campbell and Madden (1990) ดังนี้

$$\text{อัตราการเกิดโรค (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นที่เป็นโรค}}{\text{จำนวนต้นที่สำรวจ}} \times 100$$

3. สรุปแนวโน้มการเกิดโรคโคนเน่าจากเชื้อ *Ganoderma* sp.ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

- การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลทั่วไปของแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน ได้แก่ สภาพพื้นที่ปลูก การจัดการสวน และการดูแลรักษา เป็นต้น

2. ระดับการเกิดโรคโคนเน่าในแปลงปลูกปาล์มน้ำมันที่ทำการสำรวจ

2. สำรวจความต้องการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน
ขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตปาล์มน้ำมัน โดยใช้วิธีเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มเป้าหมาย คือ 1. กลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการการ ผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 2. กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ที่กำลังจะเข้าร่วมโครงการการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ 3. กลุ่มเกษตรกรที่ยังไม่ได้เข้าร่วมโครงการการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน คือ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และกระบี่

2. ชี้แจงวัตถุประสงค์การสัมภาษณ์กับกลุ่มเป้าหมาย

3. จัดทำแบบสัมภาษณ์ โดยตั้งประเด็นคำถามด้วยคำถามแบบปลายปิด (Close-ended question) และคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended question) โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไป

ส่วนที่ 2 ปัจจัยการยอมรับการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ส่วนที่ 3 ปัญหา และข้อเสนอแนะต่อระบบการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4. ทดสอบแบบสัมภาษณ์กับเกษตรกรที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 20 ราย จากนั้นปรับปรุงแบบสัมภาษณ์

5. สัมภาษณ์ กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

5.1 กลุ่มเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ RSPO แล้ว จังหวัดละ 50 ราย

5.2 กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ จังหวัดละ 150 ราย

5.3 กลุ่มเกษตรกรทั่วไป จังหวัดละ 150 ราย

รวม 1,050 ราย และรวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์

6. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย

7. สรุปผลการทดลอง

- การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลส่วนบุคคลและเศรษฐกิจของเกษตรกร ได้แก่ อายุ อาชีพ พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน ประสบการณ์ทำสวนปาล์มน้ำมัน และรายได้ เป็นต้น

2. การช่องทางการรับรู้ข้อมูลข่าวสารของเกษตรกร ได้แก่ การฝึกอบรม การอ่านหนังสือ เจ้าหน้าที่ในพื้นที่ และสื่อออนไลน์ เป็นต้น

3. การยอมรับระบบการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

4. ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะต่อระบบการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

3. ขยายผลองค์ความรู้การผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแบบมีส่วนร่วม

ดำเนินการภายใต้กิจกรรม ชุมชนนวัตกรรมการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่ชุมชนนาโพธิ์ อ.สวี จ.ชุมพร ชุมชนคลองชะอุ่น อ.พนม จ.สุราษฎร์ธานี และชุมชนลำทับ อ.ลำทับ จ.กระบี่

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. รวบรวมเทคโนโลยีและองค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคใต้ตอนบน และมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (RSPO, 2017) สำหรับวางแผนการขยายผลองค์ความรู้ให้กับกลุ่มเป้าหมาย

2. คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายในการขยายผล จำนวน 3 ชุมชน เพื่อส่งเสริมเป็นชุมชนนวัตกรรมการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3. ประชุมจัดทำหลักสูตรองค์ความรู้แบบมีส่วนร่วมระหว่างกรมวิชาการเกษตร เจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร และเจ้าหน้าที่ขององค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศเยอรมัน (GIZ)

4. กรมวิชาการเกษตรคัดเลือกวิทยากรเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ตามหลักสูตร

5. จัดทำแผนการฝึกอบรมและฝึกอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตรและเกษตรกรผู้นำ

6. กำหนดเกณฑ์เกษตรกรต้นแบบ คัดเลือกแปลง และจัดทำแปลงชุมชนต้นแบบในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และกระบี่ จังหวัดละ 5 แปลง

7. จัดทำแปลงสาธิตในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี และกระบี่ จังหวัดละ 1 แปลง

8. ประสานการเชื่อมโยงเครือข่ายการผลิตปาล์มน้ำมัน (กลุ่มชุมชนต้นแบบ) กับตลาด (โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม) เพื่อสร้างความร่วมมือในการพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ระหว่างกัน

- การบันทึกข้อมูล

1. รายละเอียดหลักสูตรฯ และแผนการถ่ายทอดองค์ความรู้
2. รายชื่อผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้ประจำหลักสูตรฯ
3. กิจกรรมและผลการดำเนินงานในแปลงต้นแบบและแปลงสาธิต
4. ต้นทุนในการจัดการแปลงสาธิตการผลิตปาล์มน้ำมัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

จากการนำเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารและการจัดการสวนที่ถูกต้องและเหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร โดยศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี พบว่า **ผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมัน** ของเกษตรกร 12 ราย ในกลุ่ม set X ให้ผลผลิตทะลายเฉลี่ยสี่ปี (2561-2564) ของกรรมวิธีที่ 1 (DOA : DOA) ได้ผลผลิตเฉลี่ย 4,496.75 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่ากรรมวิธีที่ 2 (Farmer : Farmer) (3,958.50 กิโลกรัม/ไร่) มีช่วงห่างของผลผลิต (Yield Gap) เท่ากับ 538.25 กิโลกรัม/ไร่/ปี และในกลุ่ม set Y มีผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยสี่ปี พบว่ากรรมวิธี Farmer : DOA ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 4,824 กิโลกรัม/ไร่/ปี รองลงมา คือ กรรมวิธี DOA : DOA

และ DOA : Farmer (4,488 และ 4,240 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ) และกรรมวิธี Farmer : Farmer ให้ผลผลิตเฉลี่ยสี่ปีต่ำสุด เท่ากับ 3,930 กิโลกรัม/ไร่/ปี สำหรับ**ต้นทุนการผลิตต่อไร่** พบว่า แปลง Set X ตั้งแต่ปี 2561 ถึงปี 2564 มีต้นทุนของกรรมวิธีที่ 1 (DOA:DOA) เฉลี่ย 5,315.75 กิโลกรัม/ไร่ น้อยกว่ากรรมวิธีที่ 2 (Farmer : Farmer) (5,696 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนแปลง set Y มีต้นทุนเฉลี่ยของกรรมวิธี Farmer : DOA ต่ำสุด 4.177 บาท/ไร่ ตามด้วย DOA : DOA และ DOA : Farmer (4,828 และ 4,876 บาท/ไร่ ตามลำดับ) และ กรรมวิธี Farmer : Farmer มีต้นทุนสูงสุด 5,116 บาท/ไร่ โดยต้นทุนของวิธีตามคำแนะนำของกรมวิธีการเกษตรเนื่องมาต้นทุนการซื้อปัจจัยการผลิต ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน สำหรับการให้ธาตุอาหารตามความต้องการของพืช เพิ่มความชื้นและอินทรีย์วัตถุให้กับดิน และเมื่อเปรียบเทียบ**รายได้สุทธิ** ของแต่ละกรรมวิธี พบว่า แปลง set X มีรายได้สุทธิแต่ละปี ตั้งแต่ปี 2561 ถึง 2564 สูงกว่าวิธีการของเกษตรกร โดยมีรายได้สุทธิ เท่ากับ 6,854, 6574, 15,169 และ 24,223 บาท/ไร่ ตามลำดับ และสำหรับแปลง set Y มีรายได้สุทธิเฉลี่ยสี่ปีสูงสุดในกรรมวิธี DOA : DOA เท่ากับ 13,165, บาท/ไร่ (Table 1)

Table 1 The average yield and net income between 2018-2021 (four years) with oil palm at 8^{th} years after planting in the upper southern Thailand

Production	Treatment management between Fertilizer : Production			
	DOA : DOA	DOA : Farmer	Farmer : DOA	Farmer : Farmer
Fresh fruit bunch (kg/rai/year)	4,492	4,240	4,824	3,944
Cost* (baht/rai)	4,828	4,876	4,177	5,116
Net income (baht/rai)	13,165	11,753	10,819	10,298
Yield gap (kg/rai/year)	204.00	192.72	219.27	180.22

note; * fertilizer and labor cost

และจากการศึกษาการระบาดของโรคโคนเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Ganoderma* sp. ในปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการโรคในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

จากการสำรวจแปลงปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน จำนวน 200 แปลง พบว่า ปาล์มน้ำมันที่มีอายุมากกว่า 20 ปี มีอัตราการเกิดโรคสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.53 ตามด้วยอายุ 16-20 ปี และ 11-15 ปี (Table 2) และอัตราการเกิดโรคสูงเมื่อปลูกปาล์มน้ำมันปลูกมะพร้าว คิดเป็นร้อยละ 33.82 ตามด้วย แปลงที่ปลูกปาล์มน้ำมันตามหลังพืชปาล์มน้ำมัน ข้าว ไม้ผล และยางพารา ตามลำดับ (Table 3)

Table 2 A number of fields with basal stem rot (BSR) incidence (%) of the survey fields in the upper southern Thailand

A survey field	Age of oil palm year after planting (year)				
	1-5	6-10	11-15	16-20	> 20
Number of fields with BSR incidence (%)	0.00	10.13	23.94	27.66	39.53

Table 3 Incidence of basal stem rot (BSR) disease in oil palm in relation to previous crops in the upper southern Thailand

A survey field	Previous crops				
	Oil palm	Coconut	Rubber	Rice	Orchards
Number of fields with BSR incidence (%)	27.03	33.82	6.98	17.18	11.11

2. สำรวจความต้องการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน 3 กลุ่ม ในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และกระบี่ แต่ละกลุ่มเป้าหมายมีลักษณะทั่วไป มีความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยของการเข้าร่วมโครงการ ปัญหาและข้อเสนอแนะต่อการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย พบว่า เกษตรกรกลุ่มที่ได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแล้ว มีประสบการณ์ในการทำสวนยาวนานที่สุดเฉลี่ย 20 ปี และมีรายได้จากการทำสวนปาล์มน้ำมันสูงสุดเฉลี่ย 42,503 บาท/ไร่/ปี (Table 4)

Table 4 Information of 3 group oil palm farmers in the upper southern Thailand (n=1,050)

Subject	RSPO farmer	Collaborative farmer	General farmer
Experience in oil palm production	20 years	17 years	15 years
The highest education level	primary school 39.3%	primary school 35.6%	primary school 38.7%
Full-time farmers	96.7%	94.4%	83.1%
Main channel of oil palm knowledge	online system of GIZ	DOAE Meeting	community leader and DOAE Meeting
Status in farmers group	collaborative farmer	no	no
Decision on fertilizer use	fertilizer analysis by government service	fertilizer analysis by government service	Shop
Recording production	96.7%	56.0%	no
Income from oil palm production	42,503 baht/rai/year	22,723 baht/rai/year	16,626 baht/rai/year

2. ข้อมูลปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของกลุ่มเกษตรกร พบว่า เกษตรกลุ่มที่เข้าร่วมโครงการแล้วและกลุ่มเกษตรกรทั่วไปจะ

ตัดสินใจเข้าร่วมโครงการมีปัจจัยสำคัญจากการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมเป็นลำดับแรก แต่กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ให้ความสำคัญกับปัจจัยทางเศรษฐกิจเป็นหลัก (Table 5)

Table 5 The factors of decision to participate in the sustainable and environment friendly oil palm production project of 3 group oil palm farmers in the upper southern Thailand

Priority	RSPO farmer	Collaborative farmer	General farmer
1	Environment	Economic	Environment
2	Economic	Society	Society
3	Society	Environment	Economic

3. ปัญหาและข้อเสนอแนะต่อการผลิตปาล์มน้ำมันแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของเกษตรแต่ละกลุ่ม พบว่า เกษตรกรกลุ่มที่อยู่ในโครงการแล้วจะประสบปัญหาเรื่องค่าธรรมเนียมในการตรวจรับรองและอยู่ระหว่างการรอขายเครดิตคาร์บอน แต่เกษตรกรกลุ่มแปลงใหญ่และเกษตรกรทั่วไปยังประสบปัญหาใหญ่จากราคาปุ๋ยสูง และไม่มีความรู้เกี่ยวกับการขายเครดิตคาร์บอน ส่วนข้อเสนอแนะ พบว่า ต้องการให้มีการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการขอการรับรอบแปลงทั้ง 3 กลุ่มเป้าหมาย รองลงมาต้องการให้มีการขยายจำนวนสมาชิกต่อกลุ่มโครงการเพื่อให้เกษตรกรที่สนใจได้มีโอกาสในการเข้าสู่ระบบได้ (Table 6)

Table 6 Barriers and suggestion of oil palm sustainable production from 3 group oil palm farmers in the upper southern Thailand

Subject	RSPO farmer	Collaborative farmer	General farmer
Barriers	-Certification cost -A Number of member group were small	-High cost of Fertilizer -Certification cost -Lack of knowledge with carbon credit trading	-High cost of Fertilizer -Certification cost - Lack of knowledge with production and carbon credit trading
Suggestion	-Supporting certification cost -Increasing knowledge and opportunity about carbon credit	-Control fertilizer price -Supporting certification cost -Increasing knowledge and opportunity about carbon credit	-Control fertilizer price -Supporting certification cost -Increasing knowledge and opportunity about carbon credit

3. ขยายผลองค์ความรู้การผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแบบมีส่วนร่วม

จากแผนงานและการดำเนินการขยายผลองค์ความรู้แบบมีส่วนร่วม ได้ผลการดำเนินงาน ดังนี้

1. ได้คัดเลือก 8 องค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคใต้ตอนบน คือ (1) ความรู้พื้นฐานของปาล์มน้ำมัน (2) พันธุ์ การคัดเลือก และการเลือกซื้อต้นกล้าปาล์ม (3) การปลูกปาล์ม

น้ำมัน (4) การจัดการผลผลิตปาล์มน้ำมัน (5) ธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ย (6) การจัดการสวนปาล์มอย่างยั่งยืน (7) มาตรฐานทะลายปาล์มและการเก็บเกี่ยว และ (8) การปลูกปาล์มน้ำมันทดแทน

2. ได้คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายเพื่อส่งเสริมเป็นชุมชนนวัตกรรมการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จำนวน 3 กลุ่ม คือ (1) ชุมชนนาโพธิ์ อ.สวี จ.ชุมพร (2) ชุมชนคลองชะอุ่น อ.พนม จ.สุราษฎร์ธานี และ (3) ชุมชนลำทับ อ.ลำทับ จ.กระบี่

3. ได้นำองค์ความรู้จากข้อ 1. มาจัดทำเป็นหลักสูตรองค์ความรู้ ชื่อ การพัฒนาความรู้เกษตรกรรายย่อยปาล์มน้ำมันไทย (Thailand Oil Palm Smallholder Academy หรือ TOPSA) (Figure 1)

4. ได้คัดเลือกนักวิชาการเกษตรเป็นครูวิทยากร (Master trainer) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ตามหลักสูตร จำนวน 8 ท่าน (Appendix table 1) หัวข้อองค์ความรู้ละ 1 ท่าน และฝึกอบรมให้กับเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตรและเกษตรกร จำนวน 199 ราย (Figure 2)

5. ได้คัดเลือกกลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแปลงใหญ่นาโพธิ์ อ.สวี จ.ชุมพร กลุ่มแปลงใหญ่คลองชะอุ่น อ.พนม จ.สุราษฎร์ธานี และกลุ่มแปลงใหญ่ลำทับ อ.ลำทับ จ.กระบี่ เป็นแปลงต้นแบบในพื้นที่ โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วย 5 แปลงย่อย พื้นที่แปลงย่อยละ 10 ไร่ขึ้นไป มีต้นปาล์มน้ำมันอายุอยู่ระหว่าง 5-8 ปี เกษตรกรมีความยินดีและให้ความร่วมมือทำหน้าที่เป็นเกษตรกรต้นแบบ เป็นระยะเวลา 2 ปี และสามารถทำกิจกรรมตามคำแนะนำของโครงการ ด้วยการจัดการสวนตามมาตรฐาน BMP และมาตรฐานการลดก๊าซเรือนกระจกในสวนปาล์มน้ำมัน (Appendix table 2) และจากการประเมินผลศักยภาพการผลิตปาล์มน้ำมันและเกษตรกรเจ้าของแปลงต้นแบบทั้ง 3 จังหวัด พบว่า สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ร้อยละ 60 เพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 80 ได้ผลผลิตคุณภาพร้อยละ 100 และเกษตรกรสามารถนำความรู้ไปเผยแพร่และถ่ายทอดต่อได้ร้อยละ 40

6. ได้จัดทำแปลงสาธิตการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการดูแลรักษาสวนปาล์มน้ำมันและปฏิบัติตามมาตรฐาน BMP และมาตรฐานการลดก๊าซเรือนกระจก ในพื้นที่จำนวน 2 แปลง คือ พื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานี (Figure 3) และพื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกระบี่ (Figure 4) ภายใต้สังกัดสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Improving oil palm production to sustainable and environment friendly oil palm production between farmers and researchers with TOPSA training material

Figure 2 Training the trainer workshop on TOPSA training programs

Figure 3 Demonstration plot of sustainable oil palm in Surat Thani Agricultural Research and Development Center

Figure 4 Demonstration plot of sustainable oil palm in Krabi Agricultural Research and Development Center

7. ได้เครือข่ายเชื่อมโยงการผลิตปาล์มน้ำมัน จำนวน 3 เครือข่าย คือ (1) ชุมชนนาโพธิ์ อ.สวี จ.ชุมพร เชื่อมโยงกับโรงงานของ บริษัท ศรีเจริญ ปาล์ม ออยล์ จำกัด (สาขาชุมพร) (2) ชุมชนคลองชะอุ่น อ.พนม จ.สุราษฎร์ธานี เชื่อมโยงโรงงานของ บริษัท สมอทองปาล์ม 2 จำกัด และ (3) ชุมชนลำทับ อ.ลำทับ จ.กระบี่ เชื่อมโยงโรงงานของ บริษัท ไทยอินโด ปาล์มออยล์ แฟคทอรี่ จำกัด

8. ได้จัดทำฐานข้อมูลเกษตรกรผู้ร่วมกิจกรรมผ่านทางเว็บแอพพลิเคชั่น i-palm ซึ่งพัฒนาแอพพลิเคชั่นโดย GIZ และเกษตรกรสามารถใช้แอพพลิเคชั่นนี้ในการบันทึกข้อมูลการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน การบริหารจัดการ การเตรียมความพร้อมในการขอรับรองมาตรฐาน RSPO และสามารถรายงานค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อรองรับการซื้อ-ขายคาร์บอนเครดิตในอนาคตได้

สรุปผลการทดลอง

1. การให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบร่วมกับการจัดการสวนตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 4 ปี (2561-2564) ที่ปาล์มน้ำมันที่อายุต้น 5-12 ปีหลังปลูก สูงขึ้น 538.25 กิโลกรัมต่อไร่ และลดต้นทุนการผลิตได้ 0.26 บาทต่อกิโลกรัม

2. ปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนมีต้นเกิดโรคโคนเน่าจากเชื้อ *Ganoderma* sp. สูงร้อยละ 39.53 ของแปลงสำรวจ ในต้นปาล์มน้ำมันอายุมากกว่า 20 ปี และสูงร้อยละ 33.82 ในพื้นที่ปลูกมะพร้าวก่อนหน้า

3. ความต้องการลดโลกร้อนเป็นปัจจัยหลักสำหรับการตัดสินใจ ผลิตปาล์มน้ำมันแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเกษตรกรมีความต้องการให้ภาครัฐและ/หรือเอกชนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการขอรับการตรวจรับรองมาตรฐาน RSPO การเพิ่มจำนวนสมาชิกต่อกลุ่มสมาชิก และให้ความรู้ในการรับโอกาสในการขายคาร์บอนเครดิต

4. รูปแบบการขยายผลองค์ “หลักสูตร + ครูฝึกอบรม + แปลงสาธิตในพื้นที่รัฐ + แบบต้นแบบในพื้นที่เกษตรกร + เครื่องมือ (i-palm) + เครือข่าย (เกษตรกร รัฐ เอกชน ที่ต่อเนื่องเพื่อประเมินและแลกเปลี่ยนแบบมีส่วนร่วม)” เป็นรูปแบบการขยายองค์ความรู้ที่มีประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับมากกว่า 60%

การนำไปใช้ประโยชน์

ผลจากการดำเนินการวิจัยและขยายผลเครือข่ายการผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อให้เกิดความอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ส่งผลให้เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนมีองค์ความรู้ มีทักษะในการผลิต มีข้อมูลแนวโน้มหรือสถานการณ์ที่จะมีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้เกษตรกรสามารถนำไปปรับใช้และวางแผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น มีต้นทุนจากการใช้ปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม มีระบบการผลิตที่ปลอดภัยต่อเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม มีเครือข่ายการผลิตและการตลาดที่เข้มแข็ง และมีโอกาสมีรายได้เพิ่มจากการขายเครดิตคาร์บอนได้ และทั้งนี้เกษตรกรต้นแบบและแปลงต้นแบบในพื้นที่จะเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนองค์ความรู้ที่ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพให้กับเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันอื่นๆ ทั้งในพื้นที่แ ละนอกพื้นที่ได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำขอบคุณ

โครงการ การจัดการผลิตปาล์มน้ำมันแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ซึ่งมีรูปแบบการดำเนินการแบบมีส่วนร่วมกับหลายภาคส่วนในพื้นที่ บัดนี้ โครงการวิจัยมีความสำเร็จในการทำวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง ดังนั้น ผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยในสังกัดสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จึงขอขอบหน่วยงานกรมวิชาการเกษตรที่ให้โอกาสและให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณเกษตรกรและกลุ่มเกษตรกรผู้ร่วมศึกษาวิจัย ภาคเอกชน ได้แก่ โรงงานสกัดน้ำมัน ในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และกระบี่ และ GIZ และภาครัฐ ได้แก่ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันกระบี่ และกรมส่งเสริมการเกษตร ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับนักวิจัยของหน่วยงานเป็นอย่างดี และขอขอบคุณทีมงานผู้ช่วยนักวิจัยทุกท่านที่ร่วมแรงร่วมใจกันในการดำเนินการวิจัยอย่างเต็มกำลัง จนทำให้การดำเนินงานของโครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2554. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างถูกต้องและเหมาะสม. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 145 หน้า.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2565. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ.

Campbell, C.L. and L.V. Madden. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and Sons, USA.

RSPO. 2017. RSPO Strategy for Smallholder Inclusion. RSPO SMALLHOLDER STRATEGY. Kuala Lumpur.

ภาคผนวก

Appendix table 1 Name of master trainer for Thailand Oil Palm Smallholder Academy

No.	Subject	Name
1	Introduction to oil palm	Atchara Thongsawat
2	Planting Material	Unchalee Manthong
3	Oil palm planting	Sonchai Kwankuae
4	Oil palm management	Hathaikhan Shittha
5	Fertilizer management	Suchada Pochadom
6	Sustainable oil palm management	Somkid Damnoi
7	Harvesting management	Usa Chooruk
8	Replanting oil palm plantation	Supinya Junmee

Appendix table 2 Methods of best management practices (BMP) and greenhouse gases (GHG) management for oil palm management

No.	Topic of management
1	Harvesting with harvesting index
2	Harvesting with every 10 days
3	Recording bunch number
4	Using fertilizer with 4 R
5	Using empty fruit bunch and frond
6	Growing legumes and cover crop
7	Inter-cropping
8	Recording oil palm production with i-palm application

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3
Mungbean Variety “CHAI NAT 3”

อัจฉรา จอมสง่าวงศ์[1] อารดา มาสริ[2] เชาวนาถ พฤทธิเทพ[1] ชูชาติ บุญศักดิ์[1]
ปวีณา ไชยวรรณ์[1] วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว[1] ศมิษฐา แม้นเหมือน[1] กัญญรัตน์ จำปาทอง[1]
เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง[3] นิภาภรณ์ พรรณรา[4] สุมนา จำปา[4] เบญจมาศ คำสีบ[5]
ฉลอง เกิดศรี[1] จิราลักษณ์ ภูมิไธสง[6]
Achara Jomsangawong[1] Arada Masari[2] Chaowanart Phruetthithep[1] Choochat Bunsak[1]
Paveena Chaiwan[1] Wilairat Pankaew[1] Samittha Maenmeun[1] Kayarat Champathong[1]
Penrat Tiampeng[3] Nipapon Punnara[4] Sumana Jumpa[4] Benjamas Kumsueb[5]
Chalong Kerdsri[1] Jiraluck Phoomthaisong[6]

บทคัดย่อ

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 เป็นถั่วเขียวผิวมันสายพันธุ์กลายที่คัดได้จากถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 36 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาอัตรา 400 เกรย์ คัดเลือกและประเมินพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ระหว่างปี 2548-2561 เป็นถั่วเขียวผิวมันที่ให้ผลผลิตสูง มีขนาดเมล็ดใหญ่ ให้ผลผลิต 232 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ร้อยละ 13 และ 6 ตามลำดับ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 72.2 กรัม ผลผลิตและคุณภาพแป้งเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นวุ้นเส้น โดยให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 58.37 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ร้อยละ 4 มีค่าความเหนียวหนืดของน้ำแป้งสุกเหนียวมาก เท่ากับ 925 B.U. วุ้นเส้นสดมีคุณภาพดี สีขาวใส และเหนียวนุ่ม ให้ผลผลิตถั่วงอกสูง อัตราการเพาะถั่วงอกเท่ากับ 1:5.7 ถั่วงอกมีคุณภาพดี รสชาติหวาน กรอบ และไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว นอกจากนี้ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ยังมีลักษณะการสุกแก่ของฝักสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน ทำให้เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเขียว ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2562 โดยในปี 2562-2564 ได้ขยายผลการใช้ประโยชน์ไปสู่เครือข่ายผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์และเกษตรกรสามารถนำไปปลูกในพื้นที่รวม 83,700 ไร่ ได้ผลผลิตถั่วเขียว จำนวน 11,878 ตัน สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร 297 ล้านบาท เป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเอง และเสริมสร้างระบบการผลิตที่ยั่งยืนต่อไป

คำหลัก: ถั่วเขียว ปรับปรุงพันธุ์ การกลายพันธุ์ เครือข่ายผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์

---

[1] ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท 17000
[1] Chai Nat Field Crops Research Center, Muang, Chai Nat 17000
[2] สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
[2] Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900
[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
[3] Phetchabun Agricultural Research and Development Center 67000, Muang, Phetchabun 67000
[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
[4] Chiangmai Seed Research and Development Center, San Sai, Chiang Mai 50290
[5] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา 30340
[5] Nakhon Ratchasima Agricultural Research and Development Center, Sikhiu, Nakhon Ratchasima 30340
[6] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 17000
[6] Khon Kaen Field Crops Research Center, Muang, Khon Kaen 40000

ABSTRACT

A new mutant mungbean variety with high yield, large seed size and suitable for vermicelli processing, Chai Nat 3 was derived from Chai Nat 36 variety irradiated with 400 Gy of gamma rays and evaluated at the Chai Nat Field Crops Research Center between 2005 and 2018. Chai Nat 3 was certified by the Department of Agriculture since 1st March 2019. It gave an average seed yield of 232 kg/rai which was significantly higher than recommended varieties, Chai Nat 36 and Chai Nat 72 by 13 and 6%, respectively. its average 1,000 seed weight of 72.2 grams was significantly greater than those of the recommended varieties. Its starch percentage of 58.37 was 4% higher than Chai Nat 36 and Chai Nat 72 and starch quality had high paste viscosity of 925 B.U, indicating remarkably suitable for vermicelli processing. The fresh vermicelli qualities showed white, shiny and soft-sticky. For sprout processing, Chai Nat 3 gave a ratio of seed to sprout of 1: 5.7 with high quality of sweet taste, crispy and without raw smell. Likewisw, Chai Nat 3 with characteristics of synchronous maturity, high yield and large seed size has been widely accepted by farmers. Chai Nat 3 was certified by the Department of Agriculture since 1st March 2019. Nowadays, Chai Nat 3 is popularity for mungbean growers and having mungbean seed producer networks. In 2021, Chai Nat 3 had planting areas of 83,700 rai, attaining yield of 11,878 tons with the value of 297 million baht. With using Chai Nat 3 replacing the old varieties, mungbean growers would receive a higher yield and quality, strengthen and sustainable production, leading to a better living quality.

Key words: mungbean, breeding, mutation, seed producers network

คำนำ

ถั่วเขียว เป็นพืชเพื่อการบริโภคที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูง แต่มีไขมันต่ำ ผลผลิตส่วนใหญ่นำไปใช้เพื่อการบริโภคโดยตรง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น ถั่วงอก วุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว วุ้นเส้นกึ่งสำเร็จรูป แป้งชนิดต่าง ๆ ถั่วซีก และขนมชนิดต่าง ๆ เมล็ดถั่วเขียวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนมากกว่าน้ำมัน องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเขียวประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 50-60 โปรตีนประมาณร้อยละ 20-30 ไขมันร้อยละ 1-7 ความชื้นร้อยละ 10 และเยื่อใยร้อยละ 4-5 อาหารจากถั่วเขียวจะเป็นอาหารที่มีไฟเบอร์ และแร่ธาตุสูงมีแคลเซียม เหล็ก และวิตามินที่ละลายน้ำได้ในปริมาณสูง (Mosse and Pernollet, 1983)

ปี 2564 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียว 773,772 ไร่ ผลผลิตรวม 110,060 ตัน แต่มีความต้องการใช้ถั่วเขียวสูงถึง 128,608 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) เนื่องจากมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปวุ้นเส้นซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยผลผลิตส่วนใหญ่คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตถั่วเขียวทั้งหมด นำไปใช้ภายในประเทศเพื่อการบริโภคโดยตรง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ นำไปใช้ในอุตสาหกรรมเพาะถั่วงอก และวุ้นเส้น ใช้เพาะถั่วงอกประมาณ 70,000 ตัน ทำวุ้นเส้นประมาณ 50,000 ตัน ทำแป้งถั่วเขียวประมาณ 20,000 ตัน ทำขนมประมาณ

30,000 ตัน ใช้บริโภคโดยตรงประมาณ 10,000 ตัน และใช้สำหรับทำเมล็ดพันธุ์ประมาณ 15,000 ตัน ที่เหลือจะส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ เมล็ดถั่วเขียว ถั่วซีก วุ้นเส้น และแป้งถั่วเขียว อุตสาหกรรมที่ใช้ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ได้แก่ การผลิตวุ้นเส้น ซึ่งตลาดภายในประเทศมีการบริโภควุ้นเส้นปีละประมาณ 25,000-33,000 ตัน มูลค่าการตลาดประมาณ 25,000 ล้านบาท นอกจากนี้ยังส่งออกไป 50 ประเทศทั่วโลก โดยในปี 2564 ปริมาณการส่งออกรวม 2,143 ตัน มูลค่า 168 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2565)

ปัจจุบันผลผลิตถั่วเขียวที่ผลิตได้ในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ รวมถึงปัญหาถั่วเขียวที่มีลักษณะสุกแก่ไม่พร้อมกัน เมื่อใช้เครื่องจักรกลในการเก็บเกี่ยวทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ และปัญหาเมล็ดพันธุ์ดีมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรซื้อเมล็ดพันธุ์จากแหล่งที่ไม่มีคุณภาพ ส่งผลให้ผลผลิตต่ำ แนวทางแก้ไขปัญหาจึงควรพัฒนาพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูง มีลักษณะสุกแก่พร้อมกัน เพื่อให้เหมาะสำหรับการใช้เครื่องจักรกลในการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ การกระจายเมล็ดพันธุ์ดีสู่เกษตรกรอย่างเพียงพอเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรได้ผลิตถั่วเขียวอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพถั่วเขียวของประเทศดีขึ้น ตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแปรรูปอย่างพอเพียง และเกิดความยั่งยืนในการผลิตต่อไป

วัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้มีผลผลิตสูง คุณภาพดีเหมาะสำหรับการแปรรูป และการสุกแก่ของฝักสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3
2. ถั่วเขียวพันธุ์มาตรฐาน จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72
3. ปุ๋ยเคมี 12-24-12
4. สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

วิธีการ

ดำเนินการฉายรังสี คัดเลือกพันธุ์ ประเมินพันธุ์ และศึกษาข้อมูลจำเพาะของพันธุ์ ดังนี้

1. การฉายรังสี ในปี 2548 นำเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 36 ฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 400 เกรย์ ด้วยเครื่องแกมมาเตอร์ ที่ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมีซีเซียม-137 (Cs-137) เป็นต้นกำเนิดรังสี มีอัตรารังสี 8.22 เกรย์ต่อนาที

2. การคัดเลือกพันธุ์ นำเมล็ดที่ได้จากการฉายรังสีมาปลูกและคัดเลือกตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท โดยปลูกคัดเลือกในชั่วที่ 1-ชั่วที่ 4 ระหว่างปี 2548-2550

3. การประเมินพันธุ์

ดำเนินการเปรียบเทียบพันธุ์ทั้งในสภาพแปลงทดลองและไร่เกษตรกร ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3-4 ซ้ำ โดยใช้พันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ระหว่างปี 2551-2557 โดยการเปรียบเทียบเบื้องต้น จำนวน 2 แปลง 32 พันธุ์/สายพันธุ์ การเปรียบเทียบมาตรฐาน จำนวน 2 แปลง 16 พันธุ์/สายพันธุ์ การเปรียบเทียบในท้องถิ่น จำนวน 3 แปลง 12 พันธุ์/สายพันธุ์ และการเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร รวม 6 แปลง 8 พันธุ์/สายพันธุ์

ขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์

การฉายรังสี การคัดเลือกพันธุ์ และประเมินผลผลิต ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ (Figure 1)

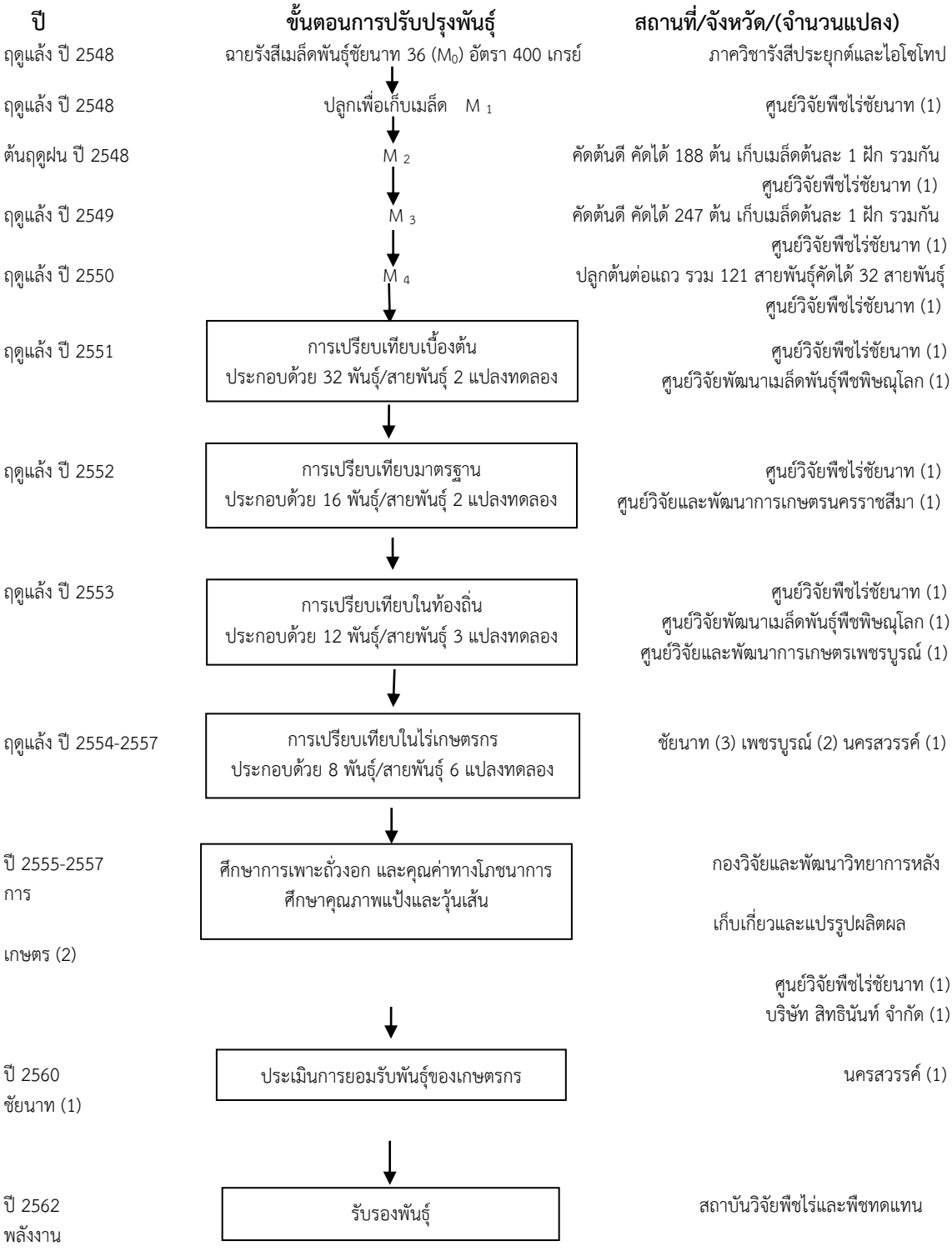


Figure 1 Chai Nat 3 varietal improvement flowchart

4. การวิเคราะห์เสถียรภาพในการให้ผลผลิต

วิเคราะห์เสถียรภาพในการให้ผลผลิต และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ในขั้นตอนการเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร ตามวิธีการของ Eberhart and Russell (1966)

5. คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด ตามวิธีของ AOAC (1990 และ 2000) ที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

6. ศึกษาคุณภาพแป้งถั่วเขียว และการแปรรูปแป้งและวุ้นเส้น

วิเคราะห์แป้งด้วยเครื่อง Brabender Amylograph ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ บริษัท สิทธินันท์ จำกัด แปรรูปแป้งและวุ้นเส้นด้วยเครื่องทำวุ้นเส้นในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน (ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, 2555)

7. ศึกษาการเพาะถั่วงอก

ศึกษาการเพาะถั่วงอกของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ปี 2556 ใช้เมล็ดถั่วเขียวจำนวน 1,000 กรัม บันทึกเปอร์เซ็นต์ความงอก ลักษณะถั่วงอก ความกว้าง ความยาวต้นอ่อน น้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ ความหวาน ความกรอบ กลิ่น และรสชาติ ให้คะแนนรสชาติ กลิ่น และความกรอบ

8. การประเมินการยอมรับของเกษตรกร

การประเมินการยอมรับพันธุ์ถั่วเขียวของเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเขียว จำนวน 45 ราย เป็นเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 35 ราย และเกษตรกรจังหวัดชัยนาท จำนวน 10 ราย ในปี 2560 โดยใช้แบบประเมินสอบถามความคิดเห็นเกษตรกรที่มีต่อถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3

9. การพัฒนาหมู่บ้านผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ในระดับชุมชน

ดำเนินการคัดเลือกเกษตรกรเพื่อเป็นเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวชั้นพันธุ์จำหน่าย โดยคัดเลือกเกษตรกรที่มีศักยภาพในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ การปรับปรุงสภาพและการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ จากนั้นศูนย์ฯ ส่งมอบเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวชั้นพันธุ์ขยายให้กับเครือข่ายเกษตรกร สำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวชั้นพันธุ์จำหน่ายภายใต้คำแนะนำของนักวิชาการ เพื่อให้เกษตรกรมีเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคุณภาพดีเก็บไว้ใช้เอง และจำหน่ายให้กับเกษตรกรในพื้นที่ (Figure 2)

ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ในระหว่างปี 2548-2564 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

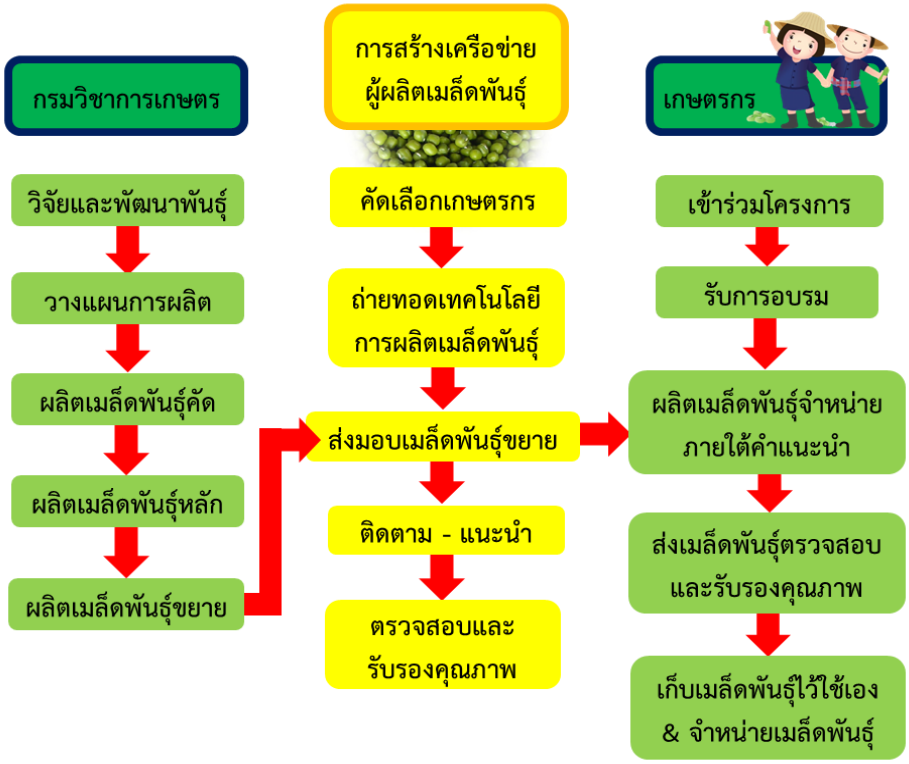


Figure 2 Procedure of mungbean seed village

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การฉายรังสี

นำเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 36 มาฉายรังสีแกมมาในปริมาณ 400 เกรย์ ด้วยเครื่องแกมมาเตอร์ ที่ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมีซีเซียม-137 (Cs-137) เป็นต้นกำเนิดรังสี มีอัตรารังสี 8.22 เกรย์ต่อนาที ในปี 2548

2. การคัดเลือก

คัดเลือกในชั่วที่ 2 และ 3 ได้จำนวน 247 และ 121 ต้น ตามลำดับ และในชั่วที่ 4 ปลูกแบบต้นต่อแถว สามารถคัดเลือกสายพันธุ์กลายได้ 32 สายพันธุ์

3. การประเมินพันธุ์

การประเมินผลผลิตระหว่างปี 2551-2557 ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 232 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ร้อยละ 13 และ 6 ตามลำดับ และให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เฉลี่ย 72.2 กรัม สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ร้อยละ 2 และ 1 ตามลำดับ (Table 1)

ลักษณะประจำพันธุ์ ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 มีลักษณะการเจริญเติบโตเป็นแบบตั้งตรง สีโคนต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยงมีสีเขียว สีใบมีสีเขียวอ่อน รูปร่างใบย่อยใบกลางมีรูปคล้ายสามเหลี่ยม ดอกมีสีเหลืองอ่อน สีกลีบเลี้ยงมีสีเขียว ฝักอ่อนมีสีเขียวอ่อน ฝักแก่มีสีดำ มีลักษณะกลม และเมล็ดมีสีเขียวรูปทรงกระบอก ลักษณะทางการเกษตร อายุถึงวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ 35 วัน อายุเก็บเกี่ยว 65 วัน ความสูงต้น 63 เซนติเมตร ความยาวฝัก 9.1 เซนติเมตร จำนวนฝักต่อต้น 14 ฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก 11 เมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 72.2 กรัม (Figure 3)

4. การวิเคราะห์เสถียรภาพผลผลิต

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 มีเสถียรภาพการให้ผลผลิตที่ดี โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย ในขั้นเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร 234 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 212 และ 217 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2)

5. คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ด

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดถั่วเขียว พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 58.37 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 56.17 และ 56.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า 24.05 1.03 4.50 และ 4.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3)

6. การแปรรูปแป้งและวุ้นเส้น

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ให้ค่าความเหนียวหนืดของน้ำแป้งสุกเหนียวมาก มีค่าความหนืด 925 B.U. ลักษณะวุ้นเส้นสดมีสีขาวใส และเหนียวนุ่ม วุ้นเส้นที่ได้มีคุณภาพดี เส้นเหนียว ไม่ขาดง่าย

คุณภาพวุ้นเส้นสุก พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 มีสัดส่วนของน้ำหนักวุ้นเส้นแห้ง:น้ำหนักวุ้นเส้นสุก เท่ากับ 1:4.9 วุ้นเส้นมีสีขาวใส ความเหนียวของวุ้นเส้นอยู่ในระดับดี (Table 4)

7. ศึกษาการเพาะถั่วงอก

การเพาะถั่วงอกจากเมล็ดถั่วเขียว 1,000 กรัม ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ให้ความยาวรากของถั่วงอก 5.8 เซนติเมตร ความยาวต้นอ่อน 5.1 เซนติเมตร ความกว้างต้นอ่อน 3.3 มิลลิเมตร ความแน่นเนื้อ 3.0 นิวตัน น้ำหนักถั่วงอกสด 5,707 กรัม โดยให้อัตราการเพาะถั่วงอก 1: 5.7 ส่วนพันธุ์ชัยนาท 36 และพันธุ์ชัยนาท 72 ให้อัตราการเพาะถั่วงอก 1: 5.5 และให้รสชาติถั่วงอกหวานใกล้เคียงกับพันธุ์ชัยนาท 36 และพันธุ์ชัยนาท 72 โดยมีค่าความหวาน 7.69 องศาบริกซ์ ส่วนพันธุ์ชัยนาท 36 และ พันธุ์ชัยนาท 72 มีความหวาน 7.32 และ 7.53 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ถั่วงอกมีความกรอบและไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว (Table 5)

8. การประเมินการยอมรับของเกษตรกร

ผลการประเมินเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ในจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 35 ราย และจังหวัดชัยนาท จำนวน 10 ราย พบว่า เกษตรกรทุกรายชอบการสุกแก่ของฝักสม่ำเสมอ โดยเกษตรกรในจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดชัยนาท ชอบผลผลิตสูง ร้อยละ 57 และร้อยละ 50 ตามลำดับ (Table 6)

9. การพัฒนาหมู่บ้านผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ในระดับชุมชน

ดำเนินการคัดเลือกเกษตรกรเครือข่ายผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ จำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเกษตรกรเครือข่ายอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอวังทรายพูน จังหวัดพิจิตร อำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท และอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ระหว่างปี 2563-2564 มีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว จำนวน 37 ราย พื้นที่ปลูก 259 ไร่ ได้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว จำนวน 22,118 กิโลกรัม โดยเกษตรกรเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง จำนวน 4,564 กิโลกรัม และจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ให้กับเกษตรกรในชุมชน จำนวน 17,554 กิโลกรัม โดยต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 1,976 บาทต่อไร่ เกษตรกรสร้างรายได้ 2,623 บาทต่อไร่ มีผลกำไร 647 บาทต่อไร่ (Table 7) และเมล็ดพันธุ์ที่เกษตรกรผลิตได้ พบว่า มีคุณภาพเมล็ดผ่านตามมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวชั้นพันธุ์จำหน่าย เกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการปลูกถั่วเขียวในด้านเมล็ดพันธุ์ และหากเกษตรนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพไปจำหน่าย เกษตรกรจะได้ราคาสูงกว่าการจำหน่ายเมล็ดทั่วไป ซึ่งมีราคา 24 บาทต่อ

กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ประมาณ 5-10 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 21-42 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 232 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ชัยนาท 36 และชัยนาท 72 ร้อยละ 13 และ 6 ตามลำดับ ให้ขนาดเมล็ดใหญ่ โดยให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด เฉลี่ย 72.2 กรัม เหมาะสำหรับการเพาะถั่วงอก โดยให้น้ำหนักสดถั่วงอกสูง และอัตราการเพาะถั่วงอก 1:5.7 คุณภาพของถั่วงอกรสชาติหวาน กรอบ และไม่มีกลิ่นเหม็นเขียว มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง 58.37 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นวุ้นเส้น ให้ค่าความเหนียวหนืดของน้ำแป้งสุกเหนียวมาก มีค่าความหนืด 925 B.U. ลักษณะวุ้นเส้นสดมีสีขาวใส และเหนียวนุ่ม วุ้นเส้นที่ได้มีคุณภาพดี เส้นเหนียว ไม่ขาดง่าย และการสุกแก่ของฝักสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน เกษตรกรให้การยอมรับถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 สามารถขยายผลการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ผ่านการสร้างเครือข่ายเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ จำนวน 4 กลุ่ม ได้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคุณภาพดี จำนวน 23 ตัน

การนำไปใช้ประโยชน์

การขยายผลถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3 ระหว่างปี 2562-2565 ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท และหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวชั้นพันธุ์คัด ชั้นพันธุ์หลัก ชั้นพันธุ์ขยาย และชั้นพันธุ์จำหน่าย เพื่อจำหน่าย จ่ายแจก ปริมาณรวม 589 ตัน ให้แก่ เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท นครสวรรค์ อุทัยธานี ลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ พิจิตร กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย ตาก ขอนแก่น หนองบัวลำภู และบุรีรัมย์ เป็นต้น และหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัย โครงการตามนโยบายของรัฐบาล เช่น ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) โครงการส่งเสริมการปลูกพืชหลากหลาย (พืชหลังนา) โครงการศูนย์ผลิตเมล็ดพันธุ์พืชตระกูลถั่วชุมชน เป็นต้น สามารถนำไปปลูกได้ในพื้นที่ 83,700 ไร่ ได้ผลผลิต 11,878 ตัน สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ใช้ประโยชน์เป็นเงิน 297 ล้านบาท (Table 8) เมื่อนำผลผลิตแปรรูปเป็นวุ้นเส้น จะได้ผลิตภัณฑ์ประมาณ 3,600 ตัน (สัดส่วนเมล็ดถั่วเขียวต่อวุ้นเส้น เท่ากับ 10:3) คิดเป็นมูลค่า 432-648 ล้านบาท (ราคาวุ้นเส้น 120-180 บาทต่อกิโลกรัม) ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วเขียว และสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศ

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ผู้อำนวยการศูนย์วิจัย ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุน ในการดำเนินการทดลอง นักวิชาการของศูนย์วิจัยต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือ แนะนำ ช่วยเหลือ และร่วมดำเนินการวิจัย รวมทั้งกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของถั่วงอก ขอบคุณบริษัท สิทธินันท์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์คุณภาพแป้งถั่วเขียว ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ร่วมจัดทำแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ และทดสอบพันธุ์ทุกท่าน ขอขอบคุณ นางสุมนา งามผ่องใส ที่ได้ให้คำแนะนำในหลักการปรับปรุงพันธุ์ และบริหารเชื้อพันธุกรรมในโครงการปรับปรุงพันธุ์ คณะผู้ดำเนินงานขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์. 2565. *ข้อมูลส่งออกวุ้นเส้น ปี 2564.* แหล่งที่มา: http://www.ops3.moc.go.th/infor/HS/export/export_commodity/report.asp สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2565.

ชูชาติ บุญศักดิ์ สุมนา งามผ่องใส อารดา มาสริ จิราลักษณ์ ภูมิไธสง เชาวนาถ พฤทธิเทพ และสุวิมล ถนอมทรัพย์. 2556. ศึกษาปริมาณแป้งในถั่วเขียวสายพันธุ์ดีเด่นเพื่อผลผลิตวุ้นเส้น. หน้า 78-87. *ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2556 ถั่วเขียว ข้าวโพดฝักสด พืชเศรษฐกิจอื่น.* ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชูชาติ บุญศักดิ์ ศิริวรรณ อำพันฉาย ภภัสสร วัฒนกุลภาคิน กัณฑิมา ทองศรี จิราลักษณ์ ภูมิไธสง อารดา มาสริ เชาวนาถ พฤทธิเทพ ปวีณา ไชยวรรณ์ อัจฉรา จอมสง่าวงศ์ วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว ฟองเซ่น ยาง สโรชา ถึงสุข เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง ศุภลักษ์ สัตยสมิทสถิต สุนทรีพร ศรีสมบุญ และเพชลดา นวลตาล. 2564. การพัฒนาหมู่บ้านเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในระดับชุมชน. หน้า 472-493. *ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2564 ถั่วเขียว ข้าวโพดฝักสด พืชเศรษฐกิจอื่น.* ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. 2555. การแปรรูปถั่วเขียว. เอกสารเผยแพร่. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. หน้า 14-19.

สุมนา งามผ่องใส สมศักดิ์ อิทธิพงษ์ เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง อารดา มาสริ เชาวนาถ พฤทธิเทพ ชูชาติ บุญศักดิ์ และพัชรินทร์ กิติรัตน์. 2556. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อต้านทานโรคราแป้ง: การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร. หน้า 41-49. *ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2556 ถั่วเขียว ข้าวโพดฝักสด และพืชเศรษฐกิจอื่น.* ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. *สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2564.* สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 91 หน้า.

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. Association of Analytical Chemists. Washington, DC.

AOAC. 2000. *Official Method of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Virginia.

Eberhart, S.A and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.

Mosse, J. and J.C. Pernollet. 1983. *Storage proteins of legume seeds*. Pages 111-193. *In: Chemistry and Biochemistry of legumes*. London.

Table 1 Yield and 1,000 seed weight of mungbean, Chai Nat 3, Chai Nat 36 and Chai Nat 72 from yield trials carried out in the dry and late rainy seasons during 2008-2014.

Varieties	Yield (kg/rai)				Mean [5]	% relative to	
	PT[1]	ST[2]	RT[3]	FT[4]		Chai Nat 36	Chai Nat 72
Chai Nat 3	219	245	231	234	232	113	106
Chai Nat 36	169	223	221	212	206	100	94
Chai Nat 72	215	225	222	217	220	107	100
1,000 seed weight (g)							
Chai Nat 3	70.7	76.0	71.0	71.1	72.2 (102)	102	101
Chai Nat 36	68.5	77.5	67.5	70.5	71.0 (100)	100	99
Chai Nat 72	71.7	75.2	68.4	70.7	71.5 (101)	101	100

[1]Average from 2 locations [2]Average from 2 locations [3]Average from 3 locations [4]Average from 6 locations [5]Average from 13 locations

Table 2 Yield, regression coefficient and deviation from farm trials carried out in the dry and late rainy seasons during 2011-2018.

Varieties	Yield (kg/rai)[1]	Regression (b_i)	Deviation from regression (S^2d_i)
Chai Nat 3	234	1.00	521
Chai Nat 36	212	0.88	379
Chai Nat 72	217	0.99	367
CV (%)	**15.07**	-	-

[1] Average from 6 locations

Table 3 Seed chemical composition of Chai Nat 3, Chai Nat 36 and Chai Nat 72.

Seed chemical compositon[1]	Varieties		
	Chai Nat 3	Chai Nat 36	Chai Nat 72
1. Starch (%)	58.37	56.17	56.35
2. Protein (%)	24.05	22.47	22.61
3. Fat (%)	1.03	1.08	1.06
4. Fiber (%)	4.50	4.40	4.52
5. Ash (%)	4.12	3.95	4.10

[1] Analysis by AOAC method (1990 and 2000) at the Postharvest and Processing Research and Development Division

Table 4 Starch analysis, fresh and soaked vermicelli characteristics of mungbean Chai Nat 3, Chai Nat 36 and Chai Nat 72.

Composition	Varieties		
	Chai Nat 3	Chai Nat 36	Chai Nat 72
Starch analysis			
Paste viscosity	viscous	viscous	viscous
Paste[1]	3	3	3
Viscosity (B.U.)	925	939	1009
Fresh vermicellii			
Fresh weight [2] (g)	2,780	2,640	2,775
Color	white	white	white
Soaked vermicelli			
Color	white	white	white
Viscosity[3]	5	5	5
Dry weight (g)	558	550	569
Dry vermicelli wt.: fresh vermicelli wt.	1:4.9	1:4.8	1:4.8

Sources: Choochat *et al.* (2013)

[1]Paste score: 1=Low 2=Moderate 3=High [2]Starch yield 3 kg [3]Viscosity score: 1=Low 3=Moderate 5=High

Table 5 Mungbean sprouts comparison of Chai Nat 3, Chai Nat 36 and Chai Nat 72.

Sprout characteristic	Varieties		
	Chai Nat 3	Chai Nat 36	Chai Nat 72
Root length (cm)	5.8	5.7	6.2
Hypocotyl length (cm)	5.1	5.2	5.1
Hypocotyl width (mm)	3.3	3.4	3.3
Brix (%)	7.69	7.32	7.53
Firmness (newton)	3.0	3.0	2.9
Sprout fresh weight (g) [1]	5,707	5,490	5,493
Seed dry wt.: Sprout fresh wt.	1:5.7	1:5.5	1:5.5
Taste	sweet	sweet	sweet
Smell	without raw	without raw	without raw
Crispiness	Crispy	Crispy	Crispy

Source: Sumana *et al.* (2013) [1] mungbean seed 1,000 gram

Table 6 A study on farmer's adoption of Chai Nat 3 conducted in Nakhonsawan and Chai Nat provinces indicated that all famers preferred the Chai Nat 3 in 2017.

Characteristics	Preference percentage (%)	
	Nakhonsawan[1]	Chai Nat[2]
Favor		
Favor	100	100
Disfavor	0	0
Characteristics of mungbean (>1 characteristics)		
Synchronous maturity	100	100
High yield	57	50

[1]35 persons of farmers in Nakhonsawan provinces.

[1]10 persons of farmers in Chai Nat provinces.

Table 7 Summary of farmer, harvested area, grain yield, seed yield, stock seed and sold seed in 2020-2021.

Farmer Group	Season/Year	Number of farmer	Harvested area (rai)	Seed Yield (kg)	Stock seed (kg)	Sold seed (kg)	Cost (Baht/rai)	Income (Baht/rai)
Nongphai, Phetchabun	dry/2020	10	51	7,928	2,404	5,524	2,260	4,628
	dry/2021	7	43	713	285	428	1,660	400
Wang Saipoon, Phichit	dry/2020	5	34	3,524	-	3,524	1,950	3,120
	dry/2021	5	50	3,062	300	2,762	1,975	2,190
Sankhaburi, Chainat	dry/2021	6	33	2,264	500	1,764	2,040	2,490
Banrai, Uthai Thani	rain/2021	4	48	4,627	1,075	3,552	1,970	2,910
Total/Average		37	259	22,118	4,564	17,554	1,976	2,623

Source: Choochat *et al.* (2021)

Table 8 Seed production and utilization of Chai Nat 3 variety.

Producer	2020-2022 (Year)				Utilization		
	Breeder[1] seed (tons)	Foundation[1] seed (tons)	Registered[1] seed (tons)	Certified[2] seed (tons)	Planting[3] area (rai)	Yield[4] (tons)	Income[5] value (million Baht)
1. Chai Nat Field Crop Research Center	5	55	116	-	16,500	2,343	59
2. Seed Production center of Department of Agriculture	-	-	450	-	64,000	9,080	227
3. Mungbean seed producer network	-	-	-	23	3,200	455	11
Total	**5**	**55**	**566**	**23**	**83,700**	**11,878**	**297**

[1] Data from DATA-BASED for PLANT PRODUCTION, Department of Agriculture

[2] Choochat *et al.* (2021)

[3] Calculated from seed rate 7 kg/rai

[4] Calculated from average yield of 142 kg/rai (Office of Agricultural Economics, 2021)

[5] Calculated from sold price at 25 baht/kg (Office of Agricultural Economics, 2021)

Figure 3 Characteristics of Chai Nat 3

Figure 4 Extending utilization of mungbean variety, Chai Nat 3 to farmers.

ตากฟ้า 8 : ฝ้ายเส้นใยสีน้ำตาล ทนทานเพลี้ยจักจั่น อายุเก็บเกี่ยวสั้น

Tak Fa 8: Brown Cotton Fiber, Jassid Tolerance and Early Maturity

พยุดา จันทร์เกื้อ[1/] ปริญญา สีบุญเรือง[1/] อมรา ไตรศิริ[1/] ศิวิไล ลาภบรรจบ[1/]
วรกานต์ ยอดชมภู[2/] พรพรรณ สุทธิแย้ม[2/] ศุภกาญจน์ ล้วนมณี[3/]
ดาวรุ่ง คงเทียน[4/] ปรีชา แสงโสดา[5/] สมใจ โควสุรัตน์[6/] จุฑามาศ ศรีสำราญ[7/]
พิกุล ซุนพุ่ม[8/] นิมิตร วงศ์สุวรรณ[9/] เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง[10/]
พรรณพิมล สุริยะพรหมชัย[11/] กัลยา เกาะกากลาง[12/]

Payuda Jankua[1/] Parinya Sebunruang[1/] Amara Traisiri[1/] Siwilai Lapbanjob[1/]
Worakarn Yodchompoo[2/] Pornparn Suddhiyam[2/] Suphakarn Luanmanee[3/]
Dowrung Kongtien[4/] Preecha Sangsoda[5/] Somjai Kowsurat[6/] Juthamas Srisamran[7/]
Phikun Sunphum[8/] Nimit Wongsuwan[9/] Penrat Tiempeng[10/]
Panpimon Suriyapromchai[11/] Kanlaya khokaklang[12/]

บทคัดย่อ

ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วิจัยและปรับปรุงพันธุ์ฝ้าย เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีเส้นใยสั้นสีน้ำตาล ผลผลิตสูง ต้านทานโรค ทนทานต่อแมลงศัตรูฝ้าย และมีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ดำเนินการพัฒนาพันธุ์ตั้งแต่ปี 2549 ด้วยการนำพันธุ์ AKH4 ที่ใช้เป็นพันธุ์แม่ ซึ่งมีเส้นใยสีขาว ผลผลิตสูง และอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ไปผสมข้ามกับพันธุ์พ่อ ตากฟ้า 3 ซึ่งมีเส้นใยสั้นสีน้ำตาล และต้านทานต่อโรคใบหงิก ทำการคัดเลือกแบบ Mass selection และ Pedigree selection ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ระหว่างปี 2551-2555 ประเมินผลผลิตและศึกษาข้อมูลจำเพาะ ระหว่างปี 2556-2562 พบว่าพันธุ์ตากฟ้า 8 เส้นใยสั้นสีน้ำตาล ให้ผลผลิตเฉลี่ย 154 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 ร้อยละ 34 ต้านทานต่อโรคใบหงิก และทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในสภาพปลอดจากการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย ตลอดจนมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 การนำไปใช้ประโยชน์ ได้นำฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ไปถ่ายทอดเทคโนโลยีให้เกษตรกรผู้ปลูกฝ้าย และต่อยอดความรู้ด้านการสร้างผลิตภัณฑ์ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม รวมทั้งผลักดันให้เกิดกลุ่มผู้ปลูกและผลิตหัตถกรรมสิ่งทอครบวงจรในชุมชนโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผ่านโครงการฝึกอบรมหลักสูตรต่างๆ เช่น โครงการเทคโนโลยีการผลิตฝ้ายและคราม เสริมสร้างอัตลักษณ์ผ้าทอมืออีสานสร้างสรรค์เศรษฐกิจชุมชน เพื่อรองรับการผลิตหัตถกรรมสิ่งทอในท้องถิ่น

คำสำคัญ : ฝ้าย เส้นใยสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่น โรคใบหงิก อายุเก็บเกี่ยวสั้น

[1/]ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์
[2/]ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
[3/]กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
[4/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรราชบุรี
[5/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย
[6/]ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี
[7/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร
[8/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมุกดาหาร
[9/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์
[10/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์
[11/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่
[12/]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลำปาง

[1/]Nakhon Sawan Field Crops Research Center
[2/]Chiang Mai Field Crops Research Center
[3/]Agricultural Production Science Research and Development Division
[4/]Ratchaburi Agricultural Research and Development Center
[5/]Loei Agricultural Research and Development Center
[6/]Ubon Ratchathani Field Crops Research Center
[7/]Sakon Nakhon Agricultural Research and Development Center
[8/] Mukdahan Agricultural Research and Development Center
[9/]Kalasin Agricultural Research and Development Center
[10/]Phetchabun Agricultural Research and Development Center
[11/]Phrae Agricultural Research and Development Center
[12/]Lampang Agricultural Research and Development Center

ABSTRACT

Research and development on cotton variety was carried out at Nakhon Sawan Field Crops Research Center aiming to select a new variety with high yield, short-staple brown cotton fiber, disease and insect tolerance and early maturity. The breeding program has been initiated since 2006 by crossing the female parent AKH4, white cotton fiber with high yield potential and early maturity with male parent Tak Fa 3, short-staple, brown cotton fiber and resistant to leafroll disease. Plants were then selected using mass selection and pedigree method during 2008-2012. Yield evaluations and specifications data studied were conducted during 2013-2019. The results showed that Tak Fa 8 were short-staple brown cotton fiber, average seed cotton yield was 154 kg/rai with 34% greater than Tak Fa 3, resistance to leafroll disease, jassid tolerance under non-systemic insecticide application and early maturity. Technology transfer of the new variety Tak Fa 8 was subsequently implemented to cotton growers along with the improvement of their skill creating high value handicraft products from Tak Fa 8. Moreover, training activities were organized to encourage villagers to form a groups of cotton grower and processing in the rural community particularly northeastern region. Those training programs include technology of cotton and indigo production to strengthen the identity of the Isaan hand-woven fabrics which support both cotton growers and weaving communities ultimately.

Keywords: cotton, brown cotton fiber, jassid, leafroll disease, early maturity

คำนำ

กลุ่มผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอ โดยเฉพาะในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความต้องการปลูกฝ้ายซึ่งเป็นพืชประจำถิ่น เพื่อนำเส้นใยที่ได้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตหัตถกรรมสิ่งทอ ทั้งนี้พันธุ์ฝ้ายที่ใช้ปลูกต้องมีความทนทานต่อโรคและแมลง เพื่อง่ายต่อการดูแลรักษา อีกทั้งยังช่วยลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (ปริญญา และคณะ, 2556) ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จึงได้พัฒนาพันธุ์ฝ้ายในกลุ่มฝ้ายพันธุ์พื้นเมืองในสกุล *Gossypium arboreum* ให้มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรค และทนทานต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูฝ้าย โดยเฉพาะเพลี้ยจักจั่นฝ้าย เพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายลงได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจะนำไปสู่การที่เกษตรกรสามารถ ลด ละ หรือ เลิกการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง หากมีการจัดการที่เหมาะสม เพื่อรองรับการผลิตฝ้ายอินทรีย์ เพิ่มความปลอดภัยต่อสุขภาพผู้บริโภคและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนมีเส้นใยสีตามธรรมชาติโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการฟอกย้อม ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคที่หันมานิยมใช้เส้นใยฝ้ายสีตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับฝ้ายพันธุ์แนะนำตากฟ้า 3 ที่มีเส้นใยสีน้ำตาล แต่ให้ผลผลิตสูงกว่า เส้นใยมีสีน้ำตาลเข้มกว่า และมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 สำหรับใช้ในการผลิตหัตถกรรมสิ่งทอในชุมชน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพัฒนาสายพันธุ์

ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ดำเนินการพัฒนาพันธุ์ตั้งแต่ปี 2549 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ด้วยการนำพันธุ์ AKH4 เป็นพันธุ์แม่ ซึ่งมีเส้นใยสีขาว ผลผลิตสูง และอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ไปผสมข้ามกับพันธุ์พ่อ คือ ตากฟ้า 3 ซึ่งมีเส้นใยสั้นสีน้ำตาล และต้านทานต่อโรคใบหงิก แล้วทำการคัดเลือกแบบ Mass selection และ Pedigree selection ที่ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ระหว่างปี 2551-2555 จนได้สายพันธุ์ดีเด่นจำนวน 30 สายพันธุ์ จากนั้นจึงทำการประเมินผลผลิตและศึกษาข้อมูลจำเพาะของสายพันธุ์ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์พืชของกรมวิชาการเกษตร ระหว่างปี 2556-2562

2. การศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้าย

การศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้ายดำเนินการในปี 2562 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot 3 ซ้ำ Main plot ประกอบด้วยการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย 4 กรรมวิธี คือ 1) พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 1 ครั้ง จนถึงระยะที่ฝ้ายอายุ 100 วัน 2) พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 1 ครั้งในระยะที่ฝ้ายอายุ 50-100 วัน 3) พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย เมื่อปริมาณแมลงศัตรูถึงระดับเศรษฐกิจ 4) ไม่มีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย โดย 3 กรรมวิธีแรกปฏิบัติตามคำแนะนำของกลุ่มกีฏและสัตววิทยา (กรมวิชาการเกษตร, 2553) Sub plot ประกอบด้วยฝ้าย 4 สายพันธุ์/พันธุ์ คือ AKH4 ตากฟ้า 8 ตากฟ้า 3 และตากฟ้า 2 โดยตรวจนับแมลงศัตรูฝ้าย สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

3. ทดสอบปฏิกิริยาของพันธุ์/สายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิก

ทดสอบปฏิกิริยาของพันธุ์/สายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิกในสภาพเรือนทดลอง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ในปี 2556-2557 ใช้พันธุ์ตากฟ้า 2 เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบสำหรับพันธุ์ต้านทานโรค และพันธุ์เดลต้าไพน์สมูทลีฟ เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบสำหรับพันธุ์อ่อนแอต่อโรค โดยปลูกฝ้ายในกระถางๆ ละ 5 ต้น จำนวน 4 กระถาง/ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ เมื่อฝ้ายอายุ 7 วัน ถ่ายทอดโรค โดยย้ายเพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii* Glover) จากต้นเป็นโรคลงบนพันธุ์ทดสอบ จำนวน 30 ตัวต่อต้น ปล่อยให้เพลี้ยอ่อนดูดกินน้ำเลี้ยงและถ่ายทอดโรคเป็นเวลา 3 วัน จึงพ่นสารคาร์โบซัลแฟน อัตรา 20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อกำจัดเพลี้ยอ่อนฝ้าย เก็บต้นฝ้ายไว้ในกรงกันแมลง ประเมินการเกิดโรคเมื่อฝ้ายอายุ 45 วัน โดยนับจำนวนต้นที่เป็นโรคจากจำนวนต้นทั้งหมดเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค จำแนกระดับความต้านทานตามวิธีของสมชาย และอมรรัตน์ (2542)

4. ศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8

ดำเนินการปี 2560 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ในดินชุดลพบุรี (Very-fine, smectitic, isohyperthermic Typic Haplusterts) วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ ในฝ้าย 2 พันธุ์ ได้แก่ ตากฟ้า 8 และตากฟ้า 3 โดยการศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม ประกอบด้วยอัตราปุ๋ย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 0-8-8 4-8-8 8-8-8 12-8-8 และ 16-8-8 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ การศึกษาอัตราปุ๋ยฟอสเฟตที่เหมาะสม ประกอบด้วยอัตราปุ๋ย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 8-0-8 8-4-8 8-8-8 8-12-8 และ 8-16-8 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และการศึกษาอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสม ประกอบด้วยอัตราปุ๋ย 5 กรรมวิธี ได้แก่ 8-8-0 8-8-4 8-8-8 8-8-12 และ 8-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ โดยในทุกการทดลองใช้ระยะปลูก 1.25 X 0.5 เมตร แปลงย่อยขนาด 6.25x6.0 เมตร ใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูกด้วยปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตราที่กำหนด ส่วนปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ตามอัตรา ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ขณะฝ้ายอายุ 1 เดือน โดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอีกครึ่งอัตรา พื้นที่เก็บเกี่ยว 22.5 ตารางเมตรต่อแปลงย่อย

5. การศึกษาอัตราประชากรหรือระยะปลูกที่เหมาะสมของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8

ดำเนินการปี 2560 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ Main plot เป็นพันธุ์ฝ้าย 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ AKH4-E6 AKH4-E11 AKH4-E19 ตากฟ้า 8 และตากฟ้า 3 Sub plot เป็นอัตราประชากร 4 อัตรา ได้แก่ 1) 1,828 ต้นต่อไร่ (1.75x0.50 เมตร) 2) 2,133 ต้นต่อไร่ (1.50x0.50 เมตร) 3) 2,560 ต้นต่อไร่ (1.25x0.50 เมตร) 4) 3,200 ต้นต่อไร่ (1.00x0.50 เมตร)

6. การประเมินการยอมรับพันธุ์ของเกษตรกร

สำรวจความคิดเห็นของเกษตรกร 36 ราย ในปี 2559 โดยจัดทำแบบสอบถามเกษตรกรที่ให้ความร่วมมือในการทำแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ฝ้าย ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ เชียงใหม่ เลย และมุกดาหาร รวมถึงเกษตรกรที่มาเยี่ยมชมแปลงสาธิตพันธุ์ฝ้ายของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ด้านศักยภาพการให้ผลผลิต อายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 ความต้านทานต่อโรคใบหงิก และความทนทานต่อแมลงศัตรูฝ้ายโดยเฉพาะเพลี้ยจักจั่นฝ้าย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การประเมินผลผลิตและคุณภาพเส้นใย

การเปรียบเทียบผลผลิตของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ในขั้นตอนการเปรียบเทียบเบื้องต้น มาตรฐานในท้องถิ่น และไร่เกษตรกร ตั้งแต่ปี 2556-2559 จำนวน 11 แปลงทดลอง พบว่า ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 154 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 115 กิโลกรัมต่อไร่ ร้อยละ 34 (Table 1) เนื่องจากจำนวนสมอต่อต้น และน้ำหนักปุยรวมทั้งเมล็ดต่อสมอที่มากกว่า มีอายุการเก็บเกี่ยว 117-147 วัน ซึ่งสั้นกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 126-156 วัน

การเปรียบเทียบสีเส้นใยของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 กับพันธุ์ตากฟ้า 3 ตามที่แสดงไว้ในลักษณะประจำพันธุ์ พบว่า พันธุ์ตากฟ้า 8 ให้เส้นใยสีน้ำตาล (GREYED ORANGE GROUP: 165C) ในเฉดสีที่เข้มกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 (GREYED ORANGE GROUP: 165D) ทั้งสองพันธุ์จัดเป็นฝ้ายเส้นใยสั้นที่มีเปอร์เซ็นต์หีบและคุณภาพเส้นใยอยู่ในระดับเดียวกัน โดยฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 มีเปอร์เซ็นต์หีบ 34.9 มีความยาวเส้นใย 0.90 นิ้ว และมีความหยาบของเส้นใยในระดับปานกลาง (5.0) ในขณะที่พันธุ์ตากฟ้า 3 มีความยาวเส้นใยเพียง 0.84 นิ้ว และมีความหยาบของเส้นใยมากกว่า (5.2) ดังนั้นฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 จึงจัดเป็นพันธุ์ฝ้ายที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีสีของเส้นใยเป็นสีน้ำตาลตามธรรมชาติ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการฟอกย้อม ส่งผลให้เป็นที่ต้องการอย่างยิ่งสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบของหัตถกรรม และอุตสาหกรรมสิ่งทอในปัจจุบันและอนาคต

2. ลักษณะประจำพันธุ์

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์[1/]

ลักษณะ	ตากฟ้า 8	ตากฟ้า 3
ทรงต้น	กรวย (conical)	กรวย (conical)
ขนบนลำต้น	มาก (strong)	มาก (strong)
สีกลีบดอก	เหลือง (yellow)	เหลือง (yellow)
สีอับละอองเกสร	เหลือง (yellow)	เหลือง (yellow)
สีที่โคนกลีบดอกด้านใน	มี (present)	มี (present)
ขนาดริ้วประดับดอก	ปานกลาง (medium)	ปานกลาง (medium)
ต่อมสีที่ริ้วประดับ	มาก (many)	มาก (many)
รูปร่างใบ	รูปนิ้วมือลึก (digitate)	รูปนิ้วมือลึกปานกลาง (palmate to digitate)
ขนที่หลังใบ	มาก (strong)	มาก (strong)
ลักษณะสมอ	กรวย (conical)	กรวย (conical)
ต่อมสีหรือสารพิษก๊อสซิปอลที่สมอ	มาก (many)	มาก (many)
สีของปุยหรือเส้นใยฝ้าย	น้ำตาล (GREYED ORANGE : 165C)	น้ำตาล (GREYED ORANGE : 165D)

[1/]บันทึกข้อมูลลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพันธุ์ฝ้าย ตามระเบียบกรมวิชาการเกษตรว่าด้วยการตรวจสอบลักษณะของพันธุ์พืชที่ขอจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ (ฉบับที่ 9) พ.ศ. 2554 ประกาศ ณ วันที่ 21 ตุลาคม 2554

2.2 ลักษณะทางการเกษตร

ลักษณะ	ตากฟ้า 8	ตากฟ้า 3
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	154	115
อายุถึงวันออกดอก (วัน)	62	72
อายุถึงวันเก็บเกี่ยว (วัน)	117-147	126-156
ความสูงของต้น (เมตร)	1.84	1.94
ข้อแรกที่ติดกิ่งผล	5	6
จำนวนกิ่งกระโดงต่อต้น	3	5
จำนวนกิ่งผลต่อต้น	14	13
จำนวนสมอต่อต้น	40	36
น้ำหนักปุยฝ้ายรวมทั้งเมล็ดต่อสมอ (กรัม)	2.47	2.24
จำนวนเมล็ดต่อสมอ	24	27
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	5.4	5.0
ปฏิกิริยาต่อโรคใบหงิกในสภาพเรือนทดลอง[1/]	ต้านทาน	ต้านทาน

ที่มา : เฉลี่ยจากการเปรียบเทียบเบื้องต้น มาตรฐาน ในท้องถิ่น และไร่เกษตรกร รวม 11 แปลงทดลอง

2.3 คุณภาพเส้นใย

ลักษณะ	ตากฟ้า 8	ตากฟ้า 3
สีของเส้นใย	น้ำตาล (GREYED ORANGE : 165C)	น้ำตาล (GREYED ORANGE : 165D)
เปอร์เซ็นต์หีบ	34.9	33.4
ความยาวของเส้นใย (นิ้ว)	0.90	0.84
ความเหนียวของกลุ่มเส้นใย (กรัมต่อเท็กซ์)	19.1	20.7
ความละเอียดอ่อนของเส้นใย	5.0	5.2
ความสม่ำเสมอของเส้นใย (เปอร์เซ็นต์)	57	57

ที่มา : เฉลี่ยจากการเปรียบเทียบเบื้องต้น มาตรฐาน ในท้องถิ่น และไร่เกษตรกร รวม 11 แปลงทดลอง

3. การศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้าย

การจัดการแมลงศัตรูฝ้ายจำนวน 4 พันธุ์/สายพันธุ์ ในปี 2562 พบว่า ปริมาณของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายในแต่ละสายพันธุ์/พันธุ์ฝ้าย ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับวิธีการป้องกันกำจัด และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณเพลี้ยจักจั่นฝ้ายของวิธีการป้องกันกำจัด โดยในสภาพที่ไม่มีการป้องกันกำจัด ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 พบปริมาณของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายเพียง 0.28 ตัวต่อต้นต่อครั้ง น้อยกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 ที่พบ 0.31 ตัวต่อต้นต่อครั้ง ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจากในปี 2562 มีการระบาดของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายน้อยมาก

สำหรับปริมาณขนบนใบและขนบนเส้นใบ พบว่า ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 มีปริมาณขนบนใบและขนบนเส้นใบ (701 และ 581 เส้นต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ) น้อยกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 (873 และ 750 เส้นต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ) (Table 2) ซึ่งพันธุ์ฝ้ายที่มีลักษณะใบขน สามารถทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่นฝ้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับฝ้ายใบเรียบ (อมรา และคณะ, 2558)

4. ทดสอบปฏิกิริยาของพันธุ์/สายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิก

จากการประเมินความต้านทานของสายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิก ในสภาพการปลูกเชื้อในเรือนทดลองปลูกพืช ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ในปี 2556-2557 พบว่า ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ต้านทานต่อโรคใบหงิก โดยไม่พบต้นที่เป็นโรคใบหงิก ในขณะที่พันธุ์อ่อนแอ (เดลต้าไพน์สมูทลีฟ) เป็นโรคใบหงิกถึง 83 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ต้านทาน (ตากฟ้า 3) เป็นโรคใบหงิกเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

5. ศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่าที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นด่างเล็กน้อย โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.94 มีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูง 2.01 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง 104 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่างเล็กน้อย โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.84 มีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง 1.37 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ 55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการทดลอง พบว่า ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 และพันธุ์ตากฟ้า 3 ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดที่ 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ (Table 4) แต่ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟต (Table 5) และปุ๋ยโพแทสเซียม (Table 6)

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การใช้ปุ๋ยสำหรับฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวชุดดินลพบุรี ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ควรใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 12 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 4 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ส่วนปุ๋ยฟอสเฟต ควรแนะนำให้ใส่ในอัตราที่ใกล้เคียงกับปริมาณที่สูญหายออกไปจากพื้นที่และเพื่อรักษาสมดุลของธาตุอาหารในดิน ที่ประมาณ 4 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (Table 7-9) ดังนั้นในการผลิตฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ในดินร่วนเหนียวชุดลพบุรี ควรใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 27 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อฝ้ายอายุ 30 วัน โดยใช้ปุ๋ย แอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 38 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ปริมาณธาตุอาหารเท่ากับ 12-4-4 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ หรือคิดเป็นต้นทุนปุ๋ยประมาณ 814 บาท/ไร่ (ปุ๋ย 15-15-15 ราคา 860 บาท ต่อ 50 กิโลกรัม และปุ๋ย 21-0-0 ราคา 460 บาท ต่อ 50 กิโลกรัม)

6. ศึกษาอัตราประชากรหรือระยะปลูกที่เหมาะสมของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8

ผลการทดลอง ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฝ้ายและอัตราประชากร และฝ้ายทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ตากฟ้า 8 และตากฟ้า 3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 187 และ 192 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนอัตราประชากรทั้ง 4 อัตรา ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยอัตราประชากรที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ อัตราประชากร 3,200 ต้นต่อไร่ ซึ่งให้ ผลผลิตเฉลี่ย 230 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนอัตราประชากร 1,825 2,133 และ 2,560 ต้นต่อไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยในระดับเดียวกัน คือ 184 162 และ 182 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 10)

7. ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8

การสำรวจความคิดเห็นของเกษตรกร 36 ราย ต่อฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 เกษตรกรมากกว่าร้อยละ 90 มีความชอบระดับปานกลางและมาก (Table 11) ในศักยภาพและลักษณะของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ด้านทรงต้นโปร่ง ต้านทานต่อโรคใบหงิก เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์งอกที่ดี การเจริญเติบโตดี ดูแลรักษาง่าย ทนทานต่อโรคและแมลงศัตรู เก็บเกี่ยวง่าย ผลผลิตสูง และสีของเส้นใยที่เป็นสีน้ำตาลโดยไม่ต้องผ่านการฟอกย้อม

สรุปผลการทดลอง

1. ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 154 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 115 กิโลกรัมต่อไร่ และมีลักษณะที่เด่นกว่า คือฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ให้เส้นใยสีน้ำตาล (GREYED ORANGE GROUP : 165C) ในเฉดสีที่เข้มกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 (GREYED ORANGE GROUP : 165D) และมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นกว่าพันธุ์ตากฟ้า 3 โดยทั้งสองพันธุ์จัดเป็นฝ้ายเส้นใยสั้นที่มีเปอร์เซ็นต์หีบและคุณภาพเส้นใยอยู่ในระดับเดียวกัน ดังนั้นฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 จึงจัดเป็นพันธุ์ฝ้ายที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีสีของเส้นใยเป็นสีน้ำตาลตามธรรมชาติ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการฟอกย้อม

2. ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 มีความต้านทานต่อโรคใบหงิก และทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยจักจั่นฝ้าย ในการปลูกสภาพที่ไม่มีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย

3. เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมสำหรับฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 แนะนำดังนี้ อัตราประชากรที่เหมาะสม 3,200 ต้นต่อไร่ หรือ ใช้ระยะปลูก 1.00x0.50 เมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยในดินร่วนเหนียวชุดลพบุรี ควรใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 27 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อฝ้ายอายุ 30 วัน โดยใช้ปุ๋ย 21-0-0 อัตรา 38 กิโลกรัมต่อไร่

การนำไปใช้ประโยชน์

ขยายผลงานวิจัยฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 สู่เกษตรกร กลุ่มทอผ้าและแปรรูปในท้องถิ่น โดยสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ให้ไปทดลองปลูกเพื่อนำผลผลิตที่ได้ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อบรมถ่ายทอดองค์ความรู้เทคโนโลยีการผลิตฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 รวมทั้งผลักดันให้เกิดกลุ่มผู้ปลูกและผลิตหัตถกรรมสิ่งทอครบวงจรในชุมชน ดังนี้

1. ถ่ายทอดองค์ความรู้ ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 และเทคโนโลยีการผลิต รวมทั้งฝึกปฏิบัติการเพาะปลูกให้แก่ เกษตรกร และกลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอ ที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร จำนวน 40 ราย ดำเนินการในปี 2564 มีกลุ่มทอผ้าที่ได้นำเส้นใยฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 ไปแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม จำนวน 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทอผ้าครามภูสะไน อำเภอกุดบาก จังหวัดสกลนคร กลุ่มทอผ้าเฮือนนางคราม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ผจก.ร้านใบครามสกลฯ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร และกลุ่มทอผ้าคุณจันทร์เพ็ญ จำเริญ อำเภอวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร ซึ่งผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 สามารถเพิ่มมูลค่าได้มากกว่าเส้นใยประดิษฐ์ถึงเท่าตัว เกิดการหมุนเวียนรายได้ในชุมชนจากการผลิตครบวงจร ทำให้ฝ้ายเป็นพืชที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรจากการปลูกและนำเส้นใยไปแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ตลอดจนสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากฝ้ายรูปแบบใหม่

2. ถ่ายทอดองค์ความรู้ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 และเทคโนโลยีการผลิต ให้แก่ เกษตรกร กลุ่มผู้ผลิตสิ่งทอ และผู้ประกอบการผ้าทออีสาน จำนวน 4 รุ่นๆ ละ 30 คน รวมทั้งสิ้น 120 คน ระหว่างวันที่ 14-18 กุมภาพันธ์ 2565 ในการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตฝ้ายและคราม ภายใต้โครงการ “เทคโนโลยีการผลิตฝ้ายและครามเสริมสร้างอัตลักษณ์ผ้าทอมืออีสานสร้างสรรค์เศรษฐกิจชุมชน” ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนซึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครพนม มุกดาหาร เลย สกลนคร หนองคาย หนองบัวลำภู และอุดรธานี กลุ่มที่เข้ารับการฝึกอบรม เช่น กลุ่มทอผ้าพื้นเมืองบ้านโนนนคร อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มทอผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มทอผ้าฝ้ายโคกภูตากา อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น วิสาหกิจชุมชนกลุ่มทอผ้าย้อมสีธรรมชาติหนองบัวแดง อำเภอหนองบัวแดง จังหวัดชัยภูมิ กลุ่มทอผ้าฝ้ายและคราม อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม กลุ่มทอผ้าแปรรูปการเกษตรบ้านนาม่วง อำเภอดอนตาล จังหวัดมุกดาหาร เป็นต้น

คำขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยฯ ใคร่ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เพชรบูรณ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมุกดาหาร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุดรธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 นายจรัสพร ถาวรสุข ข้าราชการบำนาญ นางกรรณีย์ ถาวรสุข ข้าราชการบำนาญ และนายจินดา จันทร์อ่อน ข้าราชการบำนาญ ตลอดจน นักวิชาการ พนักงานราชการ และเจ้าหน้าที่ของทุกหน่วยงาน ที่ให้ความร่วมมือ สนับสนุน และอำนวยความสะดวกให้การวิจัยและพัฒนาฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 8 สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เอกสารวิชาการ “คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553”. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 303 หน้า

ดาวรุ่ง คงเทียน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ปริญญา สีบุญเรือง และอภิชาติ สุพรรณรัตน์. 2560. ศึกษาอัตราประชากรที่เหมาะสมของฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า. หน้า 75-76. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2560. (บทคัดย่อ/รายงานความก้าวหน้า) ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ถนัด กันต์สุข กริศนะ พึ่งสุข สุเมธี มาใหญ่ และวิลัยลักษณ์ นวลศรี. 2556. การคัดเลือกพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสั้น. หน้า 94-95. ใน: แบบเสนอแผนการปฏิบัติงานวิจัย ประจำปี 2556. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ถนัด กันต์สุข กริศนะ พึ่งสุข สุเมธี มาใหญ่ และวิลัยลักษณ์ นวลศรี. 2557. การเปรียบเทียบเบื้องต้นพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสี (ชุดที่ 3). หน้า 99-106. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2557. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ปรีชา แสงโสดา จุฑามาส ศรีสำราญ พรพรรณ สุทธิแย้ม และกัลยา เกาะกากลาง 2559. การเปรียบเทียบในท้องถิ่น: พันธุ์ฝ้ายเส้นใยสั้นสีน้ำตาลที่ทนทานต่อศัตรูฝ้ายที่สำคัญ. หน้า 33-46. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2559. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง พรพรรณ สุทธิแย้ม เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง สมใจ โควสุรัตน์ ปรีชา แสงโสดา และพิกุล ชุนพุ่ม. 2560. การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร: พันธุ์ฝ้ายเส้นใยสั้นสีน้ำตาลที่ทนทานต่อศัตรูฝ้ายที่สำคัญ. หน้า 67-86. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2560. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง สมใจ โควสุรัตน์ พรพรรณ สุทธิแย้ม ปรีชา แสงโสดา พิกุล ชุนพุ่ม จุฑามาส ศรีสำราญ และนิมิต วงศ์สุวรรณ. 2558. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสี (ชุดที่ 3). หน้า 374-392. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2558. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

พยุดา จันทร์เกื้อ ปริญญา สีบุญเรือง ศิวิไล ลาภบรรจบ และวรกานต์ ยอดชมภู. 2562. การศึกษาการจัดการแมลงศัตรูในฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า. หน้า 62-63. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2562. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ศิวิไล ลาภบรรจบ ปริญญา สีบุญเรือง อมรา ไตรศิริ และวรกานต์ ยอดชมภู. 2558. การประเมินสายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิก. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 448-457.

สมชาย กันหลง และอมรรัตน์ ภูไพบูลย์. 2542. ปฏิกิริยาของฝ้ายบางพันธุ์ต่อโรคใบหงิก. ใน: รายงานผลงานวิจัยปี 2542. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

อมรา ไตรศิริ สำรวย ปลูกงาม ปริญญา สีบุญเรือง และนัฐภัทร์ คำหล้า. 2558. การประเมินพันธุ์ฝ้ายต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูฝ้ายชนิดปากดูด. หน้า 228-262. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2548. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

Table 1 Seed cotton yield (kg/rai) of Tak Fa 8 compared to Tak Fa 3 in 2013-2016.

Variety	PT[2/] (2013)	ST[3/] (2014)	RT[4/] (2015)	FT[5/] (2016)	Mean[6/]	Relative to Tak Fa 3
Tak Fa 8	291	118	59a	166 a	154	134
Tak Fa 3	230	113	42a	110 b	115	100
Mean[7/]	268	103	51	137	135	-
C.V. (%)	13.1	23.6	18.1	18.4	-	-
No. of location[1/]	(1)	(3)	(1)	(6)	(11)	-

Means within a column followed by a common letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level.

Source: Modified from Sriboonruang *et al*. (2013) (2014) (2015) (2016)

[1/] Numbers in blanket are number of location
[2/] Preliminary trial
[3/] Standard trial
[4/] Regional trial
[5/] Farm trial
[6/] Average from PT ST RT and FT in 2013-2016
[7/] Average from 32 varieties in PT
13 varieties in ST
8 varieties in RT
6 varieties in FT

Table 2 Number of jassid and number of hairs on cotton leaf and leaf vein under non-systemic-insecticide application (Nakhon Sawan Field Crops Research Center, 2019).

Variety	Jassid [1/]	Hair on leaf (No./cm^2)	Hair on leaf vein (No./cm^2)
Tak Fa 8	0.28	701	581
Tak Fa 3	0.31	873	750
C.V. (%)	13.9	14.7	11.9

[1/]Number of jassid/plant/time, average from 10 plants and 29 times surveyed throughout the season.

Source: Modified from Jankuea *et al*. (2019)

Table 3 Varietal disease reaction to leafroll disease by insect transmission in 2013-2014.

Variety	Leafroll disease (%)	Disease reaction[1/]
Tak Fa 8	0	Resistance
Tak Fa 3	6	Resistance
Deltapine smooth leaf	83	Susceptible

[1/] Disease reaction : 0 – 10 % Resistance, 11 – 40 % Moderately resistance, 41 – 100 % Susceptible

Source: Lapbanjob *et al*. (2007)

Table 4 Seed cotton yield (kg/rai) under nitrogen fertilizer application at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 2017.

Fertilizer (kg N-P_2O_5-K_2O/rai) (b)	Variety (a)		mean
	Tak Fa 8	Tak Fa 3	
0-8-8	205	203	204 c
4-8-8	201	256	229 c
8-8-8	264	302	283 b
12-8-8	330	344	337 a
16-8-8	326	314	320 a
mean	265 b	284 a	

C.V. (Variety) = 6.19% C.V. (Fertilizer) = 11.96%, Variety = ns, Fertilizer = *, Variety x Fertilizer = ns

Means within a column followed by a common letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level.

Table 5 Seed cotton yield (kg/rai) under phosphate fertilizer application at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 2017.

Fertilizer (kg N-P_2O_5-K_2O/rai) (b)	Variety (a)		mean
	Tak Fa 8	Tak Fa 3	
8-0-8	270	257	264
8-4-8	277	295	286
8-8-8	241	283	262
8-12-8	249	252	250
8-16-8	268	252	260
mean	261	268	

C.V. (Variety) = 31.49%, C.V. (Fertilizer) = 13.24%, Variety = ns, Fertilizer = ns, Variety x Fertilizer = ns
Means within a column followed by a common letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level.

Table 6 Seed cotton yield (kg/rai) under potash fertilizer application at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 2017.

Fertilizer (kg N-P_2O_5-K_2O/rai) (b)	Variety (a)		mean
	Tak Fa 8	Tak Fa 3	
8-8-0	237	177	207
8-8-4	258	177	217
8-8-8	174	196	185
8-8-12	173	225	199
8-8-16	159	206	182
mean	200	196	

C.V. (Variety) = 14.57%, C.V. (Fertilizer) = 25.43%, Variety = ns, Fertilizer = ns, Variety x Fertilizer = ns
Means within a column followed by a common letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level.

Table 7 Value-cost ratio (VCR) under different nitrogen fertilizer application of cotton varieties Tak Fa 8 and Tak Fa 3 in Lopburi soil serie at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 2017.

Treatment	yield (kg/rai)	cost of fertilizer (baht/rai)	Increase income (baht/rai)	Income (baht/rai)	Increase cost (baht/rai)	VCR
Tak Fa 8						
0-8-8	205	671	-	7,187	-	-
4-8-8	201	787	116	7,037	-149	-1.3
8-8-8	264	903	232	9,240	2,053	8.9
12-8-8	330	1,019	348	11,555	4,368	12.6
16-8-8	326	1,135	464	11,424	4,237	9.1
Tak Fa 3						
0-8-8	203	671	-	7,093	-	-
4-8-8	256	787	116	8,960	1,867	16.1
8-8-8	302	903	232	10,565	3,472	15.0
12-8-8	344	1019	348	12,040	4,947	14.2
16-8-8	314	1,135	464	10,976	3,883	8.4

Fertilizer price : ammonium sulphate (21-0-0) = 29 baht/kg N, triple superphosphate (0-46-0) = 57 baht/kg P_2O_5 and Potassium chloride (0-0-60) = 27 baht/kg K_2O. Yield price of seed cotton yield = 35 baht/kg

Table 8 Value-cost ratio (VCR) under different phosphate fertilizer application of cotton varieties Tak Fa 8 and Tak Fa 3 in Lopburi soil serie at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 2017.

Treatment	yield (kg/rai)	cost of fertilizer (baht/rai)	increase income (baht/rai)	income (baht/rai)	increase cost (baht/rai)	VCR
Tak Fa8						
8-0-8	270	451	-	13,520	-	-
8-4-8	277	677	226	13,867	347	1.5
8-8-8	241	903	452	12,027	- 1,493	- 3.3
8-12-8	249	1,129	678	12,427	- 1,093	- 1.6
8-16-8	268	1,355	904	13,413	- 107	- 0.1
Tak Fa3						
8-0-8	257	451	-	12,853	-	-
8-4-8	295	677	226	14,773	1,920	8.5
8-8-8	283	903	452	14,133	1,280	2.8
8-12-8	252	1,129	678	12,613	- 240	-0.4
8-16-8	252	1,355	904	12,613	- 240	-0.3

Fertilizer price : ammonium sulphate (21-0-0) = 29 baht/kg N, triple superphosphate (0-46-0) = 57 baht/kg P_2O_5 and Potassium chloride (0-0-60) = 27 baht/kg K_2O. Yield price of seed cotton yield = 35 baht/kg

Table 9 Value-cost ratio (VCR) under different potash fertilizer application of cotton varieties Tak Fa 8 and Tak Fa 3 in Lopburi soil serie at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 2017.

Treatment	yield (kg/rai)	cost of fertilizer (baht/rai)	increase income (baht/rai)	income (baht/rai)	increase cost (baht/rai)	VCR
Tak Fa 8						
8-8-0	237	684	-	8,295	-	-
8-8-4	258	794	109	9,030	735	6.7
8-8-8	174	903	219	6,090	- 2,205	-10.1
8-8-12	173	1,012	328	6,055	- 2,240	-6.8
8-8-16	159	1,122	437	5,565	- 2,730	-6.2
Tak Fa 3						
8-8-0	177	684	-	6,195	-	-
8-8-4	177	794	109	6,195	0	0.0
8-8-8	196	903	219	6,860	665	3.0
8-8-12	225	1,012	328	7,875	1,680	5.1
8-8-16	206	1,122	437	7,210	1,015	2.3

Fertilizer price : ammonium sulphate (21-0-0) = 29 baht/kg N, triple superphosphate (0-46-0) = 57 baht/kg P_2O_5 and Potassium chloride (0-0-60) = 27 baht/kg K_2O. Yield price of seed cotton yield = 35 baht/kg

Table 10 Seed cotton yield (kg/rai) of Tak Fa 8 compared to Tak Fa 3 as affected by different population rates in Lopburi soil serie at Nakhon Sawan Field Crops Research Center in 2017.

population (plants/rai)	yield (kg/rai)		mean[1/] (population)
	Tak Fa 8	Tak Fa 3	
1,825 (1.75x0.50 m.)	199	135	184 b
2,133 (1.50x0.50 m.)	139	165	162 b
2,560 (1.25x0.50 m.)	164	215	182 b
3,200 (1.00x0.50 m.)	248	251	230 a
mean[2/] (variety)	187	192	

C.V. (variety) 19.95% C.V. (b) 21.48%

Means within a column followed by a common letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level.

[1/] Average from 4 population rates namely, 1,825 (1.75x0.50 m.) 2,133 (1.50x0.50 m.) 2,560 (1.25x0.50 m.) and 3,200 (1.00x0.50 m.)

[2/] Average from 2 varieties namely, Tak Fa 8 and Tak Fa 3

Source: Modified from Kongtein *et al*. (2017)

Table 11 Farmers' preferences for agronomic characteristics of Tak Fa 8 in 2016– 2017.

Agronomic characteristics	Percentage[1/]			
	Most Preferred	Moderately Preferred	Not Preferred	No Response
Plant type	56	39	5	-
Resistance to leafroll disease	75	25	0	-
Growth	67	30	3	-
Insect tolerance	78	22	0	-
Harvesting	86	14	0	-
Yield	33	67	0	-
Color of cotton fibers	47	47	3	1

[1/] Data from 36 questionnaires at Nakhon Sawan, Chiang Mai, Loei and Mukdahan.

Petal color: Yellow, **Pollen color**: Yellow

Leaf shape: digitate

Figure 1 Characteristics of Tak Fa 8 cotton variety.

Figure 2 Training courses on Tak Fa 8, cotton production technology and fiber processing, were implemented to cotton growers in northeastern community.

Figure 3 Training course on cotton and Indigo production were implemented to promote the unique hand- woven fabrics in upper northeastern's community.

Figure 4 Various unique handicrafts made from the fiber of Tak Fa 8 variety.

มันเทศพันธุ์พิจิตร 2 สำหรับอุตสาหกรรมแป้ง
'Phichit 2' Sweet Potato for Starch Industry

วราพงษ์ ภิระบรรณ์[1] มนัสชญา สายพนัส[1] เอกพล มนเดช[1] พินิจ เขียวพุ่มพวง[1]
Warapong Priraban[1] Manuschaya Saipanus[1] Eakapol Mondej[1] Pinit Khiaophumphuang

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมแป้งต้องการพันธุ์มันเทศที่มีหัวมีขนาดใหญ่ เนื้อสีขาว ผิวเรียบ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งไม่น้อยกว่า 30 และให้ผลผลิตสูงไม่น้อยกว่า 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ แต่มันเทศที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์สำหรับบริโภคสด มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำและน้ำตาลสูง ไม่เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปแป้งมันเทศ ปี 2554-2560 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตรได้ปรับปรุงพันธุ์มันเทศโดยคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์มันเทศเนื้อสีขาว 9 พันธุ์ และสร้างประชากรคัดเลือกโดยผสมข้ามแบบพบกันหมด (diallel cross) ได้ลูกผสมทั้งหมด 72 คู่ผสม ปลูกคัดเลือกตามแผนการคัดเลือกสายต้น (clonal selection) จำนวน 2 ครั้ง จนได้มันเทศ 11 สายต้น จากนั้นนำมาปลูกเปรียบเทียบผลผลิตเบื้องต้น และคัดเลือกเหลือ 7 สายต้น เมื่อนำไปปลูกเปรียบเทียบ ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ จำนวน 2 ฤดูปลูก พบว่า พจ.54-0104-1 ให้ผลผลิต 3,830 กิโลกรัมต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์แป้ง 20.8 สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ไต้หวัน No. 1 และ PROC No.65-16 ที่ให้ผลผลิต 2,770 และ 2,580 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้ง 20.1 และ 19.8 มีการลงหัวและการเจริญเติบโตดี จึงคัดเลือกไปทดสอบในแปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร พบว่า ให้ผลผลิต 3,617 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์เกษตรกรที่ให้ผลผลิต 2,676 กิโลกรัมต่อไร่ หรือมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 23.4 คิดเป็นผลผลิตแป้ง 846 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์เกษตรกรที่ให้ผลผลิตแป้ง 624 กิโลกรัมต่อไร่ หรือมากกว่า 36 เปอร์เซ็นต์ พจ.54-0104-1 เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรและโรงงานแปรรูปแป้งมันเทศ ในปี 2562 กรมวิชาการเกษตรได้รับรองเป็นพันธุ์รับรอง ชื่อ "พิจิตร 2"

คำสำคัญ: มันเทศ การผสมพันธุ์ การคัดเลือกสายต้น การเปรียบเทียบพันธุ์ แป้ง

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ตำบลโรงช้าง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000
[1]Phichit Agriculture Research and Development Center, Rongchang sub- District, Maueng , Phichit 66000

Abstract

The starch industry demands sweet potato with large storage root, white flesh, smooth surface, dry matter (DM) at least 30% and yield at least 2,500 kg/rai. The sweet potato cultivars are mainly cultivated for table consumption, low starch and high sugar content. They are unsuitable for processing sweet potato starch. Phichit Agricultural Research and Development Center has a sweet potato breeding program in 2011-2017. Nine white flesh sweet potato varieties were selected as parent and crossed through diallel cross obtained F1- hybrid from seventy-two parents. The clonal selection was used to select F1 progenies for two times. Eleven selected clones were conducted for preliminary yield trail. Seven chosen clones were planted two seasons for yield trail at three locations, Phichit Agricultural Research and Development Center, Kanchanaburi Agricultural Research and Development Center and Sisaket Horticultural Research Center. The results revealed that PJ.54-0104-1 gave yield (3,830 kg/rai) and starch content (20.8%) higher than the comparative varieties, PROC No.65-16 and Taiwan No.1 which yield (2,580 and 2,770 kg/rai) and starch content (19.8 and 20.1%) as well as good storage root formation and growth. Therefore, it was selected to test on farmer's field in Phichit province. The results found that the yield of PJ.54-0104-1 was 3,617 kg/rai higher than local variety (2,676 kg/rai) or 35% higher than check. The starch content was 23.4%, equivalent to flour 846 kg/rai higher than local variety (624 kg/rai) or 36% higher than check. PJ. 54-0104-1 accepted by farmers and starch industry. Department of Agriculture has certified variety and named "Phichit 2" in 2019.

Keywords: Sweet potato, pollination, clonal selection, yield trail, starch

คำนำ

มันเทศ เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของโลก ในปี 2563 ทั่วโลกมีพื้นที่ปลูกมันเทศประมาณ 46.3 ล้านไร่ ผลผลิต 89.5 ล้านตัน กระจายอยู่ในทวีปต่าง ๆ โดยสาธารณรัฐประชาชนจีน มีพื้นที่ปลูก 14.1 ล้านไร่ ผลผลิต 49.2 ล้านตัน (FAO, 2020) มันเทศเป็นพืชหัวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงถึง 21.3-30.7 ต่อน้ำหนักสด (นรินทร์และคณะ, 2550) จึงเป็นนิยมบริโภคและใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปต่าง ๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น อาหารว่างประเภทขนมขบเคี้ยวต่าง ๆ ส่วนผสมอาหารเด็ก และแอลกอฮอล์ โดยมันเทศ 1 ตัน ผลิตเอทานอลได้ 160-170 ลิตร มากกว่าอ้อย 2 เท่า (Wilson, 2010)

ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตมันเทศและส่งออกในรูปแบบผลิตภัณฑ์แป้ง เนื่องจากสภาพแวดล้อมเหมาะสม มันเทศสามารถเจริญเติบโตได้ดีทุกภาคของไทยและปลูกได้ตลอดทั้งปี ตลอดจนมีโรงงานแปรรูปแป้งจากมันสำปะหลังจำนวนมาก แต่มันเทศที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นมันเทศสำหรับบริโภคสด มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำและน้ำตาลสูง ไม่เหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นแป้งมันเทศ ซึ่งอุตสาหกรรมแป้งต้องการพันธุ์มันเทศที่มีหัวขนาดใหญ่ เนื้อสีขาว ผิวเรียบ ตลอดจนให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูง แต่ยังไม่มีพันธุ์ที่เหมาะสม เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ปี 2554-2560 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร จึงปรับปรุงพันธุ์มันเทศสำหรับอุตสาหกรรมแป้ง ให้มีผลผลิตสูง มากกว่าพันธุ์ท้องถิ่นอย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ และตรงตามความต้องการของอุตสาหกรรมแป้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์มันเทศ จำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ ไต้หวัน NO.1, จีน No1, PROC NO 65-16, PROC OPS-101-R89-3, พจ.129-6, พจ.166-5, พจ.0106-1, พจ.06-14 และ พจ.06-11
2. สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เช่น ฟิโพรนิล 5% SC และไทอะมีโทแซม 25% WG
3. ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และ 8-24-24
4. อุปกรณ์ผสมพันธุ์ ได้แก่ คีมปลายแหลม (forceps) ถุงกระดาษเคลือบไข (glassine bag) ขนาด 5 x 8 เซนติเมตร ลวดหนีบกระดาษ และป้ายชื่อ (tag) ขนาด 1 x 4 เซนติเมตร
5. อุปกรณ์บันทึกผลผลิต ได้แก่ เครื่องชั่ง และเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
6. อุปกรณ์ที่ใช้ในเก็บเกี่ยว ได้แก่ จอบ และตระกร้า

วิธีการ

การปรับปรุงพันธุ์มันเทศพันธุ์พิจิตร 2 หรือสายต้น พจ.54-0104-1 (ลูกผสมระหว่างพันธุ์แม่ไต้หวัน No.1 กับพันธุ์พ่อ PROC OPS-101-R89-3) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การปรับปรุงพันธุ์

1.1 การผสมพันธุ์ (crossing) ทำการผสมพันธุ์มันเทศ โดยใช้พันธุ์มันเทศเนื้อสีขาวสำหรับเป็นพ่อแม่พันธุ์ 9 สายพันธุ์ ได้แก่ ไต้หวัน No.1, จีน No.1, PROC NO 65-16, PROC OPS-101-R89-3, พจ.129-6, พจ.166-5, พจ.0106-1, พจ.06-14 และ พจ.06-11 ปลูกปลายฤดูฝนเพื่อให้ออกดอกในช่วงฤดูหนาว พร้อมทำค้างเพื่อสะดวกในการผสมข้ามและเก็บเมล็ด ผสมแบบพบกันหมด (diallel cross) จำนวนคู่ผสมทั้งหมด 72 คู่ผสม เก็บเมล็ดหลังผสม 25-30 วัน

1.2 การคัดเลือกพันธุ์ (selection) ทำการปลูกคัดเลือกมันเทศลูกผสมที่ได้จากการผสมข้าม โดยปลูกคัดเลือกตามแผนการคัดเลือกสายต้น (clonal selection) จำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เพาะจากเมล็ด ครั้งที่ 2 ปลูกต้นคัดเลือกจำนวน 5 ต้นต่อสายต้น (Figure 1) เกณฑ์การคัดเลือกพันธุ์ ได้แก่ 1) หัว

มีขนาดใหญ่ เนื้อสีขาว ผิวเรียบ 2) ผลผลิตไม่น้อยกว่า 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ 3) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งไม่น้อยกว่า 30 4) มีการเจริญเติบโตที่ดี

การบันทึกข้อมูล

- ผลผลิตรวม ได้แก่ ผลผลิตทั้งหมดรวมทั้งผลผลิตที่ถูกแมลงทำลาย จำนวนต้นเก็บเกี่ยว 3 ต้นต่อแปลงย่อย เว้นต้นด้านหัวและท้ายแปลง (พื้นที่เก็บเกี่ยว 0.9 ตารางเมตร) เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 120 วันหลังปลูก

- ขนาดหัว (กว้างและยาว) สีเนื้อ ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อวัดขนาดหัว จำนวน 5 หัวต่อสายต้น โดยสุ่มจากผลผลิตเฉพาะ 3 ต้นกลางแถว เว้นต้นหัวและท้ายแปลง

- เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง สุ่มตัวอย่างจำนวน 5 หัวต่อสายต้น ทำการฝานหัวมันเทศบันทึกน้ำหนักสดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

เวลาและสถานที่ : ปี 2554-2555 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร

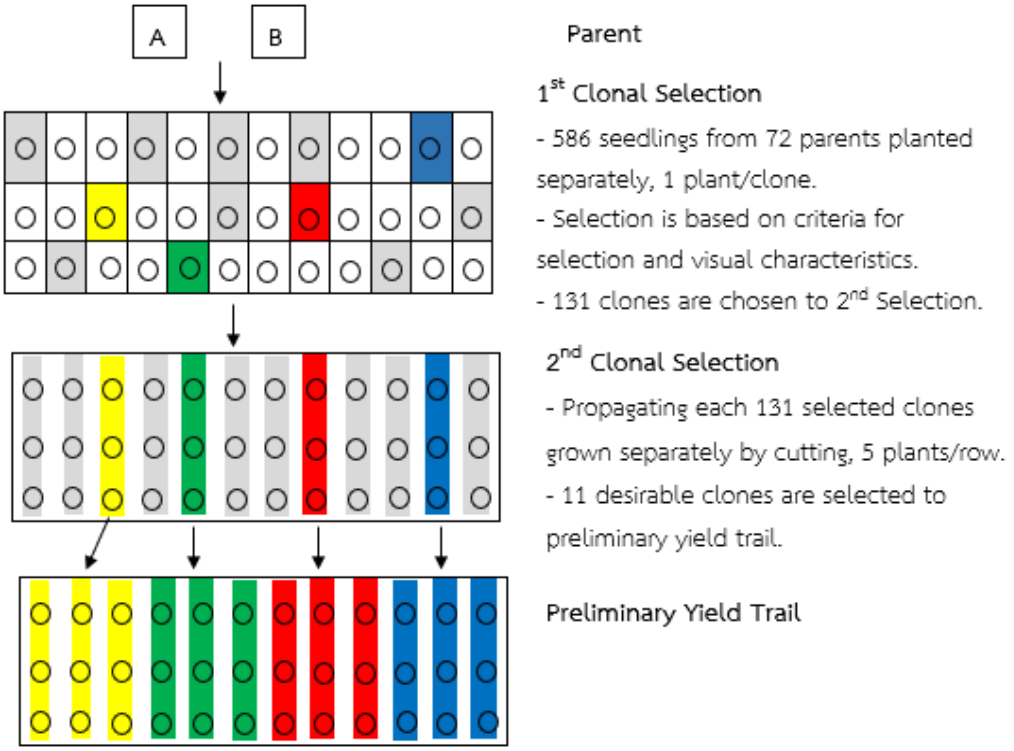


Figure 1 A flowchart of clonal selection operation

2. การเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์

2.1 การเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้น (preliminary yield trail)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block, RCB) มันเทศคัดเลือก 11 สายต้น มีพันธุ์ PROC No.65-16 และไต้หวัน No.1 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ทำ 4 ซ้ำ โดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

- เตรียมแปลงปลูกขนาด 4.0 x 6.0 เมตร ยกร่องแปลงปลูกสูง 30 เซนติเมตร แปลงละ 4 แถว โดยใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 100 เซนติเมตร ระหว่างต้น 30 เซนติเมตร

- เตรียมท่อนพันธุ์ยาว 30 เซนติเมตร แช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารไทอะมีโทแซม อัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร นาน 5 นาที ปลูกบนสันร่องจำนวน 1 ต้นต่อหลุม แถวละ 20 ต้น รวม 80 ต้นต่อแปลง

- ดูแลรักษาต้นพันธุ์มันเทศในแปลงโดยให้ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 30 และ 60 วัน ป้องกันกำจัดด้วงงวงมันเทศใช้สารฟิโพรนิล อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อพบเริ่มเข้าทำลายที่เถา เมื่ออายุหลังปลูก 1 เดือน

- เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุหลังปลูก 120 วัน สุ่มตัวอย่างต้นเพื่อประเมินผลผลิตเฉพาะ 2 แถวตรงกลาง เว้นต้นหัวและท้ายแปลง รวมต้นเก็บเกี่ยว 36 ต้นต่อแปลง ในเนื้อที่สุ่ม 10.8 ตารางเมตร

- เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โดยการฝานหัวมันเทศ น้ำหนักสด 1 กิโลกรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

<u>การบันทึกข้อมูล</u>

- ผลผลิตรวม และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

<u>เวลาและสถานที่</u> : ปี 2556 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร

2.2 การเปรียบเทียบพันธุ์ในศูนย์วิจัยฯ (yield trail)

วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 9 กรรมวิธี มีสายต้นคัดเลือก 7 สายต้น เปรียบเทียบกับ PROC No.65-16 และไต้หวัน No.1 โดยวิธีการปลูกและดูแลรักษา เช่นเดียวกับขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้น

<u>การบันทึกข้อมูล</u>

- ผลผลิตรวม และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

<u>เวลาและสถานที่</u> : ปี 2557-2558 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

2.3 การทดสอบพันธุ์ในแปลงเกษตรกร (farm trail)

วางแผนการทดลองแบบ RCB 2 ซ้ำ 2 กรรมวิธี ได้แก่ สายต้นทดสอบ 1 สายต้น คือ พจ. 54-0104-1 ปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ของเกษตรกร โดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

- คัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการ 3 รายๆ ละ 1 ไร่ ในพื้นที่ 1 ไร่ สุ่มแบ่งพื้นที่เพื่อปลูกสายต้นทดสอบร่วมกับพันธุ์เกษตรกร แบ่งเป็น 2 แปลงย่อย แปลงย่อยละ 0.25 ไร่ ใช้พื้นที่ปลูกทดสอบ 0.50 ไร่ต่อซ้ำ

- ยกร่องแปลงปลูกมันเทศ และปลูกมันเทศพันธุ์ทดสอบและพันธุ์เกษตรกรโดยใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ระหว่างแถว 100 เซนติเมตร

- เตรียมท่อนพันธุ์ยาว 30 เซนติเมตร แช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารไทอะมีโทแซม อัตรา 5 กรัม/น้ำ 20 ลิตร นาน 5 นาที ปลูกบนสันร่องจำนวน 1 ยอดต่อหลุม

- ดูแลรักษาต้นพันธุ์มันเทศในแปลงโดยให้ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ เมื่ออายุ 2 และ 3 เดือน ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูมันเทศใช้สารฟิโพรนิล อัตรา 20 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร เมื่อพบในระยะเริ่มเข้าทำลาย เหมือนการเปรียบเทียบพันธุ์

- เก็บผลผลิตมันเทศเมื่ออายุ 120 วันหลังปลูก ประเมินผลผลิตรวมในเนื้อที่สุ่ม 10.8 ตารางเมตร จำนวน 4 จุด จำนวนต้นเก็บเกี่ยว 36 ต้นต่อจุด

- เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โดยการฝานหัวมันเทศ น้ำหนักสด 1 กิโลกรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

การบันทึกข้อมูล

- ผลผลิต ได้แก่ ผลผลิตรวม และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง
- การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์แป้ง (starch) ใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In house method based on AOAC (2010) 920.44

เวลาและสถานที่ : ปี 2559-2560 แปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร และวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์แป้ง ณ ห้องปฏิบัติกลาง (ประเทศไทย) สาขาเชียงใหม่

ผลการทดลองและวิจารณ์

การปรับปรุงพันธุ์

การปลูกคัดเลือกพันธุ์ พบว่า มันเทศลูกผสมมีการกระจายทางพันธุกรรมในแต่ละคู่ผสมค่อนข้างสูง เช่น ผลผลิตพบการกระจายลักษณะของสีผิวมีตั้งแต่สีขาว สีเหลืองอ่อน สีม่วง และสีม่วงเข้ม ขณะที่สีเนื้อเนื้อพบการกระจายลักษณะสีเนื้อมีสีขาว และสีครีม จากการปลูกคัดเลือกครั้งที่ 1 สามารถคัดเลือกได้ 131 สายต้น จากลูกผสมทั้งหมด 586 สายต้น จากนั้นทำการปลูกคัดเลือกครั้งที่ 2 คัดเลือกพันธุ์ตามเกณฑ์การคัดเลือก ได้มันเทศที่ผ่านคัดเลือก จำนวน 11 สายต้น โดยทั้ง 11 สายต้น มีเนื้อสีขาว โดยมีองค์ประกอบของผลผลิต ดังนี้

ผลผลิต พบว่า มันเทศลูกผสมทุกสายต้น ให้ผลผลิตตั้งแต่ 2,667-4,200 กิโลกรัมต่อไร่ สายต้น พจ.06-11 ให้ผลผลิตสูงสุด 4,200 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่สายต้น พจ.0106-3 ให้ผลผลิตต่ำสุด 2,667 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1)

ขนาดหัว ความกว้างหัว มันเทศทุกสายต้นที่ผ่านการคัดเลือกมีความกว้างหัวตั้งแต่ 3.60-7.50 เซนติเมตร ในขณะที่ความยาวหัว ตั้งแต่ 10.2-17.4 เซนติเมตร (Table 1)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง พบว่า มันเทศลูกผสมทุกสายต้น ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งตั้งแต่ 32.5-37.5 สายต้น พจ.0106-1 และ พจ.0102-7 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงสุด 37.5 ในขณะที่สายต้น พจ. 06-11 และ พจ.02-1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่ำสุด 32.5 (Table 1)

Table 1 Yield components of selected clones grown at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2012

Clones	Yield	Tuber size (cm)		Dry matter	Flesh
	(kg/rai)	Width	Length	(%)	color
PJ.0106-1	3,733	5.80	16.3	37.5	white
PJ 0106-3	2,667	6.50	16.6	35.6	white
PJ 54-0106-1	2,700	3.60	11.0	34.8	white
PJ.54-0601-1	3,647	4.70	12.5	35.2	white
PJ.01-23	3,200	5.90	13.9	33.5	white
PJ.06-11	4,200	4.10	17.4	32.5	white
PJ.54-0602-1	3,800	5.20	10.2	33.5	white
PJ.02-1	3,167	7.50	13.9	32.5	white
PJ.0102-7	3,413	5.20	11.4	37.5	white
PJ.54-0104-1	**3,200**	**5.00**	**12.6**	**34.2**	**white**
PJ.54-0104-12	2,935	4.90	15.9	35.0	white

การเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้น (preliminary yield trail)

ผลผลิต พบว่า พจ.54-0104-1 ให้ผลผลิต 2,014 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์เปรียบเทียบ ไต้หวัน No.1 และ PROC NO 65-16 (Table 2) แม้จะให้ผลผลิตต่ำกว่าแต่มีการเจริญเติบโตที่ดีและมีการลงหัวสม่ำเสมอ หัวมีผิวเรียบ ขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบมีการแตกของผิว (cracking) หัวมีผิวลาย และลงหัวไม่สม่ำเสมอ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง พบว่า พจ.54-0104-1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 32.6 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับมันเทศสายต้นอื่นรวมถึงพันธุ์เปรียบเทียบ PROC NO 65-16 และ ไต้หวัน No.1 ส่วนผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่า พจ.54-0104-1 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 657 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบและสายต้น พจ.06-11 พจ.02-1 พจ.0102-7 และ พจ.0106-3 (Table 2)

ผลผลิตน้ำหนักแห้งสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และผลผลิตรวมจากการเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้น พบว่า มันเทศทุกสายต้นให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นศักยภาพการให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งในแต่ละสายต้นขึ้นอยู่กับกับผลผลิตรวม แม้ว่า พจ.54-0104-1 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำ แต่มีลักษณะโดดเด่นกว่าสายต้นอื่น เช่น มีการตั้งตัวหลังปลูกได้เร็ว มีการลงหัวสม่ำเสมอ หัวมีขนาดใหญ่ และแสดงอาการของโรคไวรัสในสภาพธรรมชาติต่ำกว่าสายต้นคัดเลือกอื่น ๆ รวมถึงพันธุ์เปรียบเทียบ ในการคัดเลือกพันธุ์นอกจากการพิจารณาศักยภาพการให้ผลผลิตแล้ว จำเป็นต้องพิจารณาลักษณะดังกล่าวข้างต้นประกอบด้วยเช่นกัน

Table 2 Total yield, percentage of dry matter and total dry weight of sweet potato planted for Preliminary yield trail at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2013

Clones/Varieties	Total yield (kg/rai)		Dry matter (%)	Total dry weight (kg/rai)
PJ.0106-1	1,337	de[1/]	30.5	408
PJ.0102-7	2,596	ab	30.8	800
PJ.54-0601-1	1,257	de	34.8	437
PJ.54-0104-12	1,692	bcd	29.9	506
PJ.54-0104-1	**2,014**	**a-d**	**32.6**	**657**
PJ.06-11	2,626	ab	35.1	922
PJ.0106-3	2,398	abc	31.5	755
PJ.01-23	517	e	33.2	172
PJ.02-1	2,820	a	30.3	854
PJ.54-0602-1	1,050	de	36.1	379
PJ.54-0106-1	1,569	cd	37.7	592
PROC NO 65-16 (ck)	2,548	abc	33.8	861
Taiwan No.1 (ck)	2,617	ab	28.9	756
C.V. (%)	26.8		14.7	

[1/] Mean in the same column followed by common letter are not significantly at 5% level by DMRT

การเปรียบเทียบพันธุ์ในศูนย์วิจัยฯ (yield trail)

มันเทศที่ปลูกทดสอบในแต่ละจังหวัดให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน การทดสอบ Homogeneity of variances ของสถานที่ปลูกทดสอบ ด้วยวิธี Bartlett's test แสดงความแตกต่างกัน จึงไม่นำวิเคราะห์ร่วมกัน ดังนั้นผลการทดลองจึงแยกวิเคราะห์ ดังนี้

ปี 2557 การปลูกเปรียบเทียบที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ พบว่า พจ.54-0104-1 ให้ผลผลิตรวม 5.88 2.81 และ 1.20 ตันต่อไร่ ตามลำดับ มากกว่าหรือไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ PROC NO 65-16 ที่ให้ผลผลิต 4.46 1.18 และ 2.22 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์ไต้หวัน No.1 ให้ผลผลิต 5.34 1.53 และ 0.39 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3)

ปี 2558 การปลูกเปรียบเทียบใน 3 สถานที่ พบว่า พจ.54-0104-1 ให้ผลผลิตรวม 6.70 4.26 และ 2.15 ตันต่อไร่ ตามลำดับ มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ PROC NO 65-16 ที่ให้ผลผลิต 5.20 1.08 และ 1.38 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ไต้หวัน No.1 ที่ให้ผลผลิต 6.22 1.88 และ 1.28 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3)

จากการปลูกทดสอบทั้ง 3 สถานที่ (ปี 2557-2558) พบว่า พจ.54-0104-1มีแนวโน้มให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบเมื่อปลูกในแต่ละสถานี และให้ผลผลิตสม่ำเสมอในทุกปี โดยให้ผลผลิต 3.8 ตันต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ PROC No.65-16 และไต้หวัน No.1 ที่ให้ผลผลิต 2.58 และ 2.77 ตันต่อไร่

ผลผลิตมันเทศในแต่ละสถานที่และในแต่ละปีมีความแตกต่างกันมาก สอดคล้องกับ Tsegaye *et al.,* (2007) ความแปรปรวนของผลผลิตเกี่ยวข้องกับพันธุกรรมของมันเทศในแต่ละสายพันธุ์ อีกทั้งเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมซึ่งส่งผลองค์ประกอบของผลผลิต ผลผลิตสัมพันธ์ในเชิงบวกกับน้ำหนักหัว ดัชนีการเก็บเกี่ยว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัว ขณะที่จำนวนหัวต่อต้นมีสัมพันธ์เชิงลบกับน้ำหนักหัวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัว ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตมันเทศ คือ น้ำหนักหัว จำนวนหัวต่อต้น และดัชนีการเก็บเกี่ยว (Tsegaye *et al*., 2006)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

ปี 2557 การปลูกเปรียบเทียบที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ พบว่า มันเทศทุกพันธุ์ ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ พจ.54-0104-1 ให้น้ำหนักเปอร์เซ็นต์แห้ง 36.0 33.2 และ 33.3 ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ PROC NO 65-16 และ ไต้หวัน No.1 ที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งระหว่าง 28.5-32.1 และ 32.1-35.6 ตามลำดับ (Table 4)

ในปี 2558 มันเทศทุกพันธุ์ ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน การปลูกที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร พบว่า พจ.54-0104-1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 33.5 มากกว่าพันธุ์ PROC NO 65-16 และน้อยกว่า ไต้หวัน No.1 ที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 31.3 และ 35.2 ตามลำดับ ส่วนการปลูกที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ พบว่า ให้น้ำหนักเปอร์เซ็นต์แห้ง 37.2 และ 35.8 ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ PROC NO 65-16 และไต้หวัน No.1 ที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งระหว่าง 29.3-32.1 และ 31.4-32.1 ตามลำดับ (Table 4) โดย พจ.54-0104-1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบแทบทุกสถานที่ทั้งสองปี

Table 3 Yield of storage root (ton/rai) planted for yield trail at Phichit Agricultural Research and Development Center (PARDC), Kanchanaburi Agricultural Research and Development Center (KARDC) and Sisaket Horticultural Research Center (SHRC) in 2014-2015

Clones/ Varieties	2014			2015			Average
	PARDC	KARDC	SHRC	PARDC	KARDC	SHRC	
PJ.0106-1	4.59 bcd[1/]	1.33 c[1/]	1.10 de[1/]	6.32 ab[1/]	2.68 bcd[1/]	1.82 abc[1/]	2.97
PJ.0106-3	5.26 abc	3.20 a	1.66 bcd	5.71 abc	3.67 abc	1.00 d	3.42
PJ.54-0104-1	**5.88 a**	**2.81 a**	**1.20 cde**	**6.70 a**	**4.26 abc**	**2.15 a**	**3.83**
PJ.54-0104-12	6.02 a	3.15 a	2.64 ab	6.29 ab	5.58 a	1.77 abc	4.24
PJ.0102-7	4.72 bcd	2.17 b	2.56 ab	5.55 abc	3.96 ab	1.24 cd	3.37
PJ.02-1	4.66 bcd	2.07 b	1.58 bcd	4.83 c	2.83 bcd	1.42 bcd	2.90
PJ.06-11	4.92 bc	2.87 a	1.60 bcd	6.56 a	2.71 bcd	1.53 a-d	3.37
PROC No 65-16	4.46 cd	1.18 c	2.22 abc	5.20 bc	1.08 de	1.38 bcd	2.58
Taiwan No.1	5.34 ab	1.53 c	0.39 ef	6.22 ab	1.88 de	1.28 cd	2.77
C.V. (%)	10.6	11.7	40.9	20.3	42.5	28.7	

[1/] Mean in the same column followed by common letter are not significantly at 5% level by DMRT

Table 4 Percentage of dry matter (%) in sweet potato selected clones planted for yield trail at Phichit Agricultural Research and Development Center (PARDC), Kanchanaburi Agricultural Research and Development Center (KARDC) and Sisaket Horticultural Research Center (SHRC) in 2014-2015

Clones/ Varieties	2014			2015		
	PARDC	KARDC	SHRC	PARDC	KARDC	SHRC
PJ.0106-1	28.4	30.0	30.7	30.1	32.3	31.2
PJ.0106-3	27.3	31.1	29.4	32.1	31.2	33.6
PJ.54-0104-1	**36.0**	**33.2**	**33.3**	**33.5**	**37.2**	**35.8**
PJ.54-0104-12	27.9	29.3	34.3	29.3	27.4	31.6
PJ.0102-7	31.4	31.2	33.5	32.8	34.2	31.8
PJ.02-1	30.5	33.0	31.3	35.2	35.1	34.6
PJ.06-11	32.1	31.6	29.0	34.2	31.4	30.4
PROC NO 65-16 (ck)	32.1	28.5	29.1	31.3	29.3	32.1
Taiwan No.1 (ck)	35.6	32.1	32.1	35.2	31.4	33.4

เปอร์เซ็นต์แป้ง

การปลูกเปรียบเทียบที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี และศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ปี 2558 พบว่า พจ.54-0104-1 ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 21.5 20.2 และ 20.8 ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ PROC NO 65-16 ที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 21.0 19.0 และ19.3 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ ไต้หวัน No.1 ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 20.0 19.2 และ 21.0 ตามลำดับ (Table 5)

จากการปลูกเปรียบเทียบทั้ง 3 สถานที่ พบว่า พจ.54-0104-1 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งในทิศทางเดียวกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง โดยให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบในทุกสถานที่และทุกปีโดยให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 20.8 สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ไต้หวัน No.1 และ PROC No.65-16 ที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 20.1 และ 19.8 (Table 5)

Table 5 Percentage of starch content of clones planted for yield trail at Phichit Agricultural Research and Development Center (PARDC), Kanchanaburi Agricultural Research and Development Center (KARDC) and Sisaket Horticultural Research Center (SHRC) in 2015

Clones/Varieties	Starch content [1/] (%)			Average
	PARDC	KARDC	SHRC	
PJ.0106-1	19.5	20.1	18.6	19.4
PJ.0106-3	17.0	18.1	17.1	17.4
PJ.54-0104-1	**21.5**	**20.2**	**20.8**	**20.8**
PJ.54-0104-12	18.6	18.4	19.2	18.7
PJ.0102-7	17.7	18.3	16.9	17.6
PJ.02-1	19.2	17.3	18.4	18.3
PJ.06-11	19.2	20.1	18.4	19.2
PROC NO 65-16 (ck)	21.0	19.0	19.3	19.8
Taiwan No.1 (ck)	20.0	19.2	21.0	20.1

[1/] Validation of AOAC (1990 and 2000)

การทดสอบพันธุ์ในแปลงเกษตรกร (farm trail)

ผลผลิตรวม พบว่า สายต้นมันเทศที่นำไปปลูกทดสอบ ให้ผลผลิตรวมสูงกว่าพันธุ์เกษตรกร โดย พจ.54-0104-1 ให้ผลผลิตรวมเฉลี่ย 3,617 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์เกษตรกร ที่ให้ผลผลิตรวม 2,676 กิโลกรัมต่อไร่ หรือมากกว่าคิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ (Table 6)

Table 6 Total yield of PJ.54-0104-1 on farm trail in Phichit province during 2016-2017

clone/variety	Yield (kg/rai)		Average	Increasing yield compared to check (%)
	2016 [1/]	2017 [1/]		
PJ.54-0104-1	**3,484**	**3,751**	**3,617**	**35**
Commercial (ck)	2,836	2,515	2,676	-

[1/] Average yield at three locations

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง พบว่า พจ.54-0104-1 ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 34.9 ต่ำกว่าพันธุ์เกษตรกร ที่ให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 35.3 (Table 7)

เปอร์เซ็นต์แป้ง พบว่า พจ.54-0104-1 ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 23.4 คิดเป็นผลผลิตแป้ง 846 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์เกษตรกร ที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้งรองลงมา 23.3 คิดเป็นผลผลิตแป้ง 624 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์เกษตรกร คิดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ (Table 7)

Table 7 Percentage of dry matter and starch content of PJ. 54-0104-1 planted on farm trail in Phichit province during 2016-2017

clone/variety	Dry matter [3/]	Starch content [1/ 2/]		Increasing yield of starch compared to check (%)
	(%)	(%)	(kg/rai)	
PJ.54-0104-1	**34.9**	**23.4**	**846**	**36**
Commercial (ck)	35.3	23.3	624	-

[1/] Validation of In house method based on AOAC (2010) 920.44

[2/] Average starch content at six locations

[3/] Average dry matter at six locations

จากการปรับปรุงพันธุ์ได้มันเทศสายต้นดีเด่น คือ พจ.54-0104-1 (ลูกผสมระหว่างพันธุ์แม่ไต้หวัน No.1 กับพันธุ์พ่อ PROC OPS-101-R89-3) โดยมีลักษณะประจำพันธุ์ ดังนี้

ลักษณะพฤษศาสตร์ รูปทรงใบแบบหยัก (lobed) ลึกปานกลาง จำนวน 5 แฉก ใบแก่สีเขียวก้านใบสีเขียวและมีสีม่วงใกล้ใบ ใบอ่อนสีเขียวปนสีม่วงที่เส้นใบและผิวด้านหลัง (green with purple veins on upper surface) รูปทรงของหัว ทรงกระบอกยาว (long oblong) สีผิว (แดง Red-purple 63C) และสีเนื้อ (ขาว White NN155C) (Figure 2)

ลักษณะทางการเกษตร อายุเก็บเกี่ยว 120 วัน ให้ผลผลิต 3,617 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตแป้ง 846 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้ง 23.4 และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง 34.9

Figure 2 Characteristic of PJ.54-0104-1; leaf shape, lobe and storage root shape

สรุปผลการทดลอง

จากการปรับปรุงพันธุ์ ตั้งแต่ ปี 2554-2560 ได้มันเทศสำหรับอุตสาหกรรมแป้ง 1 สายต้น คือ พจ. 54-0104-1 (ลูกผสมระหว่างพันธุ์แม่ ไต้หวัน No.1 กับพันธุ์พ่อ PROC OPS-101-R89-3) เสนอขอรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร และผ่านการรับรองพันธุ์ เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2562 ประเภทพันธุ์รับรอง และพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองชื่อ มันเทศพันธุ์พิจิตร 2 โดยมีลักษณะเด่น ได้แก่ 1) ให้ผลผลิต 3,617 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าพันธุ์เกษตรกร 35 เปอร์เซ็นต์ 2) เปอร์เซ็นต์แป้ง 23.4 คิดเป็นผลผลิตแป้ง 846 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าพันธุ์เกษตรกร 36 เปอร์เซ็นต์

การนำไปใช้ประโยชน์

มันเทศพันธุ์พิจิตร 2 เหมาะสำหรับนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แป้ง ทั้งในรูปแป้งฟลาว (flour) และ แป้งสตาร์ช (starch) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตรร่วมกับโรงงานแป้ง บริษัทไทยวา จำกัด (มหาชน) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตมันเทศสำหรับอุตสาหกรรมแป้ง และขยายผลให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมันเทศเพื่ออุตสาหกรรมแป้งจึงมีการแจกจ่ายยอดพันธุ์มากถึง 90,800 ยอด ไปสู่ผู้ประกอบการจากบริษัทชากังราว สตาร์ท จำกัด, บริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด จ.นครราชสีมา และบริษัทไทยวา จำกัด (มหาชน) จำนวน 34,000 ยอด (Figure 3) สนับสนุนยอดพันธุ์ภายใต้โครงการ “ร่วมใจสร้างความสุข ผู้ประสบอุทกภัย” จังหวัดสุโขทัย จำนวน 25,000 ยอด เกษตรกรรายย่อยในพื้นที่จังหวัดพิจิตร พิษณุโลก สุพรรณบุรี อุดรธานี ชลบุรี และกำแพงเพชร จำนวน 19,000 ยอด หน่วยงานราชการ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตรและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จำนวน 10,500 ยอด สถานศึกษา วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสุพรรณบุรี วัดเม็งรายมหาราช จ.เชียงราย จำนวน 1,300 ยอด และกลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่มันเทศ ต.ลำพญา จ.นครปฐม จำนวน 1,000 ยอด

Figure 3 Harvesting and transporting sweet potato to the flour mill of Thai Wah Flour Company Limited, Khanu Woralaksaburi District, Kamphaeng Phet Province

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการของกรมวิชาการเกษตร ที่ให้คำแนะนำและอนุมัติให้ดำเนินการวิจัย ขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตรที่ให้สถานที่ทำการวิจัย ตลอดจน นักวิชาการเกษตร พนักงานราชการและพนักงานจ้างเหมา ตลอดจนเกษตรกรจังหวัดพิจิตร ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานในการทำการวิจัย จนทำให้งานโครงการปรับปรุงพันธุ์มันเทศสำหรับอุตสาหกรรมแป้งสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

นรินทร์ พูลเพิ่ม อรรัตน์ วงศรี เพียงเพ็ญ ศรวัต และปัญญา ธยามานน. 2550. การคัดเลือกพันธุ์มันเทศเพื่อผลิตเอทานอล. แหล่งข้อมูล http://it.doa.go.th/refs/search.php สืบค้นเมื่อ: 30 มีนาคม 2560

FAO. 2020. Crop and livestock products. Available at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Accessed: May 1, 2022

Wilson, R.M. 2010. Sweet Potato as A Feedstock for Ethanol Production. Available at: www.iea.usp.br/mo/malufbiofuels.pdf. Accessed: August 25, 2019

Tsegaye, E., D. Sastry and N. Dechassa. 2006. Correlation and Path Analysis in Sweet Potato and their Implications for Clonal Selection. Available at: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012052730. Accessed: July 25, 2021

Tsegaye, E., D. Sastry and N. Dechassa. 2007. Genetic Variability for Yield and Other Agronomic Traits in Sweet Potato. *Journal of Agronomy*. 6(1): 94-99

การพัฒนาเครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดแบบอุโมงค์ลม

Development of an air assist boom anti-fall armyworm sprayer

ยุทธนา เครือหาญชาญพงค์[1] พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท[2] พักตร์วิภา สุทธิวารี[1] วีระ สุขประเสริฐ[1] พงษ์ศักดิ์ ต่ายก้อนทอง[1]
วรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร[2] เกษตริน ฝ่ายอุประ[3] รุ่งทิวา ดารักษ์[3] ดวงประทีป มะลิดวง[5] วิภาวรรณ ดวนมีสุข[5] ฉัตรชีวิน ดาวใหญ่[5]
ทวีป หลวงแก้ว[3] จตุรภัทร รัตนวิสาลนนท์[4] สมชาย ผะอบเหล็ก[5] เสกสรรค์ วรรณกรี[6] นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด[7] อัคคพล เสนาณรงค์[1]

Yuttana Khaehanchanpong[1] Pruetthichat Punyawattoe[2] Phakwipa Suttiwaree[1] Weera Sukprasert[1]
PongsakTaikonthong[1] Woravit Sutjaritthammajaraiyangkun[2] Kestarin Faiupara[3] Rungdhiwa Darak[3]
Duangprateep Maliduang[4] Wipawan Duanmesuk[4] Chatchewin Dawyai[4] Thaweet Lungkaew[3]Somchai Paoblek[4]
Chaturaphat Rattanawisanon[5] Seksan Wanakree[6] Nuchanart Tangchitsomkid[7] Akkapol Senanarong[1]

บทคัดย่อ

การป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยเครื่องพ่นสารแบบคานหัวฉีด พบว่าละอองสารไม่ถูกศัตรูพืชมากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากลมธรรมชาติเป็นปัจจัยสำคัญในการชักนำละอองสารไปยังเป้าหมายหรือพัดพาละอองสารปลิวไปนอกเป้าหมาย ทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดลดลง สิ้นเปลืองทั้งค่าสารเคมี เวลา และแรงงาน ส่งผลให้ต้นทุนของเกษตรกรสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อแก้ปัญหาการพ่นสารป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดที่ขาดประสิทธิภาพ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้พัฒนาเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม ที่ใช้หลักการของการใช้แรงลมช่วยแทรกหรือตีของเหลวที่พ่นออกมาจากหัวฉีดให้เป็นละอองฝอยขนาด 80-90 ไมโครเมตร ขณะเดียวกันกระแสลมช่วยพัดละอองสารเข้าไปสู่เป้าหมาย ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ดี เครื่องพ่นอุโมงค์ลมใช้แนวคิดการสร้างแรงลมด้วยการทำงานของเพลาอำนวยกำลังติดรถแทรกเตอร์ผ่านเกียร์ทดส่งกำลังไปยังพัดลม ขับเคลื่อนการสร้างลมที่มีอัตราความเร็วสูงถึง 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง อุโมงค์ลมออกแบบให้มีหน้ากว้างในการทำงาน 6 เมตร ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 34 แรงม้า ติดตั้งหัวฉีดแบบพัดระยะห่าง 50 เซนติเมตร จำนวน 11 หัวฉีด ซึ่งจากการทดสอบความหนาแน่นของละอองสารที่ตกลงพื้นที่เป้าหมายด้วยวิธีพ่นสี พบว่าสามารถสร้างละอองสารที่มีปริมาณความหนาแน่น 80.16 ละออง/ซม.^{2} พ่นสารได้ 21.3 ไร่/ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการทำงานสูงถึงร้อยละ 95 สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพียง 0.40 ลิตร/ไร่ เมื่อนำไปทดสอบพ่นสารเคมีควบคุมหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดในแปลงข้าวโพด โดยใช้สาร Emamectin benzoate 5% SG ตาม

[1] สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[2] สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย 64120

[5] ด่านตรวจพืชท่าอากาศยานภูเก็ต อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต 83110

[6] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 17150

[7] สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ที่อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ และลดปริมาณสาร 20 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 24 กรัม/น้ำ 20 ลิตร/ไร่ เปรียบเทียบกับวิธีคานหัวฉีดของเกษตรกร ใช้น้ำ 60 ลิตร/ไร่ การทดสอบดำเนินการในแปลงเกษตรกรในพื้นที่ จ.ตาก และ สุโขทัย ระหว่างปี 2563-2564 ผลการทดสอบพบว่าเครื่องพ่นอุโมงค์ลมมีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดได้ และสามารถลดปริมาณสารได้ร้อยละ 20 จากอัตราแนะนำ ช่วยให้ละอองสารตกสู่พื้นที่เป้าหมาย รวมทั้งมีความสามารถในการทำงานสูงกว่าเครื่องพ่นแบบเดิม 20 เท่า สามารถลดอัตราการสูญเสียสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชนอกพื้นที่เป้าหมาย นอกจากนั้น สามารถนำมาใช้พ่นสารชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยลดอัตราการใช้ไส้เดือนฝอยจาก 300 เป็น 240 ล้านตัว/ไร่/ครั้ง และมีระดับความเสียหายของใบข้าวโพดไม่แตกต่างจากการใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการพ่นสาร 4 ครั้ง เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนในการใช้งานเครื่องพ่นสารแบบอุโมงค์ลมเท่ากับ 489 ไร่ต่อปี โดยมีภาคเอกชน 1 ราย นำต้นแบบไปผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ เกษตรกรนำไปใช้กำจัดเพลี้ยไฟ หนอนห่อใบข้าว และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าว นอกจากนี้ยังขยายผลในเกษตรกรที่ปลูกถั่วเหลือง ถั่วเขียว และทานตะวัน มีการอบรมเกษตรกรครอบคลุมพื้นที่ 3,000 ไร่ รวม 1,000 ราย

คำสำคัญ: เครื่องพ่นสารแบบอุโมงค์ลม สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง หนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด ข้าวโพด

Abstract

Prevention of pest via conventional sprayer was found to be inefficient. The aerosols spraying from such a method miss the pest target more than 80%. The reason is that natural wind is an important factor which caused the aerosol to the target or blowing the aerosol outside the target. The efficiency of pest prevention decreased. Waste of chemicals, time and labor, resulting in unnecessarily higher costs for farmers. To solve such problems, an air assist boom sprayer was developed. The prototype uses the principle of the wind which helps to insert or hit the liquid ejected from the nozzle into an aerosol of 80-90 micrometers. At the same time, the wind helps to blow the aerosol into the target. This makes it more effective in preventing pests. The air assist boom sprayer adopts the concept of generating wind power by operating the shaft to drive the tractor through the gear reducer to send power to the fan. The fan can therefore generate the

[1] Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

[2] Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

[3] Tak Agricultural Research and Development Center, Muang, Tak, 63000

[4] Sukhothai Agricultural Research and Development Center, Si Samrong, Sukhothai, 64120

[5] Phuket International Airport Plant Quarantine Station, Thalang, Phuket, 83140

[6] Office of Agricultural Research and Development Region 5, Sapphaya, Chai Nat, 17150

[7] Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

wind at speeds of up to 100 km/h. The wind tunnel is designed to have a working width of 6 meters, connected to a 34-horsepower tractor. Installed 11 nozzles with a distance of 50 cm.from the test of the density of the droplets falling on the target area by spraying paint. It was found that it can create aerosol with a density of 80.16 droplets/cm^2, spray 21.3 rai/hour with efficiency up to 95%, fuel consumption of only 0.40 liters/rai. When applied to the test for spraying to control the fall armyworm in corn plots by using Emamectin benzoate 5% SG as recommended by the Department of Agriculture at the rate of 30 g/ water 20 liters / rai and reducing the amount of chemical to 20 percent or equal to 24 g /water 20 liters/rai. Compared with the conventional spraying method of farmers which used 60 liters/rai of water, the results showed that the assist boom sprayer was effective in controlling the fall army worm and can reduce the amount of chemical by 20 percent from the recommended rate. The prototype also increased precision of the droplets falling to the target area. Including the field efficiency of 20 times higher than the conventional sprayer which can reduce the loss rate of pesticides outside the target area. In addition, the prototype can be used to spray the nematode biocontrol to control fall armyworm effectively. The prototype sprayer helps reducing the use of nematodes biocontrol product from 300 to 240 million unit/rai/time, the damage level of corn leaves did not show significantly different from the chemical treatment after 4 sprays. When considering the break-even point in using the new assist boom sprayer, it is 489 rai per year. There is also already one private sector to bring the prototype to commercial production. Farmers can use the new assist boom sprayer to get rid of thrips, rice leafroller in rice leaves and the brown planthopper in the rice fields. It can also be used for soybeans, mung beans and sunflowers growth. Training has been given to farmers covering an area of 3,000 rai, including 1,000 farmers.

Keyword: Air assist boom sprayer, pesticides, Insecticide, nematodes biocontrol, fall armyworm in corn, corn

คำนำ

การป้องกันความเสียหายของข้าวโพดจากการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด วิธีการที่นิยมมากที่สุดคือ การพ่นสารป้องกันกำจัด เนื่องจากสะดวกรวดเร็วและง่ายในการปฏิบัติ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น (Lund-Hoie, 1985) การพ่นสารแบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบน้ำน้อยโดยเครื่องพ่นสะพายหลังแบบใช้แรงลมด้วยแรงงานคน ที่อัตรา 20-25 ลิตรต่อไร่ ระบบนี้ในประเทศไทยยังไม่มีใช้งานในเครื่องที่ติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ อีกแบบคือ แบบน้ำมากโดยเครื่องยนต์พ่นสารแบบแรงดันน้ำสูง ที่อัตรา 60 และ 100 ลิตรต่อไร่ การพ่นน้ำน้อยจะพ่น

ในลักษณะยืนพ่นเหนือลมเพื่อหลีกเลี่ยงการสัมผัสสารและพ่นที่แนวพ่นประมาณ 2-3 เมตร แต่ส่วนใหญ่เกษตรกรพ่นในอัตราที่สูงกว่าคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรทำให้สิ้นเปลืองและเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยไม่จำเป็น นอกจากนี้เกษตรกรมักพ่นสารในลักษณะที่เดินผ่านแนวพ่นสารเข้าไปสัมผัสสาร โดยพ่นส่ายหัวฉีดไปมาทางด้านซ้ายและขวาที่แนวพ่นประมาณ 5-6 เมตร การพ่นดังกล่าวแม้จะพ่นได้เร็ว แต่มักพบความหนาแน่นและการตกค้างของละอองสารมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งประสิทธิภาพในการพ่นขึ้นอยู่กับทักษะและความตั้งใจของผู้พ่นเป็นหลัก (Pojananuwong *et al*., 1997) ในกรณีเกษตรกรจ้างคนพ่นและเป็นผู้พ่นที่ขาดทักษะและความรับผิดชอบจะทำให้ประสิทธิภาพการพ่นในครั้งนั้นต่ำไม่สามารถโดนตัวหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดที่มักแอบหลบซ่อนอยู่ในกรวยใบ และใต้ใบข้าวโพด ซึ่งทำให้ไม่สามารถควบคุมการระบาดของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดได้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต ควรมีการนำเทคโนโลยีเครื่องจักรกลชนิดใหม่มาใช้แทนวิธีการเดิม จากงานวิจัยต่างๆ ในเรื่องเทคนิคการพ่นสารพบว่าคานประกอบหัวฉีด (boom sprayer) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ เนื่องจากสามารถป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด และมีความปลอดภัยสูงต่อผู้พ่น (Nuyttens *et al.,* 2004a ทั้งนำมาประกอบเข้ากับเครื่องต่างๆ ได้ ปัจจุบันมีการใช้และจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว โดยส่วนใหญ่เป็นคานหัวฉีดที่ประกอบหัวฉีดแรงดันของเหลว อย่างไรก็ตามจากการสำรวจของผู้วิจัยพบว่าคานหัวฉีดดังกล่าว ยังมีข้อที่ต้องแก้ไขหลายประการ เช่น การเลือกใช้หัวฉีดที่ไม่เหมาะสม รวมถึงความเร็วที่เหมาะสมต่อการพ่นสาร จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ชนิดนี้ใหม่ นอกจากคานหัวฉีดดังกล่าวแล้วพบว่ามีคานหัวฉีดอีกชนิดหนึ่งที่ควรนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย คือ คานหัวฉีดแบบใช้ลมช่วย (air assist boom sprayer) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าคานหัวฉีดแบบที่กล่าวมา เนื่องจากคานชนิดนี้มีการใช้แรงลมช่วยพัดพาละอองสารเข้าสู่ทรงพุ่มและใต้ใบจึงทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่างๆ สามารถควบคุมการแพร่ระบาดของศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี (Taylor et al.1989) โดยคานหัวฉีดแบบใช้แรงดันลมช่วย มีการใช้งานในต่างประเทศที่แพร่หลาย พบว่าสามารถใช้ปริมาณน้ำในการพ่นสารน้อย แต่มีราคาสูงมาก (Figure 1)

Figure1 Air assist boom sprayer

ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ในการดำเนินการพัฒนาอุปกรณ์ในการพ่น ดังกล่าวตลอดจนเทคนิคที่เหมาะสมตัดวงจรการแพร่ระบาดของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด ซึ่งทั้งนี้จะมีการดำเนินการทั้ง

ในห้องปฏิบัติการ และ ในแปลงทดสอบ ในการที่จะพัฒนาเทคนิคให้มีประสิทธิภาพ ประหยัดและปลอดภัย สามารถแนะนำให้เกษตรกรทุกกลุ่มเป้าหมาย นอกจากการพ่นที่มีประสิทธิภาพแล้ว การวิจัย เทคนิคเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สารป้องกันศัตรูพืชไม่ได้ถูกจำกัดเพียงแต่การศึกษาในแง่ของสารที่เป็นสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันศัตรูพืชเท่านั้น งานวิจัยเครื่องพ่นนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาระบบเกษตรอินทรีย์ ที่นิยมใช้สารชีวภัณฑ์ต่างๆ เช่น ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง ในการป้องกันการแพร่ระบาดของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด ซึ่งในปัจจุบันยังขาดงานวิจัยในเรื่องการประยุกต์ใช้สารชีวภัณฑ์ต่างๆ ร่วมกับเครื่องพ่นสารที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้การใช้สารชีวภัณฑ์ไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นงานวิจัยที่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลในเรื่องของเกษตรอินทรีย์และการลดการใช้สาร เพื่อลดต้นทุนการผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

รถแทรกเตอร์ขนาด 34 แรงม้า เครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลมต้นแบบ สารเคมี ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยรูปแบบผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ เครื่องวัดความเร็วลม ตลับเมตร นาฬิกาจับเวลา น้ำมันเชื้อเพลิง

วิธีการ

1. ออกแบบและพัฒนาเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม

ศึกษารูปการใช้แรงลมช่วย ปั๊ม ระบบการฉีดพ่น ชนิดของหัวฉีด ตลอดจน ข้อกำหนดต่างๆ ในการพ่นสารเคมี สร้างต้นแบบ

2. ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ทดสอบต้นแบบในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ASAE standard S572.1

- ศึกษาสารพ่นตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ลดปริมาณสารเคมี ลดอัตราการใช้น้ำ Table 1

Table 1 Comparison of water and decrease of chemical use (Concentration of solution used according to DOA recommendation)

Process	Water (liter)	Chemical (g)	ppm
DOA recommendation	60	30	25
DOA recommendation (20% decrease)	60	24	20
Air assist boom sprayer	20	30	75
Air assist boom sprayer (20% decrease)	20	24	60

- ศึกษารูปแบบกระจายตัวของละอองสารเพื่อการออกแบบระยะที่เหมาะสมในการติดตั้งหัวฉีด

ทดสอบกับหัวฉีดแบบพัด 2 ขนาด Hypro โมเดล F 110-02 และ Hypro โมเดล F 110-04 ใน 2 รูปแบบ คือ พ่นในขณะน้ำเต็มถังและครึ่งถัง ทั้งไม่ใช้ลมและใช้แรงลมช่วย ทำการทดสอบ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย (Figure 2)

Figure 2 Spraying coverage zone and distance test of nozzle

2.2 ศึกษาความหนาแน่นของละอองสาร การสูญเสียของละอองสารลงสู่ดิน และการปลิวของละอองบนพื้นที่นอกเป้าหมายด้วยวิธี Colorimetric method

2.3. ทดสอบต้นแบบในแปลงทดสอบ ทั้งการทดสอบพ่นด้วยสารเคมีและชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอย

2.3.1 ทดสอบการพ่นด้วยสารเคมี ที่ อ.พบพระ จ.ตาก ระหว่างเดือน มิถุนายน-สิงหาคม 2563 วางแผนการทดสอบแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 5 วิธี กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม อัตรา 20 ลิตรต่อไร่ ด้วยสารอิมาเม็กติน เบนโซเอท 5% SG อัตรา 30 กรัมต่อไร่ (อัตราแนะนำ) (Airboom 1) กรรมวิธีที่ 2 พ่นด้วยเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม อัตรา 20 ลิตรต่อไร่ ด้วยสารอิมาเม็กติน เบนโซเอท 5% SG อัตรา 24 กรัมต่อไร่ (ลดสารจากอัตราแนะนำ 20%) (Airboom 2) กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยคานหัวฉีดแบบเกษตรกร อัตรา 60 ลิตรต่อไร่ ด้วยสารอิมาเม็กติน เบนโซเอท 5% SG อัตรา 30 กรัมต่อไร่ (อัตราแนะนำ) (Boom 1) กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยคานหัวฉีดแบบเกษตรกร อัตรา 60 ลิตรต่อไร่ ด้วยสารอิมาเม็กติน เบนโซเอท 5% SG อัตรา 24 กรัมต่อไร่ (ลดสารจากอัตราแนะนำ 20%) (Boom 2) และกรรมวิธีที่ 5 พ่นน้ำ 60 ลิตรต่อไร่ (กรรมวิธีควบคุม)

2.3.2 ทดสอบการพ่นชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย ที่ อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย ระหว่างเดือนธันวาคม 2563 – มีนาคม 2564 วางแผนการทดลองแบบ RCB 5 วิธี 4 ซ้ำ กรรมวิธีที่ 1 พ่นผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอย 240 ล้านตัวต่อน้ำ 60 ลิตรต่อไร่ กรรมวิธีที่ 2 พ่นผลิตภัณฑ์ไส้เดือนฝอย 240 ล้านตัวต่อน้ำ 20 ลิตรต่อไร่ (ลดอัตราน้ำ) กรรมวิธีที่ 3 พ่นสารอีมาเมกติน เบนโซเอตด้วยอัตราสาร 30 กรัมต่อไร่ โดยใช้อัตราน้ำ 60 ลิตรต่อไร่ (อัตราแนะนำ) กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารอีมาเมกติน เบนโซเอตด้วยอัตราสาร 24 กรัมต่อไร่ โดยใช้อัตราน้ำ 60 ลิตรต่อไร่ (ลดสารจากอัตราแนะนำ 20%) และกรรมวิธีที่ 5 พ่นน้ำ 60 ลิตรต่อไร่ (วิธีควบคุม)

วิธีการ

ปลูกข้าวโพดระยะ 25x75 เซนติเมตร ในแปลงขนาด 18x48 เมตร ระยะระหว่างแปลงย่อย 10 เมตร ทำการพ่นสารตามกรรมวิธี โดยก่อนพ่นสารทำการประเมินความเสียหายของใบข้าวโพดจากการทำลายของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด โดยสุ่มตรวจนับ 3 ใบยอด จาก 4 แถวกลาง จำนวน 20 ต้นต่อแปลงย่อย ให้ระดับการทำลายตามวิธีการของ Davis and William (1992) บันทึกข้อมูลระดับการทำลายของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด ก่อนและ

หลังพ่นสาร 3 และ 7 วัน ในแต่ละกรรมวิธี และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์โดยใช้สูตรของ Townsend-Heuberger (1943)

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการใช้งานและจุดคุ้มทุนในการลงทุนซื้อเครื่องจักรกลการเกษตรในการพ่นสารป้องกันการระบาดของหนอนกระทู้ข้าวโพด เพื่อใช้เองหรือรับจ้าง

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี เริ่มเดือนเมษายน 2563 สิ้นสุดเดือนมีนาคม 2565

สถานที่ดำเนินการ

- โรงปฏิบัติการกลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร บริษัท คูโบต้า ก. แสงยนต์ ลูกแก กาญจนบุรี จำกัด แปลงข้าวโพดของเกษตรกรในจังหวัดตาก และสุโขทัย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การออกแบบและพัฒนาเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม

ปัจจัยที่มีผลต่อการพ่นสาร ได้แก่ ระยะแถว ระยะปลูก หัวฉีด อัตรา ทิศทาง ความเร็วของรถแทรกเตอร์ โดยมีปัจจัยหลักที่สำคัญ คือ ลมธรรมชาติ ที่ส่งผลให้เกิดการฟุ้งกระจายของละอองสาร ปลิวไม่โดนต้นพืช เกิดการตกค้างบนดิน สูญเสียและสิ้นเปลือง (Planas *et al*., 1998) ผลการตรวจเอกสารพบว่า การพ่นแบบใช้อุโมงค์ลมจะลดการฟุ้งกระจายจากลมธรรมชาติ (Davishvand and Brown,1997) ลมที่สร้างจากอุโมงค์ลมจะช่วยกดให้ละอองสารไปสู่เป้าหมายได้โดยตรงนอกจากนี้ยังช่วยให้เกิดการพลิกกลับของใบพืช สารออกฤทธิ์สามารถโดนใต้ใบพืชได้โดยง่าย (Taylor *et al*.1989) การเลือกพัดลม (Figure 2) จากการศึกษาของ Davishvand and Brown (1997) พบว่าลมที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความเร็วลม 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (27.7 เมตรต่อวินาที) เป็นความเร็วลมที่ส่งลมเข้าไปโดนใบพืชได้ดีที่สุด ลดการสูญเสีย และ ลดการปลิวของละอองสารไปตกค้างบนพื้นดิน เลือกพัดลมแบบ AM-630 E ที่ปริมาณลม 284-142 cmm. แรงดัน 20-110 mmWg. ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาที ออกแบบอุโมงค์ลมต้นแบบให้มีขนาดเท่ากับพัดลมที่เลือก (Figure 2) ลมสร้างจากพัดลมที่รับกำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ ผ่าน พูเล่ และ เกียร์ทด ด้านปลายของอุโมงค์ลม ใส่ท่อผ้าใบ ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรู 1 นิ้ว ห่างกันทุก 2 นิ้ว เพื่อให้ลมผ่านทางบนรูที่เจาะ (Figure 3) เพื่อกดให้สารออกฤทธิ์ที่ออกจากหัวฉีดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทดสอบวัดความเร็วลมในห้องปฏิบัติการ ที่รอบเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ 540 รอบต่อนาที รอบเครื่องยนต์ 2,400 รอบต่อนาที สร้างลมได้ 41-43 เมตรต่อวินาที ซึ่งเพียงพอกับความต้องการลมที่ทางออกประมาณ 28 เมตรต่อวินาที (Figure 4) ล้อและยางรถแทรกเตอร์ ไม่สะดวกในการทำงานในแปลงข้าวโพด เพราะมีหน้ากว้าง แก้ปัญหาโดย เปลี่ยนล้อทั่วไป เป็นล้อยางสูง (ล้อยางสูงมีการจำหน่ายในปี 2562) ข้อดีคือ ทำให้ช่วงคานของรถแทรกเตอร์สูงขึ้น ลดการสั่นสะเทือนของผู้ขับขี่ขณะใช้งานในแปลง และวิ่งบนพื้นถนนสาธารณะ สามารถขนย้ายขึ้นรถบรรทุกได้ง่าย ตำแหน่งถังพ่นยาอยู่ทางด้านหน้าของตัวรถ เพื่อให้

เกิดความสมดุลระหว่างถังพ่นยา กับ ชุดอุโมงค์ลมที่อยู่ทางด้านท้ายของรถแทรกเตอร์ ต้นแบบเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม ต้องสามารถยกให้สูงได้ถึง 180 เซนติเมตร ซึ่งเพียงพอกับระยะในการฉีดพ่นข้าวโพดในระยะก่อนติดฝักที่มีความสูงของข้าวโพดประมาณ 150 เซนติเมตร (Figure 5)

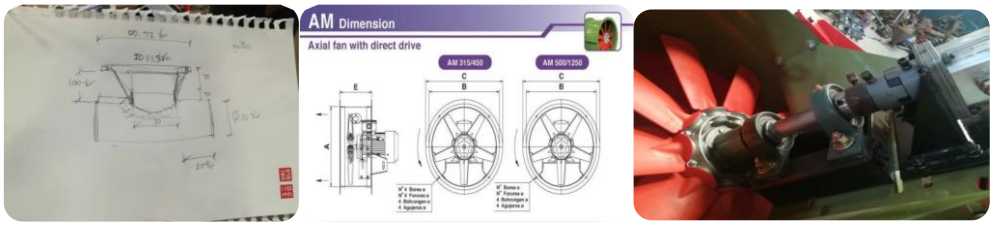


Figure 2 Ventilation system for prototype development

Figure 3 Produce prototype of air assist boom sprayer

Figure 4 Air flow measurement test in laboratory

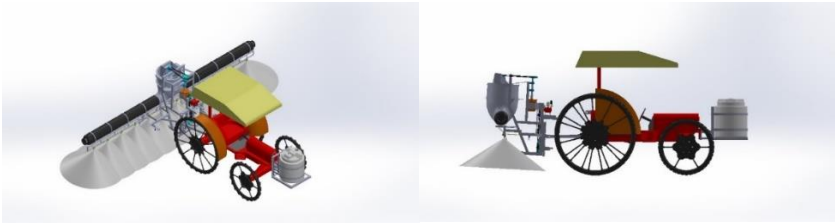


Figure 5 Prototype of Air assist boom sprayer

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ทดสอบต้นแบบในห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐาน ASAE standard S572.1., ศึกษารูปแบบคานหัวฉีดแบบใช้แรงดันลมช่วย ชนิดของหัวฉีด ตลอดจน ข้อกำหนดต่างๆ ในการพ่นสารเคมี

เลือกหัวฉีดแบบพัด 3 ขนาด ได้แก่ Hypro โมเดล F 110-02 (สีเหลือง), Hypro โมเดล F 110-03 (สีน้ำเงิน) และ Hypro โมเดล F 110-04 (สีแดง) (Figure 5) ที่ความดันของปั๊มที่ 3 บาร์ และ 5 บาร์ และทดสอบอัตราการฉีดพ่นของหัวฉีดในห้องปฏิบัติการ (Figure 5)

ผลการทดสอบพบว่าอัตราการไหลจากหัวฉีด Hypro โมเดล F 110-04 (สีแดง), Hypro โมเดล F 110-03 (สีน้ำเงิน) และ Hypro โมเดล F 110-02 (สีเหลือง) ที่แรงดัน 3 บาร์ มีอัตราการไหลเฉลี่ย 1,000, 800 และ 580 มล. ต่อนาที ส่วน ที่แรงดัน 5 บาร์มีอัตราการไหลเฉลี่ย 1,800 1,250 และ 980 มล. ต่อนาที เลือกหัวฉีด Hypro โมเดล F 110-02 (สีเหลือง) ที่แรงดัน 3 บาร์สำหรับเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม (อัตราพ่น 20 ลิตรต่อไร่) และ วิธีการของเกษตรกรใช้หัวฉีด Hypro โมเดล F 110-04 (สีแดง) ที่แรงดัน 5 บาร์ ฉีดพ่น 40-60 ลิตรต่อไร่ (ใช้ความเร็วรถแทรกเตอร์ที่เกียร์ 3 low, 1.4 m/s)

2.2 ศึกษาความหนาแน่นของละอองสาร การสูญเสียของละอองสารลงสู่ดิน และการปลิวของละอองบนพื้นที่นอกเป้าหมายด้วยวิธี Colorimetric methon

2.2 ศึกษาความหนาแน่นของละอองสาร การสูญเสียของละอองสารลงสู่ดิน และการปลิวของละอองบนพื้นที่นอกเป้าหมายด้วยวิธี Colorimetric method

เครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม อัตรา 20 ลิตร/ไร่ มีความหนาแน่นของละอองสารสูงสุดที่ 80.16 ละออง/ซม^2 มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบเกษตรกรอัตรา 60 ลิตรต่อไร่ซึ่งมีละอองสาร 57.25 ละออง/ซม^2 วิธีการพ่นสารมีผลต่อจำนวนละอองสารบนพื้นที่เป้าหมาย การพ่นสารที่มีประสิทธิภาพต้องการละอองสารอย่างน้อย 20-30 ละออง/ซม^2 สำหรับการป้องกันกำจัดแมลง และวัชพืชก่อนงอก ละอองสาร 30-40 ละออง/ซม^2 สำหรับวัชพืชหลังงอก และ 50–70 ละออง/ซม.^{2} สำหรับการป้องกันกำจัดโรคพืช (Ebert *et al*., 1999) สำหรับการสูญเสียของละอองสารลงสู่ดินจากการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบเกษตรกรอัตรา 60 ลิตร/ไร่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 2.34 ไมโครกรัม/ซม^2 มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการพ่นด้วยเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลมอัตรา 20 ลิตร/ไร่ ที่มีการสูญเสียของละอองสารลงสู่ดินเฉลี่ย 1.50 ไมโครกรัม/ซม^2 นอกจากนี้เครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลมเป็นการพ่นจากด้านบนเหนือเป้าหมาย ทำให้ละอองสารถูกพัดจากด้านบนลงสู่ด้านล่างพบการปลิวของละอองสารบนพื้นที่นอกเป้าหมายที่สามารถตรวจวัดได้ไกลที่สุดห่างจากแนวพ่นเพียง 3 เมตร ซึ่งไม่แตกต่างจากการพ่นด้วยคานหัวฉีดแบบเกษตรกร

2.3 ผลของการทดสอบเครื่องพ่นอุโมงค์ลมในแปลงทดสอบ

2.3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดที่ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ด้วยการพ่นด้วยสารอิมาเม็กติน เบนโซเอท 5% SG

จากการตรวจนับจำนวนหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดก่อนพ่นสารพบ 0.80-1.27 ตัวต่อต้น เมื่อพ่นด้วยเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลมที่อัตราสารตามคำแนะนำ (Airboom 1) และลดปริมาณสารจากคำแนะนำลง 20 เปอร์เซ็นต์ (Airboom 2) พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดได้เทียบเท่ากับการพ่นด้วยคานหัวฉีดของเกษตรกรที่ใช้อัตราสารตามคำแนะนำ (Boom 1) และมีประสิทธิภาพดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการพ่นด้วยคานหัวฉีดของเกษตรกรที่ลดปริมาณสารจากคำแนะนำลง 20 เปอร์เซ็นต์ (Boom 2) โดยผลจากการพ่นสารครั้งที่ 3 หลังพ่นสาร 7 วัน พบหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด 0.003-0.69 ตัวต่อต้น วิธีการพ่น Airboom 1 และ Airboom 2 พบต่ำสุดที่ 0.003 ตัวต่อต้น ไม่แตกต่างกับการพ่นวิธี Boom 1 ที่พบ 0.01 ตัวต่อต้น แต่น้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติกับวิธีการพ่น Boom 2 ที่พบหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด 0.09 ตัวต่อต้น ทุกกรรมวิธีที่พ่นสารพบหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธีไม่พ่นสารที่พบ 0.69 ตัวต่อต้น (Table 2)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของใบข้าวโพด พบว่าการพ่นด้วย Airboom 1, Airboom 2 และ Boom 1 พบระดับความเสียหายของใบข้าวโพดหลังพ่นสารครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 9.00-9.99% น้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวิธี Boom 2 ที่พบค่าเฉลี่ย 29.88 % ทุกวิธีพบระดับความเสียหายของใบข้าวโพดน้อยกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ไม่พ่นสารที่พบค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 50.67% (Table 3)

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จุดคุ้มทุนในการใช้งานเครื่องพ่นสารแบบอุโมงค์ลม อยู่ที่ 489 ไร่/ปี เมื่อจ้างพ่นสารในราคาไร่ละ 60 บาท โดยข้อดีของเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลมในด้านการปฏิบัติงาน ช่วยให้ละอองสารมีความสม่ำเสมอมากกว่าการพ่นจากคานหัวฉีดแบบน้ำมาก นอกจากนี้การที่ใช้อัตราพ่นที่น้อยกว่าทำให้สามารถปฏิบัติงานพ่นสารได้รวดเร็วกว่า เนื่องจากสามารถลดจำนวนครั้งในการผสม และการเติมสาร รวมถึงเมื่อเทียบในปริมาณน้ำในถังพ่นสารที่เท่ากัน เครื่องพ่นที่ออกแบบสามารถพ่นได้พื้นที่มากกว่าถึง 2 เท่า

ในด้านการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดการปลิวของละอองสารนอกพื้นที่เป้าหมาย และจากการพ่นสารที่รวดเร็วกว่ายังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากรถแทรคเตอร์ ด้านการช่วยลดการใช้ทรัพยากร ช่วยลดการใช้ทรัพยากรน้ำที่ค่อนข้างมีจำกัดหลายพื้นที่ของประเทศไทย โดยการพ่นในระบบน้ำน้อยช่วยลดการใช้น้ำในการพ่นสารได้มากกว่า 60% ตลอดจนการทำงานที่รวดเร็วกว่ายังมีส่วนช่วยในการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากรถแทรคเตอร์ได้มากกว่า 30% ในด้านการช่วยลดอันตรายของผู้ปฏิบัติงาน มีจำนวนครั้งในการผสมและการเติมสารลงในถังพ่นสารที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการพ่นแบบน้ำมากในพื้นที่ปฏิบัติงานที่เท่ากัน ดังนั้นการพ่นแบบน้ำน้อยจึงมีความเสี่ยงที่ผู้ปฏิบัติงานปนเปื้อนสารเคมีจากกิจกรรมดังกล่าวที่น้อยกว่าอีกด้วย

Table 2. Mean number of larvae per plant when applied with emamectin benzoate 5% SG for controlling fall armyworm with different spray application techniques at Poppha district, Tak Province, Thailand

Treatment	Spray volume (liter/rai)	Insecticide usage (g/rai)	Before Spraying	Number of larvae per plant					
				Day after the 1st spraying		Day after the 2nd spraying		Day after the 3rd spraying	
				3 days	7 days	3 days	7 days	3 days	7 days
Airboom 1	20	30	0.97 b	0.08 a	0.20 a	0.04 a	0.13 a	0.04 a	0.003 a
Airboom 2	20	24	1.27 c	0.46 b	0.22 a	0.07 a	0.17 a	0.05 a	0.003 a
Boom 1	60	30	1.26 c	0.58 bc	0.24 a	0.12 a	0.18 a	0.09 a	0.01 a
Boom 2	60	24	1.15 c	0.70 c	0.35 a	0.26 bc	0.21 a	0.15 a	0.09 b
Control			0.80 a	0.97 d	1.03 b	1.00 b	0.38 b	0.85 b	0.69 c
CV (%)			7.30	15.04	27.27	37.42	20.45	58.94	23.37
RE						28.5	29.7	41.5	39.8

1/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์โดยวิธี DMRT

Table 3. Percent of leaf damage when applied with emamectin benzoate 5% SG for controlling fall armyworm with different spray application techniques at Poppha district, Tak Province, Thailand

Treatment	Spray volume (liter/rai)	Insecticide usage (g/rai)	Before Spraying	Percent of leaf damage (%)1/					
				Day after the 1st spraying		Day after the 2nd spraying		Day after the 3rd spraying	
				3 days	7 days	3 days	7 days	3 days	7days
Airboom 1	20	30	54.09 a	55.53 a	30.15 a	22.77 a	13.41 a	10.44 a	9.27 a
Airboom 2	20	24	52.74 a	52.02 a	43.92 b	33.93 b	22.23 b	18.45 a	9.99 a
Boom 1	60	30	60.93 b	59.85 b	46.08 b	35.46 b	26.55 b	16.20 a	9.00 a
Boom 2	60	24	56.07 a	57.51 a	43.47 b	34.11 b	43.74 c	36.36 b	29.88 b
Control			53.38 a	58.32 a	66.15 c	70.65 c	68.04 d	67.14 c	50.67 c
CV (%)			7.90	6.14	7.38	13.27	12.05	13.98	15.34
RE						38.4	30.8	42.1	39.5

1/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์โดยวิธี DMRT

2.3.2 ผลการทดสอบพ่นชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทยในการป้องกันหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด

จากการทดสอบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอย เปรียบเทียบกับการใช้สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ผลการประเมินระดับความเสียหายของใบข้าวโพดจากการทำลายของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดในแปลงทดสอบก่อนการพ่นสารอยู่ระหว่าง 49.80-57.82 เปอร์เซ็นต์ หลังการพ่นครั้งที่ 1 พบเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของใบ

ข้าวโพดลดลงต่อเนื่อง จนถึงการพ่นครั้งที่ 4 หลังการพ่น 7 วัน ในทุกกรรมวิธีที่มีการพ่นสาร โดยการพ่นชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอย 240 ล้านตัว ทั้งกรรมวิธีใช้น้ำ 60 และ 20 ลิตรต่อไร่ ไม่แตกต่างจากการใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การพ่นด้วยน้ำในกรรมวิธีควบคุมมีระดับความเสียหายมากถึง 34.02 เปอร์เซ็นต์ (Table 4)

การใช้เครื่องพ่นอุโมงค์ลม ช่วยให้สารละลายไส้เดือนฝอยเป็นละอองขนาดเล็ก ตกบนใบและกรวยยอดของข้าวโพดได้ครอบคลุมทั่วต้น มีความชุ่มชื้นเพียงพอให้ไส้เดือนฝอยคงอยู่ได้นานเพื่อรอหนอนศัตรูเข้ามากัดกินใบพร้อมไส้เดือนฝอยเข้าไปด้วย เมื่อไส้เดือนฝอยเข้าสู่ตัวหนอนจะทำให้หนอนเกิดโรคและตายภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง สำหรับในกรรมวิธีใช้ไส้เดือนฝอยต่อน้ำ 20 ลิตร ระดับความเสียหายจากการทำลายไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีใช้ไส้เดือนฝอยต่อน้ำ 60 ลิตร สอดคล้องกับการทดสอบเครื่องพ่นอุโมงค์ลมในการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในนาข้าว พบการตกค้างของละอองสารบนต้นข้าวได้ดีไม่แตกต่างจากการใช้เครื่องพ่นแบบสะพายหลัง รวมทั้งอัตราการใช้น้ำลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ (ยุทธนา และคณะ, 2562)

Table 4 The degree of corn leaf damage from the infestation of the fall armyworms in the efficacy test plots of commercial nematode biocontrol products. Comparison with chemical insecticides by sprayers using air assist boom sprayer at Sisamrong Sukhothai during December2020-March 2021.

Treatment	Before Spraying	Percent of leaf damage (%)[1/]							
		Day after the 1st spraying		Day after the 2nd spraying		Day after the 3rd spraying		Day after the 4th spraying	
		3 days	7 days	3 days	7 days	3 days	7 days	3 days	7 days
Airboom 1	57.82	25.15	21.63 a[3/]	23.31 a	11.89 a	17.89 a	18.93 a	11.69 a	10.46 a
Airboom 2	49.80	29.29	19.28 a	26.84 a	17.64 bc	16.22 a	11.67 a	13.82 a	6.80 a
Boom 1	53.98	42.91	39.73 bc	27.87 a	26.89 b	11.66 a	7.44 a	6.71 a	6.31 a
Boom 2	51.53	43.78	35.51 b	20.29 a	18.57 bc	11.29 a	6.96 a	3.80 a	4.89 a
Control	51.91	48.04	49.61 c	42.02 b	44.82 c	41.88 b	35.95 b	35.17 b	34.02 b
CV. (%)	8.09	34.20	24.25	27.06	36.91	61.93	49.70	51.49	44.35

สรุปผลการทดลอง

การพ่นด้วยเครื่องพ่นอุโมงค์ลมอัตรา 20 ลิตร/ไร่ เปรียบเทียบกับการพ่นด้วยคานหัวฉีดของเกษตรกรอัตรา 60 ลิตร/ไร่ พบว่ามีความหนาแน่นของละอองสารสูงสุด โดยมีการสูญเสียลงดินที่น้อยกว่าและมีการปลิวสู่พื้นที่นอกเป้าหมายไม่แตกต่างจากการพ่นด้วยคานหัวฉีดของเกษตรกร และจากการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลมอัตราน้ำ 20 ลิตร/ไร่ กับคานหัวฉีดของเกษตรกรที่อัตราน้ำ 60 ลิตร/ไร่ ด้วย Emamectin benzoate 5% SG อัตราสารตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรที่ 30 กรัมต่อไร่และลดปริมาณสารจาก

คำแนะนำลง 20 เปอร์เซ็นต์ที่อัตรา 24 กรัมต่อไร่ ผลการทดลองพบว่าการพ่นด้วยเครื่องพ่นแบบอุโมงค์ด้วยอัตราสารตามคำแนะนำและลดปริมาณสารจากคำแนะนำลง 20 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดได้เทียบเท่ากับการพ่นด้วยคานหัวฉีดของเกษตรกรที่ใช้อัตราสารตามคำแนะนำ และมีประสิทธิภาพดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการพ่นด้วยคานหัวฉีดของเกษตรกรที่ลดปริมาณสารจากคำแนะนำลง 20 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งเครื่องพ่นอุโมงค์ลมสามารถนำมาใช้พ่นสารชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยลดระดับความเสียหายของใบข้าวโพดไม่แตกต่างจากการใช้สารเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการพ่นสาร 4 ครั้ง โดยมีจุดคุ้มทุนในการใช้งานเครื่องพ่นสารแบบอุโมงค์ลมอยู่ที่ 489 ไร่/ปี เมื่อจ้างพ่นสารในราคาไร่ละ 60 บาท

การนำไปใช้ประโยชน์

เครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลม มีบริษัท คูโบต้า ก.แสงยนต์ ลูกแก กาญจนบุรี จำกัด นำต้นแบบไปผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ มีการนำไปขยายผลใช้ในนาข้าว (Figure 6) สำหรับพ่นป้องกันการระบาดของเพลี้ยไฟ หนอนห่อใบข้าว โรคเมล็ดด่าง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยเป็นการพ่นแบบน้ำน้อยใช้น้ำที่อัตรา 20 ลิตร/ไร่ สามารถลดสารจากคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรลงได้ 20% นอกจากนี้ยังขยายผลในเกษตรกรที่ปลูกถั่วเหลือง (Figure 7) ถั่วเขียว (Figure 8) ทานตะวัน (Figure 9) มีการอบรมเกษตรกรครอบคลุมพื้นที่การเกษตร 3,000 ไร่ เกษตรกรที่เข้ารับการฝึกอบรม 1,000 ราย (Figure 10) และมีการเผยแพร่ในหนังสือพิมพ์ (Figure 11)

Figure 6 Air assist boom sprayer working in paddy field

Figure 7 Air assist boom sprayer working in soybean field

Figure 8 Air assist boom sprayer working in mung bean field

Figure 9 Air assist boom sprayer working in sunflower field

Figure 10 Giving a demonstration to farmers facing a problem with fall armyworm

Figure 11 Dissemination via printed media

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนทุนวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย ที่สนับสนุนแปลงทดสอบในการทดสอบต้นแบบ และเผยแพร่งานวิจัยสู่เกษตรกร ขอขอบคุณ ท่านที่ปรึกษากรมวิชาการเกษตร นางบุษรา จันทร์แก้วมณี นายวันชัย ถนอมทรัพย์ นายเกรียงไกร จำเริญมา ในการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง ท้ายที่สุด ขอขอบคุณ ข้าราชการ ลูกจ้าง สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัยที่ได้ทุ่มเทให้กับงานวิจัยนี้จนประสบความสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์ พักตร์วิภา สุทธิวารี พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท นลินา ไชยสิงห์ นิรุติ บุญญา 2562. เครื่องพ่นแบบอุโมงค์ลมสำหรับนาข้าว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

Darvishvand, M. and Brown R.B. 1997. Performance of an air assisted forestry boom sprayer. Canadian Agril. Engg. 399 (4): 281-287.

Lund-Hoie, K. 1985. Efficacy of glyphosate in forest plantation. In the Herbicide Glyphosate, eds. E.Grossbard and D.Atkinson, London, Endland: Butterwort & Co. 328-338.

Nuyttens, D., S. Windey and B. Sonck. 2004. Optimization of a vertical spray boom for greenhouse spray applications. Biosyst. Eng. 89: 417 - 423.

Planas, S., F. Solanelles; A. Fillat; P. Walklate; A Miralles; G. Ade; F. Pezzi; L. Andersen and P.G. Ade 1998. Advances on Air-assisted Spraying on the MediterraneanOrchards (Fruit, Vine and Citrus). EurAgEng Paper Nº 98-A-019. Oslo.

Pojananuwong, S., D. Wechakit; S. Armeen and A. Chaimanee, 1998. Field efficacy test of low volume application of pesticides against important insect pests and weeds in broadest rice. Biennial report, Division of Entomology and Zoology, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.

Taylor, W.A; P.G. Andersen and S. Cooper 1989. The use of air assistance in a field crop sprayer to reduce drift and modify drop trajectories. In Brighton Crop Protection Conference-Weeds, 631-639. Farnham, Surrey, England: British Crop Protection Council.

การขอรับรองห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์มาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่

ISO/IEC 17025: 2017 Seed Quality Testing Laboratory Request of Chiang Mai Seed Research and Development Center

สุมนา จำปา[1] นิภาภรณ์ พรรณรา[1] วราลักษณ์ บุญมาชัย[1] ชนันทวัฒน์ ศุภสุทธิรางกุล[1] อมรรัตน์ ใจยะเสน[1]

Sumana Jumpa[1] Nipapon Punnara[1] Waraluck Boonmachai[1] Chanantawat Suphasutthirangkun[1] Amornrat Chaiyasen[1]

บทคัดย่อ

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ มีภารกิจในการให้บริการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตามมาตรฐานของสมาคมทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association: ISTA) ครอบคลุมชนิดพืชทั้งเมล็ดพันธุ์พืชไร่ พืชผักและไม้ดอก โดยเริ่มให้บริการในปีงบประมาณ 2561 แก่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่และศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ และได้เปิดให้บริการแก่หน่วยงานรัฐอื่น ๆ ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดิน ด่านตรวจพืชสารวัตรเกษตร งานวิจัยหรืองานบริการทั่วไป และหน่วยงานเอกชนในปีงบประมาณ 2562 เป็นต้นไป ห้องปฏิบัติการฯ ได้เริ่มเตรียมความพร้อมเพื่อขอรับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ในปี พ.ศ. 2561 โดยดำเนินการเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบจากกองบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ (บร.) กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม เมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2564 ซึ่งมีขอบข่ายวิธีทดสอบที่ได้รับการรับรอง ISO/IEC 17025: 2017 รวม 9 ขอบข่าย ประกอบด้วยการทดสอบความบริสุทธิ์ทางกายภาพ 3 ชนิดเมล็ดพันธุ์ และการทดสอบความงอก 6 ชนิดเมล็ดพันธุ์ ในช่วงปีงบประมาณ 2562–2564 ห้องปฏิบัติการฯ ได้ตรวจสอบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งสิ้น 7,382 ตัวอย่าง จำนวนผู้ประกอบการที่ขอรับบริการในปีงบประมาณ 2564 มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณ 2561 ร้อยละ 90.91 ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการหลังจากที่ห้องปฏิบัติการฯ ได้รับการรับรองแล้ว ในปีงบประมาณ 2562–2564 เท่ากับร้อยละ 89.40 89.60 และ 90.40 ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้ประกอบการสามารถนำใบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่มีตรารับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ไปใช้ประกอบการส่งออกสินค้าไปจำหน่ายต่างประเทศ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ซื้อ เป็นการส่งเสริมและสนับสนุนอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ของประเทศ

คำสำคัญ: คุณภาพเมล็ดพันธุ์ มาตรฐานสากล ความบริสุทธิ์ทางกายภาพ ความงอก

ABSTRACT

Seed quality testing laboratory, Chiang Mai seed research and development center has a mission to provide seed quality testing services according to the standards of the International Seed Testing Association (ISTA). The service covers all types of crops,

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Chiang Mai Seed Research and Development Center, San Sai District, Chiang Mai Province 50290

including field crops, vegetables, and flower seeds. The laboratory began service in fiscal year 2018 to the Chiang Mai Field Crops Research Center and the Chiang Mai Seed Research and Development Center and has opened services to other government agencies such as the Department of Land Development, plant checkpoint, agricultural Inspector, research, or general services, and private agencies in fiscal year 2019 onwards. The Laboratory has begun preparing for certification in accordance with ISO/IEC 17025: 2017 in 2018 by continuing to prepare in various fields until it received accreditation as a testing laboratory from the Division of Laboratory Accreditation and Administration, Department of Science Service, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation on June 9, 2021. The scope of the ISO/IEC 17025: 2017 accredited test methods includes 9 scopes, comprising physical purity tests for 3 types of seeds and germination tests for 6 types of seeds. During fiscal years 2019–2021, the laboratory tested a total of 7,382 samples for seed quality. In fiscal year 2021, the number of entrepreneurs requesting services increased by 90.91 percent over fiscal year 2018. Customer satisfaction after the laboratory has been certified was 89.40, 89.60, and 90.40 in fiscal years 2019–2021, respectively. Moreover, entrepreneurs can also use the seed quality certificate with the ISO/IEC 17025: 2017 seal to export products for international sale. Its goal is to increase customer confidence while also promoting and supporting the country's seed industry.

Keywords: seed quality, international standard, physical purity, germination

คำนำ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ดำเนินโครงการพัฒนาเป็นศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์รองรับประชาคมอาเซียน (Seed Hub) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน เพื่อมุ่งเป้าหมายให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์ในระดับสากลที่มีความพร้อมทั้งทางด้านการวิจัยพัฒนา การผลิต การตรวจสอบคุณภาพ การจำหน่าย การนำเข้า - ส่งออกเมล็ดพันธุ์ที่หลากหลายมีคุณภาพดี ให้มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการทั้งภายในและภายนอกประเทศ และพัฒนาประเทศไทยให้เป็นฐานของอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ในระดับสากล กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานหลักที่มีภารกิจในการผลิตเมล็ดพันธุ์และการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยมอบหมายให้กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชดำเนินการพัฒนาห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์สู่มาตรฐานสากล ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่เป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาคภายใต้กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชที่มีภารกิจในการให้บริการตรวจสอบเพื่อรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้แก่ภาครัฐ ภาคเอกชน เกษตรกร และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งในพื้นที่ภาคเหนือมีผู้ใช้บริการซึ่งเป็นผู้ประกอบการผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อการค้าและการส่งออกจำนวนกว่า 103 ราย ด้วยเหตุนี้ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่จึงได้ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์สู่มาตรฐาน ISO/IEC 17025 ที่ว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ที่ประกอบไปด้วยข้อกำหนดด้านการบริหารงานคุณภาพและข้อกำหนดด้านวิชาการ สำหรับนำมาปฏิบัติเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการให้เป็นที่ยอมรับทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

ดังนั้นผลการตรวจสอบสินค้าเมล็ดพันธุ์ที่มาจากห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 จึงสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้มาใช้บริการและรับประกันคุณภาพงานทดสอบในระดับนานาชาติว่าผลการทดสอบที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการนั้นถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้ ลดการกีดกันทางการค้าเนื่องจากวิธีทดสอบ ลดการตรวจสอบซ้ำจากประเทศคู่ค้า ส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายของทั้งผู้ส่งออกและผู้นำเข้าเมล็ดพันธุ์ได้เป็นอย่างดี และเป็นการส่งเสริมการส่งออกสินค้าเมล็ดพันธุ์ทั้งในและต่างประเทศด้วย

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ได้เตรียมความพร้อมเพื่อขอรับการรับรองโดยมีระยะเวลาดำเนินการ 3 ปี (ตุลาคม 2561 - กันยายน 2564) และได้ดำเนินการตามขั้นตอนการพัฒนาห้องปฏิบัติการเพื่อเข้าสู่ระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 อย่างต่อเนื่อง ดังนี้

1. กำหนดขอบข่ายการทดสอบและศักยภาพของห้องปฏิบัติการ

พิจารณาขอบข่ายวิธีการทดสอบเพื่อขอการรับรองจากจำนวนตัวอย่างของแต่ละชนิดพืชและวิธีการทดสอบที่ผู้ใช้บริการมีความต้องการมาก และสำรวจศักยภาพด้านบุคลากรของห้องปฏิบัติการ โดยจัดทำแบบมอบหมายงานให้กับเจ้าหน้าที่ทุกคนในระบบเป็นลายลักษณ์อักษร ระบุหน้าที่ ความรับผิดชอบ และขอบข่ายของงานที่รับมอบหมายให้ชัดเจน พร้อมทั้งจัดฝึกอบรมเพื่อเพิ่มศักยภาพให้เจ้าหน้าที่ในระบบคุณภาพทุกคน (The international seed testing association, 2010) ได้แก่ การฝึกอบรมบุคลากรในการให้บริการงานตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เพื่อให้มั่นใจว่าบุคลากรทุกคนมีความรู้ความสามารถ และปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ตั้งงบประมาณและขอรับการสนับสนุนจากผู้บริหาร

ผู้บริหารต้องเล็งเห็นความสำคัญของการนำระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มาควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ โดยการจัดทำแผนรายละเอียดงบประมาณโครงการพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลในการขอรับการจัดสรรงบประมาณจากงบรายจ่ายประจำปี เพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ การควบคุมคุณภาพภายใน (internal audition) การเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ (inter-laboratory comparison) การเข้าร่วมกิจกรรมการทดสอบความชำนาญ (proficiency test: PT) และการฝึกอบรมเพื่อเตรียมความพร้อมด้านบุคลากรของห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

3. แต่งตั้งคณะทำงาน

แต่งตั้งคณะทำงานเพื่อดำเนินการและเฝ้าระวังระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตามข้อกำหนดของระบบบริหารงาน เช่น แต่งตั้งผู้จัดการคุณภาพ (QM) ผู้จัดการวิชาการ (TM) ผู้ควบคุมเอกสาร เจ้าหน้าที่ทดสอบ เจ้าหน้าที่ธุรการ และตำแหน่งอื่น ๆ ตามความจำเป็น พร้อมผู้ปฏิบัติหน้าที่แทนในตำแหน่งที่สำคัญ และกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละตำแหน่ง (job description)

4. กำหนดความต้องการอบรมและจัดทำแผนการอบรมบุคลากร

จัดทำแผนอบรมให้ความรู้บุคลากรที่เกี่ยวข้องทั้งด้านการบริหารและด้านวิชาการ เพื่อเข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อกำหนด ISO/IEC 17025: 2017 การตรวจติดตามคุณภาพภายใน การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ การประกันคุณภาพผลการทดสอบ และหลักสูตรด้านเทคนิคที่เกี่ยวข้อง เช่น การสุ่มตัวอย่างและการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตามมาตรฐานของสมาคม

ทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association หรือ ISTA) การใช้และการสอบเทียบเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับขอบข่ายงานของห้องปฏิบัติการ

5. จัดทำระบบเอกสาร/ข้อมูลด้านเทคนิคตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025

5.1 ห้องปฏิบัติการมีการจัดทำนโยบายคุณภาพเพื่อให้บุคลากรในองค์กรได้ตระหนักถึงความสำคัญของระบบมาตรฐานร่วมกันและมีการวางแผนการปฏิบัติงานให้ชัดเจน พร้อมทั้งจัดทำเอกสารระบบการบริหารงาน ประกอบด้วยเอกสารคู่มือคุณภาพ ขั้นตอนการดำเนินงาน วิธีปฏิบัติงาน วิธีทดสอบ และเอกสารสนับสนุนที่จำเป็น เพื่อให้บุคลากรนำไปใช้ในการปฏิบัติงานให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทำให้การทำงานเกิดความต่อเนื่อง มีความสม่ำเสมอ แม้จะเปลี่ยนตัวผู้รับผิดชอบ โดยดำเนินการตามระบบคุณภาพให้ครบทุกกิจกรรม และครบทั้งกระบวนการ ตั้งแต่การรับตัวอย่าง การทดสอบ การควบคุมคุณภาพภายใน และการออกรายงานผลการทดสอบ

5.2 เตรียมหลักฐานความสามารถของบุคลากรในตำแหน่งเจ้าหน้าที่ทดสอบ ได้แก่ การทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ (proficiency test: PT) เป็นการทดสอบความชำนาญของเจ้าหน้าที่และมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ โดยมีสมาคมทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association หรือ ISTA) เป็นผู้จัดโปรแกรมการทดสอบความชำนาญด้านเมล็ดพันธุ์ แต่เนื่องจากการเข้าร่วมทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการกับ ISTA นั้น ผู้เข้าร่วมจะต้องเป็นสมาชิก ISTA เพราะหากไม่ได้เป็นสมาชิกจะต้องใช้งบประมาณที่สูง ดังนั้นทางห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์จึงเข้าร่วมการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ (Inter-laboratory Comparison) กับหน่วยงานในประเทศที่ได้รับมาตรฐาน ISTA ในขอบข่ายที่ขอการรับรองทั้งความบริสุทธิ์ทางกายภาพและความงอก

5.3 เตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการด้านสถานที่ มีการจัดแบ่งพื้นที่สำหรับการทดสอบตัวอย่างตามประเภทที่ทดสอบ โดยแบ่งเป็น จุดรับตัวอย่าง ห้องแบ่งตัวอย่าง ห้องทดสอบความบริสุทธิ์ ห้องเพาะความงอก ห้องเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่องานทดสอบ มีการควบคุมการเข้าถึงการใช้พื้นที่ การเข้า-ออกห้องปฏิบัติการของบุคคลภายนอกจึงต้องอยู่ภายใต้การดูแลและการอนุญาตของหัวหน้าห้องปฏิบัติการหรือผู้ที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น

5.4 เตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการด้านเครื่องมือ มีการจัดหาหรือซ่อมแซมเครื่องมือ สอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ (The international seed testing association, 2013) โดยจัดทำคู่มือวิธีการใช้งานเครื่องมือทุกชนิด พร้อมทั้งแบบบันทึกการใช้เครื่องมือ และกำหนดผู้รับผิดชอบดูแลรักษาเครื่องมือและกำหนดผู้มีสิทธิใช้เครื่องมือทุกชนิด พร้อมทั้งฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานและการดูแลรักษาให้กับเจ้าหน้าที่

5.5 เตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการด้านวิธีทดสอบ ห้องปฏิบัติการเลือกใช้วิธีทดสอบของสมาคมทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA) มีการจัดทำคู่มือวิธีทดสอบ ประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบ การบันทึกผลการทดสอบ วิธีการคำนวณ การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ การรายงานผลการทดสอบ ซึ่งเอกสารดังกล่าวต้องถูกต้องตามกฎการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์สากลของ ISTA (The international seed testing association, 2021) ซึ่งมีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ทดสอบให้เข้าใจและปฏิบัติตามวิธีทดสอบที่จัดทำขึ้นอย่างเคร่งครัด มีการจัดทำการประกันฝีมือเจ้าหน้าที่ทดสอบ โดยวิธีเปรียบเทียบฝีมือทดสอบของเจ้าหน้าที่ทดสอบทุกคน ปีละ 1 ครั้งในทุกขอบข่ายการทดสอบ โดยใช้วิธี Z-score มาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ เพื่อเป็นการยืนยันผลว่า เจ้าหน้าที่ทุกคนมีความสามารถระดับเดียวกัน

5.6 วิเคราะห์ความเสี่ยงของห้องปฏิบัติการ ซึ่งการดำเนินการเพื่อจัดการกับความเสี่ยงนี้ ISO/IEC 17025: 2017 เป็นข้อกำหนดใหม่สำหรับห้องปฏิบัติการ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้รับบริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการดำเนินงานการบริการวิเคราะห์ทดสอบอาจมีความเสี่ยงเกิดขึ้นที่นำไปสู่ความเสียหายต่อห้องปฏิบัติการได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม หากมีการดำเนินการที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นห้องปฏิบัติการจึงให้ความสำคัญกับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเพื่อที่จะได้เลือกวิธีการที่เหมาะสมในการบริหารความเสี่ยงเหล่านั้นให้อยู่ในระดับที่สามารถรับได้ และทำให้สามารถดำเนินการบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ประกาศใช้เอกสารในระบบบริหารงานคุณภาพ

การปฏิบัติงานตามระบบคุณภาพนั้น มีการนำเอกสารในระบบคุณภาพ ได้แก่ คู่มือคุณภาพ ขั้นตอนการดำเนินงาน วิธีปฏิบัติงาน วิธีทดสอบ และแบบบันทึกต่าง ๆ มาใช้ในระบบการบริหารของห้องปฏิบัติการ ซึ่งบางครั้งเมื่อเรามาทดลองใช้แล้ว เราพบปัญหา จะต้องปรับแก้เอกสารคุณภาพต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริงของห้องปฏิบัติการ

7. การตรวจติดตามคุณภาพภายใน

ห้องปฏิบัติการดำเนินการตรวจติดตามคุณภาพภายในอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อติดตามการดำเนินงานว่าเป็นไปตามข้อกำหนดด้านคุณภาพและวิชาการตามระบบ ISO/IEC 17025 หรือไม่ โดยเจ้าหน้าที่ตรวจติดตามคุณภาพภายในต้องมีคุณสมบัติตามที่ห้องปฏิบัติการกำหนด เช่น ต้องผ่านการฝึกอบรมการตรวจติดตามคุณภาพภายใน มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องที่จะตรวจติดตาม และมีความรู้เรื่องระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 โดยการตรวจติดตามต้องตรวจให้ครบทุกข้อตามข้อกำหนด มีการตรวจติดตามแบบแนวตั้งและแนวนอน การตรวจแนวตั้ง หมายถึง การตรวจทั้งกระบวนการ โดยเริ่มตั้งแต่การรับตัวอย่างจนถึงการออกหนังสือรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ส่วนการตรวจแนวนอน หมายถึง การตรวจติดตามเป็นข้อ ๆ ตามข้อกำหนด จากนั้นจึงดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบจากการตรวจติดตามคุณภาพภายใน

8. ทบทวนระบบคุณภาพและยื่นขอการรับรอง

ประชุมทบทวนการบริหารงานของห้องปฏิบัติการอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และปรับปรุงประสิทธิภาพระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติตามความจำเป็น เพื่อให้มั่นใจว่าระบบคุณภาพและกิจกรรมการทดสอบของห้องปฏิบัติการยังคงมีความเหมาะสมและมีประสิทธิผล หลังจากนั้นจึงยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562) โดยเลือกหน่วยงานที่ให้การรับรองให้เหมาะสมต่อขอบข่ายที่ต้องการขอรับรอง ซึ่งในประเทศไทยมีเพียง 3 หน่วยงาน คือ

1) กองบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ (บร.) กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ให้การรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบ ด้านฟิสิกส์ เคมี และวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

2) สำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ (สมป.) กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ให้การรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบ ด้านการแพทย์และสาธารณสุขและด้านอาหาร

3) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ให้การรับรองห้องปฏิบัติการสอบเทียบและทดสอบทุกสาขา ยกเว้น ด้านการแพทย์และสาธารณสุข และด้านอาหาร

หลักเกณฑ์ในการเลือกหน่วยงานเพื่อยื่นขอการรับรอง ต้องพิจารณาว่าหน่วยงานใดให้การรับรองในพารามิเตอร์/ขอบข่ายที่เราต้องการ และหน่วยงานที่ให้การรับรองนั้นมีความเชี่ยวชาญในด้านใดบ้าง โดยเลือกหน่วยรับรองตามความเหมาะสม และขอบข่ายที่ต้องการขอการรับรองระบบ

ห้องปฏิบัติการ ซึ่งทางห้องปฏิบัติการฯยื่นขอการรับรองจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ เมื่อห้องปฏิบัติการเลือกหน่วยรับรองได้แล้ว ผู้จัดการคุณภาพจึงทำการยื่นขอการรับรองต่อหน่วยงานที่ให้รับรอง โดยดำเนินการตามระเบียบของหน่วยรับรอง

9. รับการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองระบบงาน (Accreditation Body Audit: AB audit)

หน่วยงานที่ให้การรับรองตรวจประเมินเอกสารในระบบคุณภาพต่าง ๆ ที่ทางห้องปฏิบัติการแนบไปพร้อมการยื่นขอรับรองโดยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ หากพบข้อบกพร่องทางห้องปฏิบัติการทำการแก้ไขเบื้องต้นหลังการตรวจประเมินเบื้องต้นแล้ว ภายใน 6 เดือน หน่วยรับรองจะดำเนินการตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ หากห้องปฏิบัติการไม่พร้อมที่จะให้ผู้ประเมินตรวจประเมินหรือจำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขนานเกินกว่า 6 เดือนหลังการตรวจสอบเบื้องต้น หน่วยรับรองจะยกเลิกคำขอการยื่นขอรับรอง

การตรวจประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการ โดยคณะผู้ประเมินประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 2 กลุ่ม คือ ผู้เชี่ยวชาญจากกองบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ (บร.) และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเมล็ดพันธุ์ มีการพิจารณาตามเอกสารหลักฐานและเฝ้าสังเกตการปฏิบัติงานขณะทำการทดสอบหรือสอบเทียบ โดยใช้เวลาประมาณ 2–3 วัน ขึ้นอยู่กับจำนวนขอบข่ายที่ขอรับการรับรอง หากพบข้อบกพร่อง ผู้ประเมินจะแจ้งรายการข้อบกพร่องให้ห้องปฏิบัติการทราบเป็นลายลักษณ์อักษร ห้องปฏิบัติการต้องจัดทำแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องและส่งผลการแก้ไขให้หน่วยรับรองภายใน 3 เดือนนับจากวันประชุมปิดการตรวจประเมิน สำหรับการตรวจติดตามผลการรับรองจะดำเนินการตรวจติดตามการรับรองทุก 15–20 เดือน และการตรวจประเมินใหม่ทั้งระบบทุก 4 ปี นับจากวันประเมินที่ห้องปฏิบัติการ (on-site assessment) ครั้งแรก โดยอาจเป็นการตรวจประเมินเต็มรูปแบบหรือบางส่วนก็ได้

10. แก้ไขข้อบกพร่องและได้รับการรับรอง

ห้องปฏิบัติการดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องให้แล้วเสร็จภายใน 6 เดือน นับตั้งแต่วันปิดประชุม หากผลการแก้ไขข้อบกพร่องถูกต้อง ครบถ้วน ผู้ประเมินจะจัดทำรายงานสรุปเสนอคณะอนุกรรมการและเสนอคณะกรรมการระบบงานห้องปฏิบัติการทดสอบ จากนั้นนำใบรับรองเสนอประธานคณะกรรมการรับรองระบบงานห้องปฏิบัติการลงนามแล้วผู้ตรวจประเมินจะแจ้งให้ห้องปฏิบัติการทราบหน่วยงานที่ให้การรับรองจัดทำใบรับรอง และเผยแพร่รายชื่อห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองแล้วต้องมีการประเมินห้องปฏิบัติการซ้ำเป็นระยะ ๆ เพื่อให้มั่นใจถึงการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องตามข้อกำหนด และตรวจสอบว่าห้องปฏิบัติการได้รักษามาตรฐานของการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และตรวจประเมินใหม่ทั้งระบบทุก ๆ 4 ปี

11. การให้บริการตรวจสอบและรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ห้องปฏิบัติการเปิดให้บริการตรวจสอบและรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ใช้บริการโดยจำแนกตามประเภทของหน่วยงานที่ขอรับบริการ และจำแนกตามวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์ใบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์พร้อมทั้งดำเนินการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ

ผลการดำเนินงาน

1. ขอบข่ายการให้บริการที่ได้รับการรับรอง

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ดำเนินการให้บริการตรวจสอบและรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ พร้อมกับการเตรียมความพร้อมเพื่อขอรับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ตั้งแต่ปี 2561 โดยเป็นการตรวจสอบและออกใบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์แก่หน่วยงานศูนย์วิจัย

พืชไร่เชียงใหม่และศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ และได้เปิดให้บริการแก่หน่วยงานรัฐ ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดิน ด่านตรวจพืช สารวัตรเกษตร และงานวิจัยหรืองานบริการทั่วไป และให้บริการแก่หน่วยงานเอกชนในปีงบประมาณ 2562 เป็นต้นไป บริการตรวจสอบความบริสุทธิ์ ความงอก ความชื้น และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ควบคุมตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 และที่แก้ไขเพิ่มเติม 33 รายการ (46 ชนิดพืช) ครอบคลุมชนิดพืชทั้งเมล็ดพันธุ์พืชไร่ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองฝักสด ถั่วเขียว ถั่วลิสง ข้าวโพด เป็นต้น เมล็ดพันธุ์พืชผัก เช่น คะน้า ผักชี ถั่วฝักยาว มะเขือเทศ พริก ผักกาด ผักบุ้ง เป็นต้น และเมล็ดพันธุ์ไม้ดอก เช่น ดาวเรือง และทานตะวัน โดยอ้างอิงวิธีการทดสอบตามกฎของสมาคมการทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 2021)

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์คัดเลือกวิธีการทดสอบความบริสุทธิ์ทางกายภาพและความงอกเป็นขอบข่ายในการขอการรับรองฯ เนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างที่ผู้ใช้บริการมีความต้องการมาก โดยพิจารณาคัดเลือกชนิดของเมล็ดพันธุ์ควบคุมตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ซึ่งมีปริมาณการค้าขายในตลาดสูงและมีผู้ประกอบการมาขอใช้บริการตรวจสอบคุณภาพจำนวนมาก ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด เมล็ดพันธุ์คะน้าและกะหล่ำปลี เมล็ดพันธุ์แตงกวาและแตงร้าน เมล็ดพันธุ์พริก และเมล็ดพันธุ์ผักชี รวมถึงเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองซึ่งแม้ไม่ได้จัดเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุมตาม พรบ.พันธุ์พืช แต่เป็นไม้ดอกที่มีการผลิตเมล็ดพันธุ์ภายในประเทศและมีปริมาณการส่งออกในปริมาณมาก จึงคัดเลือกมาเป็นขอบข่ายในการขอการรับรองฯ โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ในปีงบประมาณ 2562 จำนวน 400,000 บาท ปีงบประมาณ 2563 จำนวน 600,000 บาท และในปีงบประมาณ 2564 จำนวน 550,000 บาท

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชได้ยื่นขอรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการจากกองบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ (บร.) กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เมื่อในวันที่ 21 กันยายน 2563 และได้รับตรวจประเมินเบื้องต้น โดยกองบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการผ่านระบบออนไลน์ เมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2563 (Figure 1) และได้รับการตรวจประเมินจากหน่วยรับรองระบบงาน (Accreditation Body Audit: AB audit) ในวันที่ 30 พฤศจิกายน - 1 ธันวาคม 2563 (Figure 2) ปัจจุบันห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ จากกองบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ (บร.) กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2564 (Figure 3) มีขอบข่ายที่ได้รับการรับรองรวม 9 ขอบข่าย ประกอบด้วยการทดสอบความบริสุทธิ์ทางกายภาพ 3 ชนิดเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด เมล็ดพันธุ์คะน้าและกะหล่ำปลี เมล็ดพันธุ์แตงกวาและแตงร้าน และการทดสอบความงอก 6 ชนิดเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด เมล็ดพันธุ์คะน้าและกะหล่ำปลี เมล็ดพันธุ์แตงกวาและแตงร้าน เมล็ดพันธุ์พริก เมล็ดพันธุ์ผักชี และเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง (Figure 4) ดังแสดงใน Table 1 ทั้งนี้ขั้นตอนและระยะเวลาในการทดสอบ เริ่มจากการสุ่มตัวอย่างหรือรับตัวอย่าง การลงทะเบียน การแบ่งตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพที่ประกอบด้วยการตรวจสอบความบริสุทธิ์และการตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ จนถึงการรายงานผลการทดสอบ ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการไม่เกิน 23 วันทำการ (Figure 5) ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ทำการทดสอบ

2. ผลการให้บริการตรวจสอบและรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์

จำนวนตัวอย่างที่ขอรับการบริการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์จากห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ในช่วงปีงบประมาณ 2562–2564 มีจำนวนทั้งสิ้น 7,382 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นการออกใบรับรองราชการเฉพาะตัวอย่างเพื่อการค้าและการส่งออก จำนวน 80 ใบรับรอง อัตราค่าธรรมเนียมการตรวจวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์เป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง อัตราค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ พ.ศ. 2562 เมื่อจำแนกตามประเภทของหน่วยงานที่ขอรับบริการสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (Table 2)

1) หน่วยงานภาครัฐ จำนวน 6,741 ตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มควบคุมตามพระราชบัญญัติ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่1 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร ด่านตรวจพืช สารวัตรเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการพัฒนาที่ดินโครงการหลวง และงานวิจัยหรืองานบริการทั่วไป เป็นต้น

2) หน่วยงานภาคเอกชน จำนวน 641 ตัวอย่าง ผู้ขอรับบริการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นบริษัทผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ในพื้นที่ภาคเหนือ จำนวน 37 ราย ได้แก่ บริษัท ข่านต้า จำกัด บริษัท นามดาห์รี สยาม ซีดส์ จำกัด บริษัท เอสซีพีพี ซีดส์ จำกัด บริษัท โกลคอนดา เอเชีย จำกัด บริษัท เอสแอนด์ดับบลิว อะโกรเทค จำกัด ร้าน ธนา-ปกรณ์ การเกษตร ร้าน ไร่ศรีสุวรรณ์ ร้าน ที เอส การเกษตร บริษัท มิตรภาพเมล็ดพันธุ์ จำกัด ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไทยนอร์ทเทิร์นซีดส์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด โกลด์อีเกิ้นซีด บริษัท สหายเกษตร อะโกรเคมิคอล จำกัด บริษัท ซานยี่สหสิงห์ ซีดส์ จำกัด ร้านเยาวเรศการเกษตร ร้านมนูญโญการเกษตร บริษัท ที เอ็น เอส ซีดส์ จำกัด บริษัท เอกะ อะโกร จำกัด บริษัท เพื่อนเกษตรกร จำกัด บริษัท สยามสตาร์ ซีดส์ จำกัด และ บริษัท มาหยา ซีดส์ จำกัด เป็นต้น โดยจำนวนผู้ประกอบการที่ขอรับบริการมีจำนวนเพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณ 2561 จำนวน 2 บริษัท เป็น 22 บริษัท ในปีงบประมาณ 2564 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 90.91

เมื่อจำแนกประเภทผู้ใช้บริการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตามวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์ใบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ (Table 3)

1) เพื่อการค้าเมล็ดพันธุ์ภายในประเทศและการส่งออก ผู้ขอรับบริการส่วนใหญ่เป็นบริษัทเอกชนและบางส่วนเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหรือสหกรณ์การเกษตร ผลการดำเนินงานในปี 2561–2564 พบว่าการรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อการค้าและการส่งออกมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีจาก 3 ตัวอย่างในปี 2561 เพิ่มขึ้นเป็น 400 ตัวอย่างในปี 2562 และมีจำนวนตัวอย่างลดลงเป็น 289 ตัวอย่าง ในปี 2563 เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 และเพิ่มสูงขึ้นในปี 2564 เป็น 476 ตัวอย่าง ทั้งนี้สำหรับการรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งกองเพื่อการส่งออกอยู่นอกขอบข่ายการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

2) เพื่อการวิจัย ผู้ใช้บริการร้อยละ 100 มาจากหน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตรและภายนอกกรมวิชาการเกษตร เช่น กรมพัฒนาที่ดิน โดยมีจำนวนตัวอย่างที่ขอรับการตรวจสอบคุณภาพในปี 2561–2564 เท่ากับ 1,075 2,132 1,338 และ 1,316 ตามลำดับ

3) เพื่อประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชของกรมวิชาการเกษตร การประกันคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของบริษัทเมล็ดพันธุ์และเจ้าหน้าที่ การใช้เป็นหลักฐานการส่งมอบเมล็ดพันธุ์ตามข้อตกลง หรือการใช้เป็นหลักฐานการรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ก่อนการแจกจ่ายแก่เกษตรกร เป็นต้น จำนวนตัวอย่างที่ขอตรวจสอบคุณภาพในปี 2561–2564 เท่ากับ 324 320 572 และ 539 ตามลำดับ

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทำการสำรวจความพึงพอใจหลังจากที่ได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 แล้ว พบว่า ผู้มาใช้บริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ในปีงบประมาณ 2562–2564 เท่ากับร้อยละ 89.40 89.60 และ 90.40 ตามลำดับ เจ้าหน้าที่ทดสอบมีความมั่นใจในขั้นตอนการวิเคราะห์มากขึ้น เข้าใจในขั้นตอนการทดสอบมากขึ้น เกิดการยอมรับความสามารถในการทดสอบของห้องปฏิบัติการ สร้างความน่าเชื่อถือให้กับผู้มาใช้บริการ อีกทั้งยังก่อให้เกิดความมั่นใจกับเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ผู้ประกอบการสามารถนำใบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่มีตรารับรองมาตรฐาน ไปใช้ประกอบการส่งออกสินค้าไปจำหน่ายต่างประเทศ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ซื้อ นอกจากสร้างความมั่นใจกับผู้มาใช้บริการแล้ว ยังส่งเสริมให้เจ้าหน้าที่มีความมั่นใจในการปฏิบัติงานมากขึ้น เกิดความภาคภูมิใจในการทำงาน อีกทั้งยังลดขั้นตอนการทดสอบซ้ำที่เกิดจากการปฏิบัติงาน เป็นการประหยัดงบประมาณอีกด้วย

นอกจากนี้ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ยังมีแผนในการขอขยายขอบข่ายวิธีทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ในวิธีทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์อื่น ๆ เพื่อให้ครอบคลุมกับวิธีทดสอบความงอกและความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ควบคุมตาม พรบ.พันธุ์พืช พ.ศ. 2518 และที่แก้ไขเพิ่มเติม 33 รายการ (46 ชนิดพืช) ที่ให้บริการอยู่ในปัจจุบัน ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์มีความมุ่งมั่นในการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยความเป็นมืออาชีพ ด้วยความรู้ทักษะความชำนาญ และให้บริการทดสอบที่ครอบคลุมมากขึ้นตามมาตรฐานสากล โดยมุ่งสู่เป้าหมายหลักคือการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ลดข้อโต้แย้งทางการค้า และได้รับการยอมรับในระดับสากล

สรุปผลงานบริการ

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 จากกองบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ (บร.) กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม รวม 9 ขอบข่าย ประกอบด้วยการทดสอบความบริสุทธิ์ทางกายภาพ 3 ชนิดเมล็ดพันธุ์ และการทดสอบความงอก 6 ชนิดเมล็ดพันธุ์ ในช่วงปีงบประมาณ 2562–2564 ห้องปฏิบัติการฯ ได้ตรวจสอบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งสิ้น 7,382 ตัวอย่าง แบ่งเป็นจำนวนตัวอย่างจากหน่วยงานรัฐจำนวน 6,741 ตัวอย่าง และตัวอย่างจากหน่วยงานเอกชน จำนวน 641 ตัวอย่าง จำนวนผู้ประกอบการที่ขอรับบริการในปีงบประมาณ 2564 มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากปีงบประมาณ 2561 ร้อยละ 90.91 ผู้มาใช้บริการมีความพึงพอใจต่อการให้บริการห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังจากที่ได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ในปีงบประมาณ 2562–2564 เท่ากับร้อยละ 89.40 89.60 และ 90.40 ตามลำดับ ผลการบริการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการพัฒนามาตรฐานห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพสู่มาตรฐานสากล ทำให้เกิดความเชื่อมั่นต่อผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้น

การนำไปใช้ประโยชน์

การได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 และการนำมาตรฐานมาใช้ในงานบริการของห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

1. เพิ่มช่องทางการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้แก่ผู้ประกอบการผลิตเมล็ดพันธุ์ในส่วนภูมิภาค จำนวนกว่า 103 ราย ส่งเสริมการค้าเมล็ดพันธุ์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

2. การให้บริการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์มีความสะดวก รวดเร็ว และผลการทดสอบมีความถูกต้องตามมาตรฐานสากล เป็นที่ยอมรับในกลุ่มประเทศสมาชิก APLAC และ ILAC ในความเทียบเท่าทางด้านความสามารถทางด้านวิชาการ

3. ห้องปฏิบัติการ ศวม.เชียงใหม่ ได้รับการยอมรับให้เป็นผู้ตรวจติดตามคุณภาพภายใน (internal auditor) ของห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์และห้องปฏิบัติการทดสอบอื่นที่ขอรับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

4. ผู้ขอรับบริการเกิดความมั่นใจในคุณภาพและความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ สามารถนำผลการทดสอบไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และสามารถติดตามและสอบกลับผลการทดสอบได้

5. ห้องปฏิบัติการมีระบบการบริหารจัดการที่ดี มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดภาพลักษณ์ที่ดีแก่องค์กร บุคลากรมีการทำงานอย่างมีขั้นตอนเป็นระบบมากขึ้น ช่วยลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทำงานได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาเป็นศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์รองรับประชาคมอาเซียน (Seed Hub) ของกรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์สู่มาตรฐานสากล ขอขอบคุณ ดร.จิระ สุวรรณประเสริฐ และนางสาวฉันทนา คงนคร อดีตผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช นางสาวศิริลักษณ์ จิตรอักษร ผู้อำนวยการกองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช นางสาวปิยรัตน์ รุจิณรงค์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช และนางสาวภภัสสร วัฒนกุลภาคิน นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก รวมถึงทีมงานห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

The International Seed Testing Association. 2010. ISTA handbook on pure seed definition. 3rd ed. Bassersdorf, Switzerland.

The International Seed Testing Association. 2013. ISTA handbook on seedling evaluation. 4thed. with amendment 2018. Bassersdorf, Switzerland.

The International Seed Testing Association. 2021. International rules for seed testing. Basserdorf, Switzerland.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2562. ข้อแนะนำประกอบการตรวจประเมินตาม มอก. 17025-2561. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

Table 1 Scope of certified test methods in accordance with ISO/IEC 17025: 2017

Test method	Type of seed tested
Physical purity test	Corn seeds Kale and cabbage seeds Cucumber and long cucumber seeds
Germination test	Corn seeds Kale and cabbage seeds Cucumber and long cucumber seeds Chili seeds Coriander seeds Marigold seeds

Table 2 Number of seed quality testing samples in fiscal years 2019-2021 classified by type of agency requested

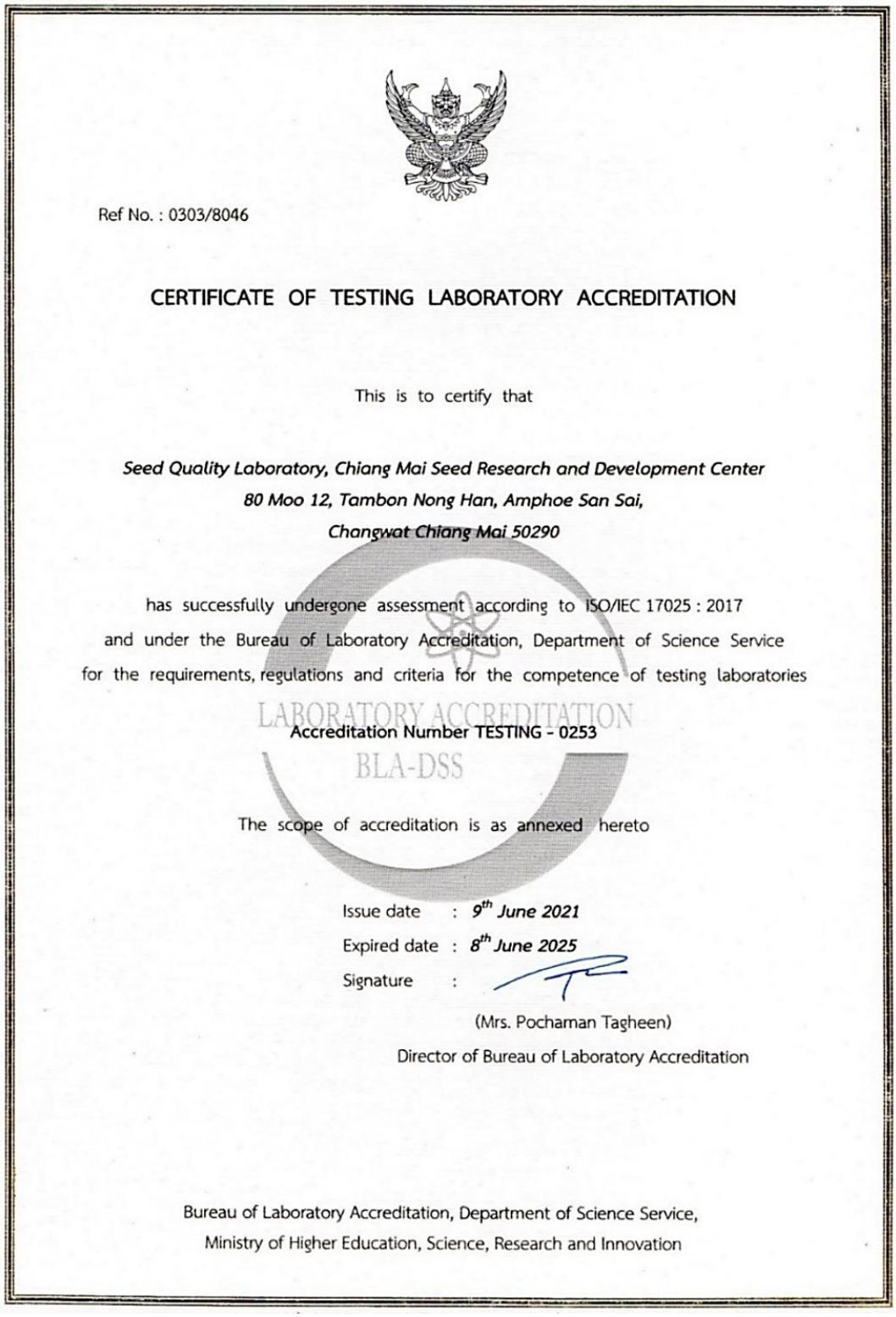
Type of agency requested	Fiscal year 2019	Fiscal year 2020	Fiscal year 2021
Action plan	2,150	2,000	1,000
Total number of samples	2,852	2,199	2,331
Government customers			
- Department of Land Development	298	31	37
- Plant checkpoint	-	-	113
- Agricultural inspector	-	2	43
- Research and general service	2,452	1,910	1,855
Private company customers			
- General service	102	256	279
- Export	-	-	4

Table 3 Number of seed quality testing samples in fiscal years 2018–2021 classified by the purpose of the request

Purpose of the request	Fiscal year			
	2018	2019	2020	2021
1. For domestic trade and export	3	400	289	476
2. For research by agencies under the Department of Agriculture	1,075	2,132	1,338	1,316
3. For additional advantages	324	320	572	539
Total	1,402	2,852	2,199	2,331

Figure 1 The responsible members of Chiang Mai Seed Research and Development Center attended an online preliminary assessment of the seed quality testing laboratory conducted by Laboratory Accreditation and Administration Division on October 15, 2020.

Figure 2 The seed quality testing laboratory was assessed by the Laboratory Accreditation and Administration Division, Department of Science Service. Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation



Ref No. : 0303/8046

CERTIFICATE OF TESTING LABORATORY ACCREDITATION

This is to certify that

Seed Quality Laboratory, Chiang Mai Seed Research and Development Center
80 Moo 12, Tambon Nong Han, Amphoe San Sai,
Changwat Chiang Mai 50290

has successfully undergone assessment according to ISO/IEC 17025 : 2017
and under the Bureau of Laboratory Accreditation, Department of Science Service
for the requirements, regulations and criteria for the competence of testing laboratories

LABORATORY ACCREDITATION
Accreditation Number TESTING - 0253
BLA-DSS

The scope of accreditation is as annexed hereto

Issue date : *9th June 2021*
Expired date : *8th June 2025*
Signature :

(Mrs. Pocharnan Tagheen)
Director of Bureau of Laboratory Accreditation

Bureau of Laboratory Accreditation, Department of Science Service,
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Figure 3 Certificate of testing laboratory accreditation of Chiang Mai seed quality testing laboratory

Figure 4 ISO/ IEC 17025: 2017 accredited test methods: physical purity test (A) and germination test (B)

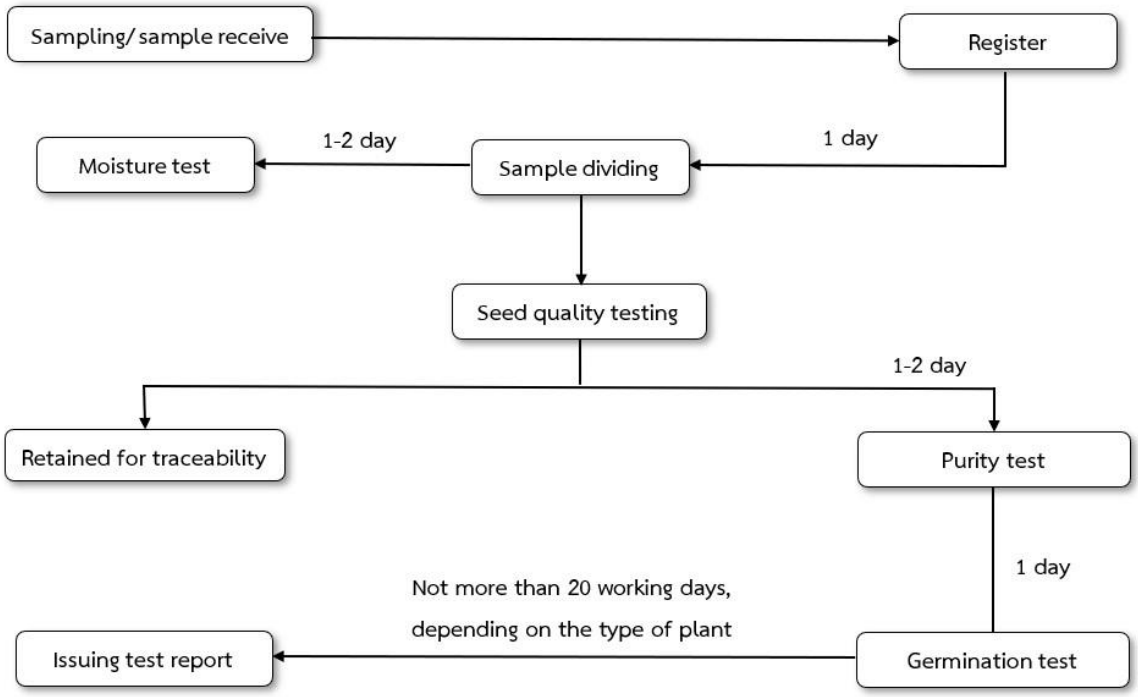
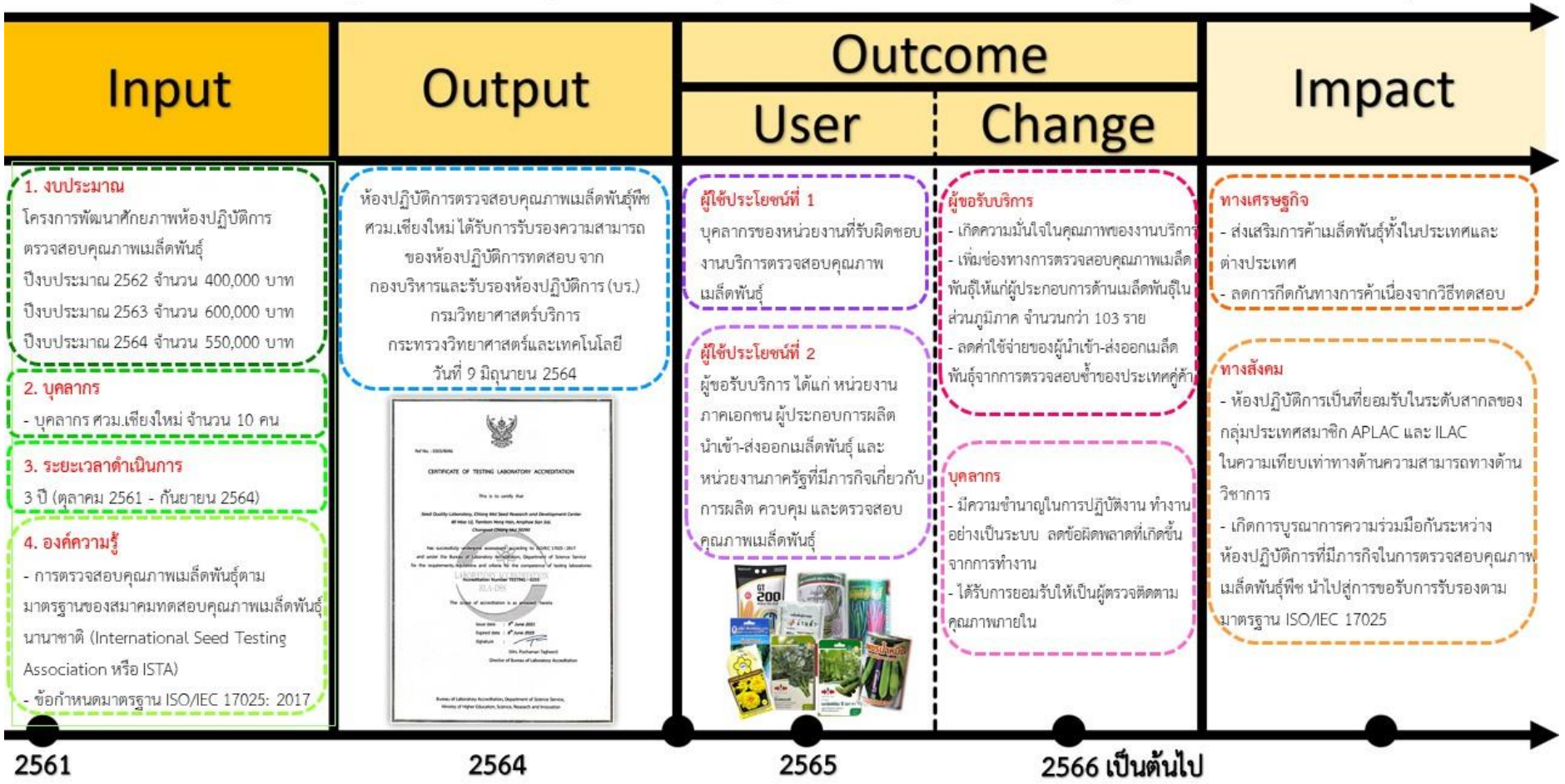


Figure 5 Flow chart and timeline of seed quality testing process

งานบริการ: การขอรับรองห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์มาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่



คำสั่งกรมวิชาการเกษตร
ที่ ๙๐๕ / ๒๕๖๕
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

.....

อนุสนธิคำสั่งกรมวิชาการเกษตร ที่ ๒๔๐/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๕ แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ไว้แล้ว นั้น

เนื่องจากมีการเพิ่มเติมของคณะกรรมการฯ และปรับปรุงหน่วยงานของคณะกรรมการฯ จึงเห็นควรปรับปรุงคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตรขึ้นใหม่ ฉะนั้น จึงให้ยกเลิกคำสั่งกรมวิชาการเกษตร ที่ ๒๔๐/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๕ และเพื่อให้การพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่นของกรมวิชาการเกษตร แต่ละปี เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ และที่แก้ไขเพิ่มเติม จึงแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตรขึ้นใหม่ โดยมีองค์ประกอบ ดังนี้

๑. อธิบดีกรมวิชาการเกษตร		ที่ปรึกษา
๒. รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร ๓ ท่าน		ที่ปรึกษา
๓. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตพืช	กรมวิชาการเกษตร	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านอารักขาพืช	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช	รองประธานกรรมการ
๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการปลูกพืช	กรมวิชาการเกษตร	กรรมการ
๖. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการเกษตร	กรมวิชาการเกษตร	กรรมการ
๗. ผู้เชี่ยวชาญด้านคุ้มครองพันธุ์พืช	สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช	กรรมการ
๘. ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชสวน	สถาบันวิจัยพืชสวน	กรรมการ
๙. ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ผล	สถาบันวิจัยพืชสวน	กรรมการ
๑๐. ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชผัก	สถาบันวิจัยพืชสวน	กรรมการ
๑๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชไร่	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน	กรรมการ
๑๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านปรับปรุงพันธุ์พืชไร่	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน	กรรมการ
๑๓. ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชไร่ตระกูลถั่ว	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน	กรรมการ
๑๔. ผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืช	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช	กรรมการ
๑๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคพืช	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช	กรรมการ
๑๖. ผู้เชี่ยวชาญด้านจุลชีววิทยา	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ	กรรมการ
๑๗. ผู้เชี่ยวชาญด้านอนุรักษ์พันธุกรรม	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ	กรรมการ

๑๘. ผู้เชี่ยวชาญ...

๑๘. ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ	กรรมการ
๑๙. ผู้เชี่ยวชาญด้านกักกันพืช	สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร	กรรมการ
๒๐. ผู้เชี่ยวชาญด้านควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร	สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร	กรรมการ
๒๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุมการนำเข้าส่งออกสินค้าพืชและปัจจัยการผลิต	สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร	กรรมการ
๒๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๒๓. ผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๒๔. ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๒๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	กรรมการ
๒๖. ผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์เกษตร	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	กรรมการ
๒๗. ผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานคุณภาพสินค้าเกษตร	กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช	กรรมการ
๒๘. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนบน)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๑ จังหวัดเชียงใหม่	กรรมการ
๒๙. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนล่าง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๒ จังหวัดพิษณุโลก	กรรมการ
๓๐. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓ จังหวัดขอนแก่น	กรรมการ
๓๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๔ จังหวัดอุบลราชธานี	กรรมการ
๓๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ จังหวัดชัยนาท	กรรมการ
๓๓. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออก)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๖ จังหวัดจันทบุรี	กรรมการ
๓๔. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคใต้ตอนบน)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๗ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	กรรมการ
๓๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคใต้ตอนล่าง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๘ จังหวัดสงขลา	กรรมการ
๓๖. ผู้อำนวยการกองแผนงานและวิชาการ	กองแผนงานและวิชาการ	กรรมการและเลขานุการ
๓๗. ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย	กองแผนงานและวิชาการ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการ...

โดยให้คณะกรรมการมีอำนาจหน้าที่ ดังนี้

๑. กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

๒. พิจารณาแก้ไขระเบียบกรมวิชาการเกษตร ว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาและการมอบรางวัลผลงานวิจัยดีเด่น ตามความเหมาะสม

๓. ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร และนำเสนอกรมวิชาการเกษตรเห็นชอบ

๔. ตรวจสอบความสมบูรณ์ผลงานวิจัยดีเด่นให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

๕. แต่งตั้งคณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร แต่ละประเภท ตามความเหมาะสม

๖. เชิญผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ตามความเหมาะสม

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๕

(นายระวีภัทร์ จันทร์ศรีวงศ์)
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร

รายชื่อผลงานวิจัยที่หน่วยงานเสนอ
เพื่อพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2564

	ชื่อเรื่อง	หน่วยงาน
ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน		
1	การแยกและคัดเลือก *Streptomyces* sp. ที่ผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการควบคุมเชื้อรา *Ganoderma boninense* สาเหตุโรคลำต้นเน่าปาล์มน้ำมัน	สวร.
2	ความสัมพันธ์ของลักษณะคุณภาพในผลมะม่วงเพื่อการประยุกต์ใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์	สวส.
3	การค้นหาและพัฒนาเครื่องหมายสนิปส์ใหม่เพื่อร่นระยะเวลาการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีไซยาไนด์ต่ำต้านทานโรครากปมและโรคใบด่างมันสำปะหลัง	สทช.
4	ความหลากหลายทางชีวภาพและพฤกษเคมีของพืชสมุนไพรพื้นบ้านวงศ์ขิงที่มีศักยภาพบนพื้นที่สูงภูทับเบิก	สทช.
5	การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางเพื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง	กวป.
6	การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบห้อม	กวป.
ประเภทงานวิจัยประยุกต์		
1	การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารกำจัดศัตรูพืชจากสารสกัดน้อยหน่า เพื่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผักในคะน้า	กปผ.
2	ผลของการจัดการธาตุอาหารพืชต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังและการกักเก็บคาร์บอนในดิน	กปผ.
3	การศึกษาฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้	กวป.
4	การพัฒนาเทคนิคไพโรซีเควนซิ่งแบบแม่นยำสูงเพื่อการรับรองการปลอดเชื้อพอสพิไวรอยด์ในพืชและเมล็ดพันธุ์พืช	กวม.
5	นวัตกรรมด้านเทคโนโลยีการจัดการโรคอ้อยที่เกิดจากเชื้อไฟโตพลาสมาแบบไร้รอยต่อเพื่อควบคุมการระบาดอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน	สวร.
6	การเพิ่มศักยภาพการผลิตบัวบกคุณภาพเพื่อเป็นพืชสมุนไพรปลอดสารพิษ และโลหะหนัก	สวส.
7	พัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตหงส์เหิน	สวพ.1

รายชื่อผลงานวิจัยที่หน่วยงานเสนอ
เพื่อพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2564 (ต่อ)

	ชื่อเรื่อง	หน่วยงาน
ประเภทงานพัฒนางานวิจัย		
1	การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์แอลฟ่า-กลูโคซิเดส จากหอมแดงและการขยายผลเชิงพาณิชย์	กวป.
2	การพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาแบบครบวงจรมุ่งสู่ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน	กวป.
3	เทคโนโลยีการผลิตงาอินทรีย์สู่วิสาหกิจชุมชน	สวร.
4	การขับเคลื่อนหอมแดงสู่สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์และการเพิ่มมูลค่า	สวส.
5	ยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังด้วยการจัดการปุ๋ยในระดับชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	สวพ.3
6	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ตามแนวทางการขับเคลื่อนเศรษฐกิจแบบ BCG	สวพ.4
7	การพัฒนาและขยายผลเทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสงอย่างยั่งยืนในอำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์	สวพ.5
8	การทดสอบและขยายผลเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคตะวันออก	สวพ.6
9	การวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสับปะรดภูเก็ต (GI) สู่ความยั่งยืน	สวพ.7
10	การพัฒนาและขับเคลื่อนการผลิตปาล์มน้ำมันสู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนของประเทศไทย	สวพ.7
11	“รำแดงโมเดล: เกษตรตามศาสตร์พระราชา” เพื่อการพัฒนาการผลิตพืชที่พอเพียงและยั่งยืนของชุมชนเกษตร	สวพ.8
12	โครงการ พัฒนาและทดสอบเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตส้มโอหอมควนลังเชิงพาณิชย์แบบมีส่วนร่วมในจังหวัดสงขลา	สวพ.8
ประเภทงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์		
1	มันเทศพันธุ์พิจิตร 2 สำหรับอุตสาหกรรมแป้ง	สวพ.2
2	ตากฟ้า 8 : ฝ้ายเส้นใยสีน้ำตาล ทนทานเพลี้ยจักจั่น อายุเก็บเกี่ยวสั้น	สวร.
3	ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 3	สวร.
ประเภทงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น		
1	ชุดสกัดดีเอ็นเออย่างง่ายสำหรับงานวิจัยภาคสนาม	สทช.
2	การพัฒนาเครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดแบบอุโมงค์ลม	สวศ.
ประเภทงานด้านบริการวิชาการ		
1	งานบริการเชื้อพันธุ์เห็ดแบบครบวงจร	สทช.
2	การยกระดับงานบริการออกหนังสืออนุญาตพืชอนุรักษ์แบบอิเล็กทรอนิกส์	สคพ.
3	การขอรับรองห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์มาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่	กวม.
4	พัฒนากระบวนการรับรองแหล่งผลิต GAP พืช เพื่อยกระดับรายได้เกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	สวพ.3

คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2564

ที่ปรึกษา

ระพีภัทร์ จันทรศรีวงศ์	อธิบดีกรมวิชาการเกษตร
อิงอร ปัญญากิจ	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
สมบัติ ตงเต๊า	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
ประพิศ วองเทียม	ผู้อำนวยการกองแผนงานและวิชาการ

ข้อมูล

คณะผู้วิจัย และบุคลากรแต่ละหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร

กองบรรณาธิการ

คณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

ผู้เรียบเรียงข้อมูล

กลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย กองแผนงานและวิชาการ

ให้พร กิตติกูล	ผู้อำนวยการ กลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย
กัญญ์ดา ยิ่งภิญโญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
ธีรเดช เกลียวกลม	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
ประสงค์ โยระภัตร	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
ธัญมน สังข์ศิริ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
อัจจิมา ควรสงวน	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ

ผู้ออกแบบรูปเล่ม

กลุ่มประชาสัมพันธ์และสื่อสารองค์การ สำนักงานเลขานุการกรม

พนารัตน์ เสรีทวีกุล	นักวิชาการเผยแพร่ชำนาญการพิเศษ
นฤพล ตั้งตรีรัตน์	นักวิชาการโสตทัศนศึกษาชำนาญการ

กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร

50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0 2579 1306 โทรสาร 0 2940 6342

ดาวน์โหลด

https://bit.ly/3BmDoT7

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

www.doa.go.th

เลขที่ ๕๐ ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐