



**DOA
TOGETHER**
Hearing for Changing, Acting for Moving forward

ผลงานวิจัย ดีเด่น

กรมวิชาการเกษตร ประจำปี พ.ศ. 2565

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ISBN : 978-974-436-986-4



กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์





ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

ประจำปี 2565

กรมวิชาการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์



วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช
เครื่องจักรกลการเกษตรและเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตร
ด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
และสิ่งแวดล้อม ภายใต้สมดุลวัฒนธรรมองค์กร ภายในปี พ.ศ. 2570



คำนำ

กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจหลักด้านการวิจัยและพัฒนา ลักษณะการวิจัยครอบคลุมหลายชนิดพืช เครื่องจักรกลการเกษตร งานวิเคราะห์และทดสอบ รวมถึงงานวิจัยที่รองรับการปฏิบัติ หน้าที่ตามกฎหมายที่รับผิดชอบ มีแนวทางดำเนินงานวิจัยโดยยึดหลัก “ตลาดนำการวิจัย” ดังนั้น เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักวิจัยของกรมวิชาการเกษตร มีความมุ่งมั่น สร้างผลงานวิจัยที่มีคุณภาพ มีประโยชน์ตอบสนอง ความต้องการของกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริงและเป็นแบบอย่างให้กับนักวิจัยอื่น กรมวิชาการเกษตรจึงได้จัด การประกวดผลงานวิจัยดีเด่นเป็นประจำทุกปี โดยมีคณะผู้เชี่ยวชาญของกรมเป็น คณะกรรมการและคณะ อนุกรรมการคัดเลือกผลงาน โดยแบ่งประเภทงานวิจัยเป็น 6 ประเภท ได้แก่ งานวิจัยพื้นฐาน งานวิจัยประยุกต์ งานพัฒนางานวิจัย งานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ งานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น และงานด้านบริการวิชาการ โดยเปิดโอกาสให้ทุกหน่วยงานในสังกัดกรมส่งผลงานเข้าประกวดได้อย่างทั่วถึงทุกประเภทของงานวิจัย ซึ่งในปี 2565 มีผลงานวิจัยที่ส่งเข้าประกวดทั้งสิ้น จำนวน 34 ผลงาน และได้รับคัดเลือกให้ได้รับรางวัล จำนวน 14 ผลงาน

กรมวิชาการเกษตรยังคงมุ่งมั่นในการส่งเสริม สนับสนุน พัฒนางานวิจัยและงานบริการ วิชาการให้ก้าวหน้า ทันสมัย และตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกร และผู้ที่เกี่ยวข้องกับภาค การเกษตรอย่างต่อเนื่อง และเชื่อมั่นว่าผลงานวิจัยที่ทรงคุณค่าจะสามารถแก้ปัญหา ยกระดับคุณภาพ การผลิตและสร้างมูลค่าให้กับเกษตรกรไทย ส่งผลให้เกิดความเข้มแข็งและมั่นคงทางเศรษฐกิจ

ในนามคณะกรรมการบริหารกรมวิชาการเกษตร ขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ทุ่มเทให้กับ การทำงาน และขอให้ท่านได้ภูมิใจที่เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาการเกษตรของประเทศ



(นายระพีภัทร์ จันทรศรีวงศ์)

อธิบดีกรมวิชาการเกษตร

กันยายน 2566

สารบัญ

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2565

หน้า

ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน

ระดับดีเด่น

- ♦ การป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูล

1

ระดับดี

- ♦ การพัฒนาเครื่องหมายสปีชีส์จากยีน *Dull* เพื่อจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียว

15

ระดับชมเชย

- ♦ ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการระบุเอกลักษณ์พริกสายพันธุ์ไทย

30

ประเภทงานวิจัยประยุกต์

ระดับดีเด่น

- ♦ โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง : นวัตกรรมจากพืชสู่ความงามที่ยั่งยืน

44

ระดับดี

- ♦ การจัดการปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพต่อการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน

59

ระดับชมเชย

- ♦ การใช้แผนผังแห่งเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีในการผลิตผักสลัดคอส

74

ประเภทงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์

ระดับดีเด่น

- ♦ สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 เพื่ออุตสาหกรรมแปรรูป

88

ระดับดี

- ♦ ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9

103

สารบัญ

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2565

หน้า

ประเภทงานพัฒนางานวิจัย

ระดับดีเด่น

- ♦ การพัฒนาการผลิตลิ้นจี่นครพนม 1 สู่อินค้า GI และระบบเกษตรยั่งยืน 118

ระดับดี

- ♦ การใช้เทคโนโลยีผสมผสานเพื่อป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าและฟัสน้ำ
สภาพต้นทุเรียนที่เป็นโรคในพื้นที่ภาคตะวันออก 133

ประเภทงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น

ระดับดีเด่น

- ♦ วิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ 148

ระดับดี

- ♦ วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อน 163

ระดับชมเชย

- ♦ แผ่นเทียบสีสำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟในระยะที่เหมาะสม 178

ประเภทงานด้านบริการวิชาการ

ระดับดีเด่น

- ♦ การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248
ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร 193

ภาคผนวก

- ♦ คำสั่งกรมวิชาการเกษตรที่ 905/2565 เรื่องแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัย
ดีเด่น กรมวิชาการเกษตร 208
- ♦ รายชื่อผลงานวิจัยที่หน่วยงานเสนอ เพื่อพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น
กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2565 213

การป้องกันกำจัดด้วงงั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล
Controlling *Callosobruchus maculatus* (F.) by Encapsulated
Syzygium aromaticum (L.) Oils

ดวงสมร สุทธิสุทธิ¹ วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร¹ ศุภรา อัคระสาระกุล¹

ปิยรัตน์ รุจิณรงค์² จารุวรรณ รัตนสกุลธรรม¹ พณัญญา พบสุข¹ รัตนพร พงษ์มี¹

Duangsamorn Suthisut¹ Wimonwan Wattanawichit¹ Suppara Aukkasarakul¹

Piyarat Ruchinarong² Charuwan Rattanasakultham¹ Pananya Pobsuk¹ Rattanaphorn Pongmee¹

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในการป้องกันกำจัดด้วงงั่วเขียว ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการและโรงเก็บจำลองของกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2564 โดยศึกษาสารระเหยที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยกานพลู และน้ำมันหอมระเหยกานพลู เอนแคปซูลด้วยเครื่อง GC-MS ระยะเวลาเก็บรักษา 0 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน พบว่า caryophyllene (49-93%) เป็นสารระเหยสำคัญในน้ำมันหอมระเหยกานพลู และ eugenol (65-88%) เป็นสารระเหยสำคัญในน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล และผลทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมัน หอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วงงั่วเขียวเพื่อป้องกันกำจัดด้วงงั่วเขียวในสภาพ ห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล มีค่า LC₅₀ และ LC₉₉ 1.45 และ 8.90 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล ที่อัตรา 0.4 และ 0.8 กรัม/เมล็ด ด้วงงั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม มีผลต่อการตายของด้วงงั่วเขียวและปริมาณไข่ของด้วงงั่วเขียวมากที่สุด และการ ใช้ น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลทุกอัตรา (0.1-0.8 กรัม/เมล็ดด้วงงั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม) สามารถ ป้องกันการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ 100% สำหรับการทดสอบในสภาพโรงเก็บจำลอง พบว่าการใช้ น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 200 กรัม/เมล็ดด้วงงั่วเขียว 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันการเข้า ทำลายของตัวเต็มวัยด้วงงั่วเขียวและป้องกันการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลที่อัตรา 100 และ 200 กรัม/ เมล็ดด้วงงั่วเขียว 10 กิโลกรัม เมล็ดพันธุ์ด้วงงั่วเขียวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากกว่า 75% ตลอดระยะเวลาการ เก็บรักษา 10 เดือน ส่วนการวิเคราะห์สารระเหยสำคัญบนเมล็ดด้วงงั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระ เหยกานพลูเอนแคปซูลด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าสารระเหยสำคัญที่มีปริมาณมากที่สุดคือ eugenol

คำสำคัญ: ด้วงงั่วเขียว น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล การคลุกเมล็ดพันธุ์ eugenol

¹ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร 50 พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Postharvest and Processing Research and Development Division, 50 Phaholyothin, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

² กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช 50 พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Seed Research and Development Division, Phaholyothin Road, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

ABSTRACT

The efficiency of encapsulated *Syzygium aromaticum* oils in alginate beads was evaluated to control cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus*) in the laboratory and the warehouse storage conditions at Postharvest Technology on Field Crops Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Division, from October 2017 to December 2021. Oils alone and encapsulated within the beads were analyzed for active ingredients by GC-MS after stored for 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 months. The results concluded that the key compounds of *S. aromaticum* oils and the encapsulated oils in beads were caryophyllene (49-93%) and eugenol (65-88%), respectively. Insect-free mung bean was well mixed with the bead of encapsulated oils at various ratios of beads per mung bean before being monitored the number of *C. maculatus* adults in the laboratory condition. The doses required for 50% and 99% mortality (LC_{50} and LC_{99}) for using the encapsulated *S. aromaticum* oils in beads against cowpea weevil were 1.45 and 8.90 g/kg, respectively. The optimum ratio between encapsulated oil beads and mung bean to control mortality of *C. maculatus* and the number of eggs laid were at 0.4 and 0.8g per 0.1 kg, respectively. All concentrations of oils beads (0.1-0.8g/ 0.1kg mung bean) could completely prevent adults' progeny production (F1). At warehouse storage condition, the suggested ratio between the encapsulated oil in bead and mung bean was at 200g/ 10kg, which could be used as bio-insecticides to control *C. maculatus* adults and adults' progeny production (F1) during storage. Furthermore, seed germination of mung beans was determined under laboratory conditions. It was found that mung bean seeds mixed with encapsulated *S. aromaticum* oils at 100 and 200 g per 10 kg of mung beans maintained a germination percentage of more than 75 percent at all periods. The major volatile compound found in mung bean mixed with the oil beads was eugenol.

Keywords: *Callosobruchus maculatus*, encapsulated *Syzygium aromaticum* oils, seed protectant, eugenol

คำนำ

ถั่วเขียว (Mung bean; *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญในอาหารมังสวิรัตินในเอเชียและแอฟริกา โดยเมล็ดถั่วเขียวมีการเปลี่ยนแปลงทั้งคุณภาพและปริมาณในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในเขตอบอุ่นประมาณ 5-10 % และ 20-30 % ในเขตร้อน (Nakakita, 1998) นอกจากนี้ Caswell (1981) รายงานว่าถั่วเขียวที่เก็บรักษานาน 3-4 เดือน พบความสูญเสียจากการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (F.)) และด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinensis* (L.)) (Coleoptera: Bruchidae) สูงถึง 50% ซึ่งแมลงทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นแมลงกลุ่มแรกที่ทำลายเมล็ดถั่วเขียวในระหว่างการเก็บรักษา โดยระยะหนอนสร้างความเสียหายให้กับเมล็ดถั่วเขียวมากที่สุด ด้วงถั่วเขียวพบแพร่ระบาดทั่วประเทศไทย ในประเทศออสเตรเลียแนะนำให้ใช้สารรมฟอสฟิโนอตรา 3 เม็ด (tablets) ต่อ 2 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลา 10 วัน เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่เข้าทำลายถั่วเขียว (Anonymous, 2020) แต่การใช้สารรมฟอสฟินมีอันตรายต่อผู้ใช้หากปฏิบัติไม่ถูกต้อง แมลงเกิดความต้านทาน นอกจากการใช้สารรมฟอสฟินแล้ว ยังมีน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว เช่น น้ำมันหอมระเหยลูกจันทร์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.) น้ำมันหอมระเหยขาลิง (*Alpinia conchigera* Griff.) (ดวงสมร และคณะ, 2558) น้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัส (*Eucalytus* spp.) น้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) (Mahfuz and Khalequzzaman, 2007) ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิด เช่น ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) (Regnault-Roger *et al.*, 2012) ด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) (Ileke *et al.*, 2014) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbt) (Mondal and Kkalequzzaman (2006) และด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus*) เป็นต้น โดยสารสำคัญที่พบได้แก่ ยูจีนอล (eugenol) น้ำมันหอมระเหยกานพลูมีฤทธิ์เป็นสารรมและสารสัมผัสมีผลต่อประสาทของแมลง โดยไปยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ซึ่งขัดขวางฟังก์ชันของ GABAergic และระบบ aminergic (Jankowska *et al.*, 2017) แต่การใช้น้ำมันหอมระเหยเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร มีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ และสลายตัวอย่างรวดเร็ว (War *et al.*, 2017)

เทคนิคเอนแคปซูลเลชัน (encapsulation technique) เป็นเทคนิคที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารและยาโดยที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารชนิดอื่น เพื่อป้องกันการสลายตัวของสารจากปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง และออกซิเจน สารที่นิยมนำมาผ่านกระบวนการเอนแคปซูลเลชันมักเป็นสารที่มีราคาแพง เช่น วิตามิน เอมไซม์ แร่ธาตุ และน้ำมันหอมระเหย โดยน้ำมันหอมระเหยที่ผ่านกระบวนการเอนแคปซูลเลชัน สามารถป้องกันการสลายตัว ควบคุมการปลดปล่อยสาร โดยเปลี่ยนรูปของน้ำมันหอมระเหยจากของเหลวเป็นของแข็งทำให้ใช้งานได้สะดวก และเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยได้ กระบวนการผลิตเอนแคปซูลเลชันแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) กระบวนการทางกายภาพ เช่น การอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) การทำเม็ดแบบการสั่นสะเทือน

(vibration nozzle) และสเปรย์ชิลลิ่งและคูลลิ่ง (spray chilling and cooling) 2) กระบวนการทางเคมี เช่น วิธีโคอาเซอร์เวชัน (coacervation) โค-คริสทไลเซชัน (co-crystallization) โมเลกุล่า อินคลูชัน (molecular inclusion) ไลโปโซม เอนเท็ปเม้น (liposome entrapment) และอินเตอร์ฟาเซียลพอลิเมอร์ไรเซชัน (interfacial polymerization) (ณัฐตา, 2561) โดยวิธีที่เหมาะสมในกระบวนการเอนแคปซูเลชันที่สามารถรักษาคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยให้มีประสิทธิภาพ คือ วิธีโคอาเซอร์เวชัน อิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) และ การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Maes *et al.*, 2019)

Passino *et al.* (2004) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis*) และน้ำมันหอมระเหยไทม์ (*Thymus vulgaris*) ในรูปแบบ microencapsulate โดยนำมาผสมกับอาหารเทียม พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนผีเสื้อ *Plodia interpunctella* และ Negahban *et al.* (2012) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* กับน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่ผ่านการทำ nano-encapsulation โดยทดสอบกับตัวเต็มวัยมอดแบ่งด้วยวิธีการทดสอบการเป็นสารรม พบว่าน้ำมันหอมระเหยของ *Artemisia sieberi* มีค่า LC_{50} 15.68 ppm ขณะที่น้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่ผ่านการทำ nano-encapsulation มีค่า LC_{50} 11.24 ppm และเมื่อพิจารณาถึงช่วงเวลาครึ่งชีวิต (LT_{50}) ของน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่ได้จากการทำ nano-encapsulation พบว่ามีค่าช่วงเวลาครึ่งชีวิต LT_{50} 28.73 วัน ซึ่งนานกว่าน้ำมันหอมระเหย *Artemisia sieberi* ที่มีค่า LT_{50} 4.27 วัน ดังนั้นการนำเทคนิคเอนแคปซูเลชันมาใช้ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยได้ การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยจากพลาในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเลี้ยงขยายพันธุ์ด้วงถั่วเขียว

ปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว อายุ 0-3 วัน จำนวน 100 ตัว ในขวดที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 จำนวน 250 กรัม ปิดฝาขวดด้วยกระดาษซับ ทั้งไว้ 1 วัน คัดตัวเต็มวัยออก และนำไปเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง 25 วัน โดยใช้ตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวที่มีอายุ 0-3 วัน สำหรับการทดสอบ

2. การเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยในรูปแบบเม็ดปิดสัด้วยเครื่องห่อหุ้มตัวอย่าง

นำแอลจินेटจำนวน 4 กรัม ผสมน้ำ 200 มิลลิลิตร และน้ำมันหอมระเหยจากพลาและกลีเซอรอล อย่างละ 10 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายแอลจินेटที่เตรียมไว้ ใส่ส่วนผสมทั้งหมดปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น ultra turrax homogenizer ยี่ห้อ Ika รุ่น T25 digital และนำส่วนผสมดังกล่าวมาทำเม็ดปิดสัที่มีลักษณะทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ด้วยการใช้เครื่องห่อหุ้มตัวอย่าง (encapsulator) ยี่ห้อ Buchi รุ่น B 950 pro โดยให้ส่วนผสมที่เตรียมไว้หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (แคลเซียมคลอไรด์ 20 กรัม ผสมน้ำ 500 มิลลิลิตร) จากนั้นนำเม็ดปิดสัไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยนำเม็ดปิดสัใส่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำ ยี่ห้อ New Brunswick Science รุ่น C340-86 เป็นเวลา 12-24 ชั่วโมง และนำมาใส่เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ยี่ห้อ Christ รุ่น Delta

2-24 LSC เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง นำเม็ดปิดส์ที่ได้บรรจุในขวดสีชา พันบริเวณฝาปิดด้วยพาราฟิล์ม และเก็บในตู้เย็นเพื่อใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ สำหรับการทดลองในโรงเก็บจำลองต้องใช้เม็ดปิดส์ปริมาณมาก เตรียมโดยนำน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูลในรูปแบบเม็ดปิดส์ไปทำแห้งโดยใส่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำหือ New Brunswick Science รุ่น 570 และเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งรุ่น FD 50 ที่ศูนย์วิจัยและบริการเทคโนโลยีการหมักมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำเม็ดปิดส์ที่ได้เก็บใส่ถุงฟอยด์ จำนวนถุงละ 200 กรัม และเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อใช้ในการทดลองในโรงเก็บจำลอง

3. การศึกษาสารระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากพลูและน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูล

นำน้ำมันหอมระเหยจากพลู จำนวน 500 ไมโครลิตร และน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูลในรูปแบบเม็ดปิดส์ จำนวน 0.5 กรัม บรรจุใส่ขวดสีชาขนาด 27 มิลลิลิตร พร้อมปิดฝาและพันพาราฟิล์มให้สนิท จำนวนอย่างละ 12 ขวด จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็น และสุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์สารระเหยเมื่อครบ 0 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน โดยใช้ SPME-fiber (100 μ m, polydimethylsiloxane: PDMS) ดัดแปลงมาจากกรรมวิธีของ Yang *et al.* (2009) นำน้ำมันหอมระเหยจากพลูละลายด้วยเมทานอลให้มีความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นบีบใส่ในขวดแก้ว (vial; PerkinElmer) ขนาด 22 มิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร สำหรับน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูล นำมาชั่งใส่ขวดแก้วจำนวน 0.1 กรัม พร้อมกับใส่ magnetic bar ปิดฝาขวดให้สนิท กวนตลอดเวลาด้วย magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หลังจากนั้นนำไฟเบอร์ SPME ชนิด PDMS ใส่ในขวดแก้ว เป็นเวลา 30 นาที เพื่อสกัดสารระเหย และวิเคราะห์สารระเหยที่สำคัญด้วยเครื่อง GC-MS

4. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูลกับด้วงถั่วเขียวด้วยวิธีการสัมผัสโดยการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว (contact toxicity) ในสภาพห้องปฏิบัติการ

วางแผนแบบ CRD มี 5 กรรมวิธี 5 ซ้ำ โดยคลุกเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูลอัตรา 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม จากนั้นปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว จำนวน 10 คู่ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบอัตราการตายของตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียว จากนั้นนำตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวออกทั้งหมด นับจำนวนไข่ของด้วงถั่วเขียวที่พบบนเมล็ดถั่วเขียว และเก็บเมล็ดถั่วเขียวในห้องปฏิบัติการเมื่อครบ 1 เดือน ตรวจสอบจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกที่เกิดขึ้นใหม่

5. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูลในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บจำลอง

5.1 ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

ทำการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่อาจติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 โดยรมด้วยสารรมฟอสฟีนอัตรา 2 เม็ด (tablets) ต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 1 ตัน ระยะเวลาในการรม 7 วัน จากนั้นเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวคลุกกับน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูล อัตรา 0 50 100 และ 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 10 กิโลกรัม การวางแผนแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ และบรรจุเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในกระสอบปุ๋ย นำไปเก็บรักษาในโรงเก็บจำลอง และปล่อยตัวเต็มวัยด้วงถั่วเขียวในโรงเก็บ

จำลองครั้งละ 3,000 ตัว ทุก ๆ 2 สัปดาห์เพื่อสร้างการกระจายแบบ (Figure 1) จากนั้นสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว จำนวน 250 กรัมต่อซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 0-10 เดือน เพื่อนำมาตรวจสอบประสิทธิภาพของ น้ำมันหอมระเหยจากพืชน้ำในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว โดยบันทึกจำนวนตัวเต็มวัยของ ด้วงถั่วเขียวที่ตายและรอดชีวิต จากนั้นคัดแยกตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียวออกจากเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว และ นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวใส่ในขวดแก้ว ปิดฝาด้วยกระดาษขี้ผึ้ง นำไปเก็บในห้องเลี้ยงขยายพันธุ์แมลงเป็นเวลา 1 เดือน เมื่อครบกำหนดบันทึกจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F_1)

5.2 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจากข้อ 5.1 จำนวน 10 กรัมต่อซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือน เพื่อนำมาตรวจสอบความงอก โดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่สมบูรณ์จำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ นำมาเพาะระหว่างกระดาษหรือเพาะแบบบีพี (BP=between paper) (ISTA, 2021) ขนาดกว้าง 10 นิ้ว x ยาว 14 นิ้ว นำกระดาษเพาะจำนวน 5 แผ่นวางซ้อนกัน แช่น้ำที่เตรียมไว้ให้กระดาษขึ้น หลังจากนั้นยกกระดาษออก 2 แผ่น พักไว้ และวางเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด เว้นให้มีระยะห่างระหว่างเมล็ด และนำกระดาษ 2 แผ่นที่พักไว้มาปิดทับเมล็ด พับปลายด้านล่างของกระดาษขึ้น และเว้นจากขอบล่างของกระดาษ ประมาณ 1 นิ้ว ม้วนกระดาษจากขอบกระดาษด้านซ้ายไปขวาจนสุดความยาวของกระดาษ ไม่ให้ม้วนแน่น หรือหลวมเกินไป และนำไปวางลงในถาดทำเช่นนี้จนครบ เขียนหมายเลขตัวอย่างทุกม้วน นำม้วนกระดาษ วางในแนวตั้ง แล้วสวมทับด้วยถุงพลาสติกใส พร้อมทั้งรัดปากถุงด้วยยาง เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิแบบ สลับ 20 <=> 30 องศาเซลเซียส บันทึกลักษณะต้นอ่อนแบ่งเป็น 5 ลักษณะ คือ ต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อน ผิดปกติ เมล็ดแข็ง เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย นำข้อมูลต้นอ่อนปกติวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี DMRT

5.3 การตรวจสอบปริมาณสารระเหยที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจากข้อ 5.1 จำนวน 10 กรัมต่อซ้ำ ทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือน วิเคราะห์สารระเหยสำคัญที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว โดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวจำนวน 20 เมล็ดต่อซ้ำ ใส่ ในขวดแก้วขนาด 22 มิลลิลิตร เติมสารมาตรฐาน decanoic acid ethyl ester (internal standard) ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 10 ไมโครลิตร พร้อมกับใส่ magnetic bar ปิดฝาขวดให้สนิท และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3 และนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวไปหาสารระเหยที่สำคัญที่พบบนเมล็ด ถั่วเขียวด้วยเครื่อง GC-MS



Figure 1 Application of encapsulated *Syzygium aromaticum* oils against *Callosobruchus maculatus* in stored mung bean at the warehouse storage condition (a) and the 1 month interval measurement to determine the effect of encapsulated *S. aromaticum* oils on *C. maculatus* for 10 months (b)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาสารระเหยของน้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล

น้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลพบสารระเหยสำคัญจำนวน 7 ชนิดได้แก่ eugenol, α -cubebene, caryophyllene, 10,10-Dimethyl-2,6-dimethylenebicyclo (7.2.0) undecane, humulene, acetyl eugenol และ cadina-1(10),4-diene

น้ำมันหอมระเหยกานพลู ในเดือนที่ 0 2 4 และ 6 พบปริมาณสารระเหยสำคัญเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ สาร caryophyllene พบมากที่สุด มี 91.89 93.51 93.94 และ 89.17% ของสารระเหยสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยกานพลู ตามลำดับ รองลงมา คือ humulene มี 5.27 4.56 3.91 และ 5.13% ตามลำดับ สาร α -cubebene มี 1.88 1.27 1.52 และ 5.03% ตามลำดับ และสาร cadina-1(10),4-diene มี 0.41 0.35 0.36 0.38% ตามลำดับ และ eugenol เป็นสารระเหยสำคัญที่มีปริมาณน้อยที่สุดโดยพบ 0.04 0.02 0.06 และ 0.06% ตามลำดับ ในขณะที่เดือนที่ 8 และ 10 สาร caryophyllene พบปริมาณมากที่สุด 37.62 และ 64.94% ตามลำดับ แต่สารระเหยสำคัญที่พบรองลงมา คือ eugenol โดยพบ 32.52 และ 31.14 % ตามลำดับ ในขณะที่เดือนที่ 12 สารระเหยสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุด คือ humulene มี 50.10% สารที่พบรองลงมา คือ caryophyllene มี 49.37% และสาร α -cubebene มี 0.38% ตามลำดับ

น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล ปริมาณสารระเหยสำคัญที่พบแตกต่างจากน้ำมันหอมระเหยกานพลู โดยในเดือนที่ 0 2 4 6 8 10 และ 12 สารระเหยสำคัญที่พบมากที่สุด คือ eugenol โดยมี 65.65 72.19 67.37 88.39 86.94 83.03 และ 77.21% ตามลำดับ รองลงมาคือ caryophyllene มี 29.49 25.19 29.76 9.23 8.62 13.74 และ 19.37% ตามลำดับ และในเดือนที่ 0 2 4 6 และ 8 พบสาร acetyl eugenol มากเป็นลำดับที่ 3 โดยมี 2.53 1.84 1.63 1.83 และ 3.91% ตามลำดับ แต่เดือนที่ 10 และ 12 พบสาร cadina-1(10),4-diene มากเป็นลำดับที่ 3 โดยมี 1.76 และ 2.36% ตามลำดับ

เห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล มีปริมาณสารระเหยสำคัญแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสาร eugenol พบในน้ำมันหอมระเหยกานพลูเพียงเล็กน้อยแต่ในน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลพบปริมาณมาก โดย eugenol เป็นสารสำคัญที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรหลายชนิด ดังนั้นการใช้เทคนิคเอนแคปซูลขึ้นเพื่อรักษาสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการกำจัดแมลง ทำให้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลมีประสิทธิภาพและระยะเวลาในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวมากกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลู

2. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลกับด้วงถั่วเขียวด้วยวิธีการสัมผัสโดยการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เมื่อคลุกเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 0 0.1 0.2 0.4 และ 0.8 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม พบเปอร์เซ็นต์การตายของด้วงถั่วเขียว 0 23.2 78.9 88.4 และ 96.8% ตามลำดับ โดยมีค่า LC_{50} และ LC_{99} 1.45 และ 8.90 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ โดยในกรรมวิธีที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 0.4 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม พบค่าเฉลี่ยของไข่เพียง 0.6 ฟอง และเมื่อพิจารณาจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูกพบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในทุกกรรมวิธี สามารถยับยั้งการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (Table 1) Ilike *et al.* (2014) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีผลต่อการสืบพันธุ์ และมีผลต่อเปลือกไข่ของแมลงทำให้ตัวอ่อนที่อยู่ภายในไม่สามารถหายใจได้ ทำให้ตัวอ่อนของแมลงตายในที่สุด การลดจำนวนลงของรุ่นลูกอาจเกิดจากการตายของรุ่นพ่อแม่ตั้งแต่เริ่มต้น รวมทั้งยับยั้งการพัฒนาของตัวอ่อน (Dike and Mbah, 1992) เห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวในการเป็นสารสัมผัสในห้องปฏิบัติการ

Table 1 Mortality of adults (%), number of eggs laid and adults' progeny production (F1) in *Callosobruchus maculatus* treated with encapsulated *Syzygium aromaticum* oils in beads at a rate between 0-0.8 g oil beads/ 0.1 kg mung bean

Rate of encapsulated <i>S. aromaticum</i> oil in beads (g)	Mortality of adult (%)	Eggs laid (number)	Adults' progeny production (adults)
0 (Control)	0 d	83.2 c	74.8 b
0.1	23.2 c	15.7 b	0 a
0.2	78.9 b	9.5 b	0 a
0.4	88.4 ab	0.6 a	0 a
0.8	96.8 a	0.5 a	0 a
CV (%)	13.8	29.4	64.5

* Mean in same column followed by the different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

3. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว เพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวในสภาพโรงเก็บจำลอง

3.1 ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว

คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวกับน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 0 50 100 และ 200 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 10 กิโลกรัม เก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน พบว่าจากเดือนที่ 0 ที่ไม่พบด้วงถั่วเขียว และตัวเต็มวัยรุ่นลูกในทุกกรรมวิธี ในเดือนที่ 1 เริ่มพบด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1 พบด้วงถั่วเขียวมากกว่ากรรมวิธีที่คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเดือนที่ 2 และ 3 พบว่ากรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 4 ที่คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 100 และ 200 กรัม สามารถป้องกันการเข้าทำลายด้วงถั่วเขียวได้ดีที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ 2 คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 50 กรัม และกรรมวิธีที่ 1 (กรรมวิธีควบคุม) พบจำนวนด้วงถั่วเขียวเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมากกว่ากรรมวิธีที่ 3 และ 4 ในเดือนที่ 4 และ 5 พบว่ากรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 สำหรับในเดือนที่ 6 และ 7 พบว่ากรรมวิธีที่ 3 และ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ส่วนในเดือน 8-10 พบว่ากรรมวิธีที่ 4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้มากที่สุด (Table 2) เห็นได้ว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในทุกกรรมวิธี ไม่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวได้ 100% เหมือนการใช้สารฆ่าแมลง แต่พบด้วงถั่วเขียวจำนวนน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างชัดเจน โดยกรรมวิธีควบคุมพบด้วงถั่วเขียวจำนวนมาก นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนตัวเต็มวัยรุ่นลูก (F_1) พบว่าในเดือนที่ 1 และ 2 กรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 สามารถควบคุมการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีที่สุด และในเดือนที่ 3-10 กรรมวิธีที่ 3 และ 4 สามารถควบคุมการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เห็นได้ว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทอัตรา 200 กรัม สามารถป้องกันการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียวและการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ตลอดระยะเวลา 10 เดือนที่ทำการทดสอบ โดยค่าเฉลี่ยของตัวเต็มวัยที่พบในเดือนที่ 0-10 คือ 0.0 1.2 6.1 13.2 26.9 22.3 17.1 16.0 0.0 0.0 และ 0.3 ตัว ตามลำดับ (Table 2) และพบการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกเท่ากับ 0.0 0.0 0.0 0.1 3.4 0.6 2.3 0.3 0.4 0.6 และ 1.4 ตัว ตามลำดับ (Table 3) ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูเลทเพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวโดยวิธีการคลุกเมล็ด เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียวในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวอินทรีย์สามารถลดอันตรายจากการใช้สารฆ่าแมลงและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Table 2 Mean number of *C. maculatus* adults after treated with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at a rate between 0-200 g oil beads/ 10 kg mung bean at 0-10 months storage

Rate of encapsulated oil in beads (g) /10 kg mung bean	Storage time (month)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.0	22.2 b	52.5 c	156.7 c	100.6 b	99.9 b	108.3 c	101.7 a	11.3 b	23.9 c	31.4 c
50	0.0	1.4 a	17.4 b	33.5 b	30.2 a	43.6 a	49.5 b	58.3 b	12.3 b	22.0 c	15.1 c
100	0.0	0.8 a	7.9 a	16.7 a	21.5 a	28.5 a	21.4 a	23.5 a	3.7 b	1.44 b	2.4 b
200	0.0	1.2 a	6.1 a	13.2 a	26.9 a	22.3 a	17.1 a	16.0 a	0.0 a	0.0 a	0.3 a
CV (%)	-	40.6	17.0	11.8	10.2	12.2	14.0	9.8	59.6	32.9	36.1

* Mean in same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

Table 3 Mean number of adult progeny of *C. maculatus* after treated with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at a rate between 0-200 g oil beads/ 10 kg mung bean at 0-10 months storage

Rater of encapsulated oil in beads (g)/10 kg mung bean	Storage time (month)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.0	860.8 b	814.3 b	1,225.6 c	429.9 c	351.6 c	12.5 ab	184.6 b	998.0 c	971.2 b	1,078.6 b
50	0.0	0.3 a	0.9 a	1.0 b	8.5 b	12.1 b	38.4 b	36.8 b	529.6 b	794.6 b	757.4 b
100	0.0	0.1 a	0.3 a	0.1 a	2.4 a	1.2 a	1.6 a	1.70 a	1.0 a	4.8 a	4.8 a
200	0.0	0.0 a	0.0 a	0.1 a	3.4 a	0.6 a	2.3 a	0.3 a	0.4 a	0.6 a	1.4 a
CV (%)	-	14.0	24	17.1	12.9	29.7	72.9	46.9	74.9	71.21	73.9

* Mean in same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)

3.2 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในเดือนที่ 0 กรรมวิธีที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากพบการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยมีความงอก 78.6% แต่ผลการทดลองในเดือนที่ 1-10 พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กรรมวิธีควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยกว่ากรรมวิธีที่คลุมด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในทุกกรรมวิธี โดยเดือนที่ 1-10 มีความงอก 85.0 47.4 25.0 11.0 38.0 45.9 33.2 23.2 2.2 และ 6.4% ตามลำดับ เห็นได้ว่าตั้งแต่เดือนที่ 2 ความงอกในกรรมวิธีควบคุมต่ำกว่า 75% ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดถั่วเขียวเกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของด้วงถั่วเขียว แต่การคลุมเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลในกรรมวิธีที่ 2 3 และ 4 ความงอกของถั่วเขียวสูงกว่า 75% ตลอดระยะเวลา 0-8 เดือนที่ทำการทดสอบ แต่ในเดือนที่ 9 และ 10 พบว่ามี

เฉพาะกรรมวิธีที่ 3 และ 4 ที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 100 และ 200 กรัม ความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสูงกว่า 75% (Table 4) แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลอัตรา 100 และ 200 กรัม/เมล็ดถั่วเขียว 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวได้ และไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

Table 4 Mung beans seed germination (%) after treated with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at a rate between 0-200 g oil beads/ 10 kg mung bean at 0-10 months storage

Rate of encapsulated oil in beads (g)/10 kg mung bean	Storage time (month)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	92.0 a	85.0 b	47.4 b	25.0 b	11.0 b	38.0 b	45.9 c	33.2 b	23.2 b	2.2 c	6.4 c	
50	93.0 a	88.2 ab	87.6 a	88.4 a	84.6 a	86.4 a	88. a	77.0 a	75 a	44.2 b	44.2 b	
100	83.2 ab	93.8 a	88.4 a	80.8 a	81.4 a	85.8 a	78.9 b	81.8 a	77.8 a	79.0 a	81.2 a	
200	78.6 b	89.4 ab	85.0 a	82.2 a	81.2 a	84.8 a	82.7 ab	78.8 a	76.8 a	76.2 a	82.6 a	
CV (%)	9.9	6.1	14.2	12.5	9.0	13.4	6.7	13.2	11.7	27.2	21.5	

* Mean in same column followed by different letters are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05)

3.3 การตรวจสอบปริมาณสารระเหยที่พบบนเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

เมื่อเก็บรักษา 10 เดือน พบสารระเหยสำคัญบนเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลหลายชนิด โดยแต่ละเดือนพบชนิดและปริมาณของสารระเหยสำคัญแตกต่างกัน แต่ eugenol เป็นสารระเหยสำคัญที่พบปริมาณมากที่สุด โดยปริมาณของ eugenol ผันแปรไปในทิศทางเดียวกับจำนวนของน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลที่คลุกกับเมล็ดถั่วเขียวในแต่ละกรรมวิธี มีเพียงการทดลองในเดือนที่ 6 เท่านั้น ในกรรมวิธีที่ 4 มีปริมาณ eugenol น้อยกว่ากรรมวิธีที่ 3 (Figure 2) และเมื่อเปรียบเทียบผลกับการทดลองในข้อที่ 1 พบว่า มีความสอดคล้องกันโดยพบสารระเหยสำคัญ 7 ชนิด และชนิดที่พบมากที่สุดคือ eugenol เช่นเดียวกับสารระเหยสำคัญที่พบในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล โดยสารระเหยสำคัญ eugenol มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรได้หลายชนิด (Liska, 2011; Regnault-Roger *et al.*, 2012; Ilke *et al.*, 2014) และจากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าสารระเหยสำคัญ eugenol สามารถระเหยจากน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลมาอยู่บนเมล็ดถั่วเขียวทำให้สามารถป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวและป้องกันการเกิดของตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้ดี

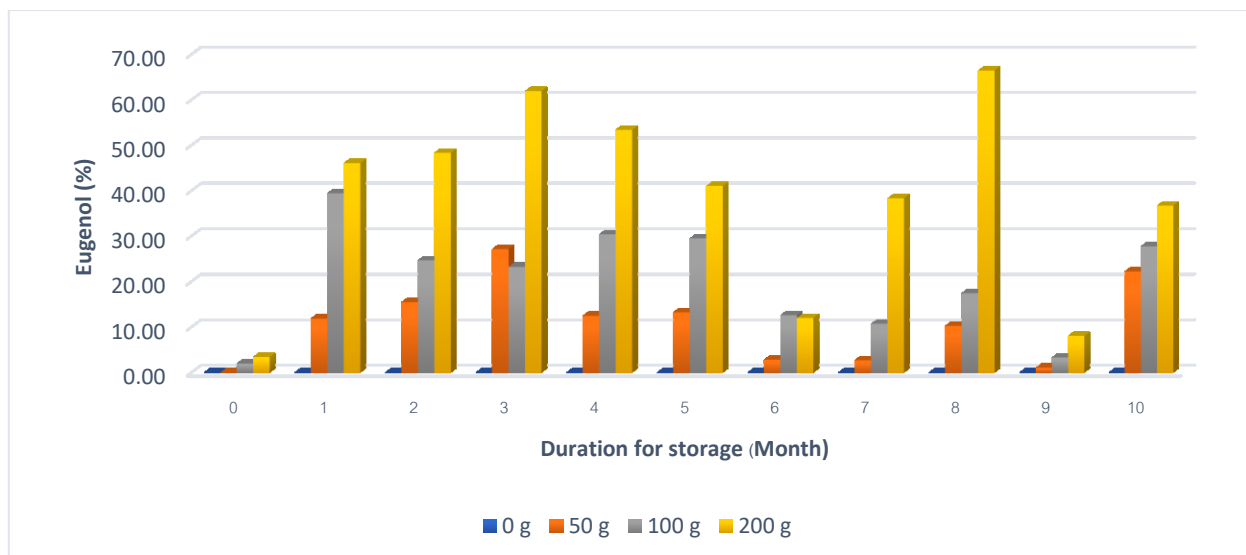


Figure 2 Eugenol content found in mung bean mixed with encapsulated *S. aromaticum* oils in beads at 0-10 months storage

สรุปผลการทดลอง

น้ำมันหอมระเหยกานพลูและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลห่อประกอบด้วยสารระเหยสำคัญ 7 ชนิด โดยสารระเหยหลัก คือ caryophyllene และ eugenol การคลุกเมล็ดถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลเพื่อควบคุมด้วงถั่วเขียวระหว่างการเก็บรักษาในสภาพห้องปฏิบัติการ ที่อัตรา 0.8 กรัม ต่อเมล็ดถั่วเขียว 0.1 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพดีในการกำจัดตัวเต็มวัยของด้วงถั่วเขียว สามารถป้องกันการวางไข่และการเกิดตัวเต็มวัยรุ่นลูกได้เป็นอย่างดี เมื่อนำไปทดลองในสภาพโรงเก็บจำลอง พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลที่อัตรา 200 กรัมต่อเมล็ดถั่วเขียว 10 กิโลกรัม สามารถป้องกันและกำจัดด้วงถั่วเขียวได้นาน 10 เดือน โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดถั่วเขียว และพบ eugenol เป็นสารสำคัญที่พบสูงสุดในเมล็ดถั่วเขียวที่คลุกกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูล

การนำไปใช้ประโยชน์

1. สามารถใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวอินทรีย์ เพื่อป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียว
2. สามารถนำน้ำมันหอมระเหยกานพลูเอนแคปซูลไปทดสอบเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดอื่นๆ โดยวิธีการคลุกเมล็ดพันธุ์
3. สามารถนำเทคนิคเอนแคปซูลขั้นไปพัฒนาใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดอื่น ๆ เพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรชนิดอื่น เพื่อเป็นทางเลือกในการป้องกันกำจัดแมลงโดยไม่ใช้สารเคมี

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 จำนวน 250 กิโลกรัม และขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและบริการเทคโนโลยีการหมัก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องแช่เยือกแข็ง รุ่น FD50 สำหรับการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากพลูออนแคปซูล สำหรับการทดลองในโรงเก็บจำลอง

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐมา รอดขวัญ. 2561. เอนแคปซูเลชันสารให้กลิ่นรส. *วารสารอาหาร*. 48(3): 39-44.
- ดวงสมร สุทธิสุทธิ รังสีมา เก่งการพานิช ภาวิณี หนูชนะภัย พณัญญา พบสุข และปิยรัตน์ รุจิณรงค์. 2558 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากจันทร์เทศและน้ำมันหอมระเหยข่าลิงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วเขียว. หน้า 428.443. ในรายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- Anonymous. 2020. Storing mung bean planting seed. available at: <http://www.mungbean.org.au/mung-storage.html>. Accessed: November 3, 2020.
- Caswell, G.H. 1981. Damage to stored cowpea in the northern part of Nigeria. *Samaru. J. Agr. Res.* 1: 11-19.
- Dike, M.C. and O.I. Mbah. 1992. Evaluation of the lemon grass products in the control of *Callosobruchus maculatus* on stored cowpea. *Nigerian J. Crop Prot.* 14: 88-91.
- Ileke, K.D., O.C. Ogungbite and J.O. Olayinka-Olugunju. 2014. Powders and extracts of *Syzygium aromaticum* and *Anacardium occidentale* as entomocides against the infestation of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: curculionidae) on stored sorghum grains. *Afr. Crop Sci. J.* 22(4): 267-273.
- ISTA. 2021. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. Basesdorf, Switzerland. 300 p.
- Jankowska, M., J. Rogalska, J. Wyszowska and M. Stankiewicz. 2017. Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system-A review. *Molecules*. 23(34): 1-20.
- Liska, A. 2011. Insecticidal toxicity of 1,8-cineole, camphor and eugenol on *Tribolium castaneum* (Herbst). *Poljoprivreda*. 17(1): 80-81.
- Maes, C., S. Bouquillon and M.L. Fauconnier. 2019. Encapsulation of essential oils for development of biosourced pesticides with controlled release: a review. *Molecules*. 24(14): 1-15.

- Mahfuz, I. and M. Khalequzzaman. 2007. Contact and fumigation toxicity of essential oils against *Callosobruchus maculatus*. *Univ. j. zool. Rajshahi Univ.* 26: 63-66.
- Mondal, M. and M., Kkalequzzaman. 2006. Toxicity of essential oils against red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Bio-Sci.* 14: 43-48.
- Nakakita, H. 1998. Stored rice and stored product insects. pp. 49–65. *In: Rice Inspection Technology Manual*. A.C.E. Corporation, Tokyo, Japan.
- Negahban, M., S. Moharramipour, M. Zandi and S.A. Hashemi. 2012. Fumigant properties of nano-encapsulated essential oil from *Artemisia sieberi* on *Tribolium castaneum*. pp: 101-105. *In: Navarro S., H.J. Banks, D.S. Jayas, C.H. Bell, R.T. Noyes, A.G. Ferizli, M. Emekci, A.A. Isikber and K. Alagusundaram, [Eds.] Proc 9th. Int. Conf. on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turkey. 15 – 19 October 2012, ARBER Professional Congress Services, Turkey.*
- Passino, G.S., E. Bazooni and M.D.L. Moretti. 2004. Microencapsulated essential oils active against indian meal moth. *Bol. San. Veg. Plagas.* 30: 125-132.
- Regnault-Roger, C., C. Vincent and J.T. Arnason. 2012. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. of Entomol.* 57(1): 405–24.
- War, A.R., S. Murugesan, N.V. Boddepalli, R. Srinivasan and M.N. Ramakrishnan. 2017. Mechanism of Resistance in Mung bean [*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek var. *radiata*] to bruchids, *Callosobruchus* spp. (Coleoptera: Bruchidae). *Front. Plant Sci.* 8(1031): 1-11.
- Yang, Z., W. Yang, Q. Peng, Q. He, Y. Feng, S. Luo and Z. Yu. 2009. Volatile phytochemical composition of rhizome of ginger after extraction by headspace solid-phase microextraction, petroleum ether extraction and steam distillation extraction. *Bangladesh J. Pharmacol.* 4: 136-143.

การพัฒนาเครื่องหมายสปีส์จากยีน *Dull* เพื่อจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียว ที่มีลักษณะความเหนียวนุ่มอย่างแม่นยำ

SNPs Marker Development from *Dull* Gene for Accuracy of Identification Sticky Characteristic in Waxy Corns

ธีรวุฒิ วงศ์รัตน์¹ วรชมน มงคล² ฉลอง เกิดศรี² ภาคภูมิ ถิ่นคำ¹ มณีรัตน์ รุจิณรงค์³ ยิงยศ พาลูกา¹
Theerawut Wongwarat¹ Wassamon Mongkol² Chalong Kerdsri² Parkpoom Thinkum¹
Maneerat Rujinarong³ Yingyod Paluka¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมายสปีส์สำหรับการจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีลักษณะเหนียวนุ่ม โดยดำเนินงานวิจัยที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี พ.ศ. 2560-2564 การประเมินลักษณะความเหนียวนุ่มของข้าวโพดข้าวเหนียวที่ได้จากผู้ทดสอบชิมนั้นมีความแปรปรวนสูงไม่สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกข้าวโพดข้าวเหนียวได้ จึงได้พัฒนาเครื่องหมายสปีส์จากยีน *Dull* มาเป็นเครื่องมือช่วยในการจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีลักษณะความเหนียวนุ่มเปรียบเทียบกับข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า จากการศึกษาข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 30 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า ค่าความหนืดสูงสุด ค่าการแตกตัวของเม็ดแป้ง และค่าการคั้นตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์ที่มีความผันแปรทางพันธุกรรมกับสมบัติทางด้านความหนืด พบว่าตำแหน่งที่ N130 ยีน *Dull* มีความสัมพันธ์กับค่าความหนืดสูงสุดและการแตกตัวของเม็ดแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องหมายสปีส์ Du-1F/1R และตรวจสอบด้วยเทคนิค high resolution melting (HRM) พบว่า สามารถจำแนกจีโนไทป์ได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ GG GT และ TT ซึ่งรูปแบบจีโนไทป์ GG มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับความหนืดสูงสุดและค่าการแตกตัวของแป้งในข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า ข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้ และข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสม ขณะที่รูปแบบจีโนไทป์ TT มีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนืดสูงสุดและการแตกตัวของเม็ดแป้งในข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้เท่านั้น นอกจากนี้เครื่องหมายสปีส์ Du-1F/1R สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR ในข้าวโพดข้าวเหนียว 108 พันธุ์ ได้ผลสำเร็จร้อยละ 100 และสามารถตรวจสอบรูปแบบของสปีส์ได้ทุกตัวอย่าง จากการสุ่ม

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

¹ Khon Kaen Field Crops Research Center, Mueang Khon Kaen, Khon Kaen, 40000

² ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 171503

² Chai Nat Crops Research Center, Supphaya, Chai Nat, 171503

³ กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

³ Planning and Technical Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900

ตัวอย่างข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีรูปแบบจีโนไทป์ที่ต่างกันจำนวน 30 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค HRM พบว่าการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ตำแหน่ง N130 มีความถูกต้องตรงกันร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่าเครื่องหมาย สนิปส์ Du-1F/1R มีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีลักษณะเหนียวนุ่มได้

คำสำคัญ: ข้าวโพดข้าวเหนียว ลักษณะความเหนียวนุ่ม เครื่องหมายสนิปส์

ABSTRACT

The objective of this research was to develop molecular markers for identifying diverse stickiness levels of waxy corn. This research was conducted at Khon Kaen Field Crops Research Center during 2017-2021. SNPs (single nucleotide polymorphisms) marker was developed to identify stickiness character of waxy corn that gave similarly as commercial waxy corn hybrid, comparative variety. The pasting properties: peak viscosity, breakdown and setback of thirty waxy corn flour were also performed. The results revealed that statistically difference with 95% confidence interval levels. SNPs position at N130 of *Dull* genes found significantly related to peak viscosity and breakdown ($p \leq 0.05$). In this study, N130 SNPs markers; Du-1F/1R was designed. Also, high-resolution melting analysis (HRM) was developed to detect SNPs genotypes. The results showed that three SNPs genotypes were achieved, including GG, GT and TT. The genotype GG was positively correlated with the peak viscosity and breakdown. While, the genotype TT showed a negative correlation with the peak viscosity, and breakdown. Evaluation of SNPs markers in 108 waxy corns were used as a template for amplification by Du-1F/1R SNPs marker. The results showed the success rate of amplification were 100% and found three SNPs genotypes. Then 30 random samples were analyzed by DNA sequencing. The results showed all genotype samples matched DNA sequencing and HRM analysis accuracy for N130 genotyping was 100%. This study demonstrates that Du-1F/1R SNPs marker was an efficiency and accuracy. This can be used for identifying stickiness characteristic of waxy corns.

Key words: waxy corns, sticky characteristics, SNPs marker

คำนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (*Zea mays* subsp. *mays*) เป็นข้าวโพดรับประทานฝักสด มีการผลิตและจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นตลอดทั้งปี ในปี พ.ศ. 2564 มีเนื้อที่ปลูกข้าวโพดข้าวเหนียว 22,860 ไร่ ได้ผลผลิต 22,852 ตัน คิดเป็นผลผลิตต่อไร่ 1,302 กิโลกรัม ทำรายได้ให้แก่เกษตรกร 10,000-20,000

บาทต่อไร่ต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาทต่อปี (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2564) ความต้องการบริโภคข้าวโพดฝักสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผู้บริโภคให้ความสนใจอาหารสุขภาพมากขึ้น เนื่องจากข้าวโพดข้าวเหนียวมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี เมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวมีความเหนียวนุ่มเป็นคุณลักษณะพิเศษเฉพาะตัว จึงเป็นเป้าหมายสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว การใช้ประสาทสัมผัสโดยเฉพาะด้านการชิม นั้น อาจเกิดความลำเอียงได้ ไม่สามารถบ่งชี้ความแตกต่างของลักษณะเหนียวนุ่มได้อย่างชัดเจน ปัจจุบันมีการนำเครื่องวัดความหนืดแบบยิ่งยวด (rapid visco analyzer; RVA) มาใช้ในการคัดเลือกลักษณะความเหนียวนุ่ม เมื่อน้ำแป้งได้รับความร้อนพันธะไฮโดรเจนภายในเม็ดแป้งจะถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวขยายใหญ่ขึ้น ขณะเดียวกันน้ำที่เหลืออยู่รอบๆ จะมีปริมาณน้อยลง ทำให้เกิดความหนืดเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่มีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนอย่างต่อเนื่องต่อไปอีก จะทำให้โครงสร้างภายในเม็ดแป้งแตกตัว (breakdown) และเมื่อลดอุณหภูมิลง ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งเป็นความหนืดที่เกิดจากการเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะไมโลสที่หลุดออกจากเม็ดแป้งหรือการคืนตัวของแป้ง (setback) มีงานวิจัยที่ใช้เครื่องวัดความหนืดแบบยิ่งยวดนี้ ในการคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ข้าวโพดข้าวเหนียว สามารถคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; GCA) ในลักษณะความหนืดสูงได้ (دنกุล และ กมล, 2558) อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวต้องใช้เวลาวิเคราะห์ พื้นที่ปลูก แรงงานมาก และยังแปรปรวนจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมอีกด้วย

การนำเทคโนโลยีชีวโมเลกุลมาประยุกต์ในการออกแบบเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดเครื่องหมายสเนปส์ (SNPs marker) ซึ่งเป็นการตรวจสอบตำแหน่งที่มีความผันแปรของพันธุกรรมของลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความเหนียวนุ่มของข้าวโพดข้าวเหนียว มีรายงานการศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของลำดับนิวคลีโอไทด์จำนวน 9 ยีนว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ starch branching enzyme interaction protein (SIP-1) starch branching enzyme IIb (aeIIb) ADP-glucose pyrophosphorylase large subunit (shrunken2; sh2) และ waxy สามารถแยกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีความเหนียวที่ต่างกันได้ ลำดับนิวคลีโอไทด์ ADP-glucose pyrophosphorylase small subunit (Brittle-2; Bt2) starch synthase isoform zSSII-2 (zSSIIb) starch branching enzyme 2a (IIa) starch branching enzyme III (SBE3) และ *Dull* ไม่สามารถแยกข้าวโพดข้าวเหนียวที่ต่างกันได้ (ศุจิรัตน์ และคณะ, 2565) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าหากเกิดการกลายพันธุ์ของยีน *Dull* ในข้าวโพด จะส่งผลให้ไม่มีการทำงานของเอนไซม์ SSIIIa และการทำงานของเอนไซม์ SBEIIa และ SSII จะลดลง ส่งผลต่อการลดลงของความยาวและจำนวนการกระจายตัวของสายโซ่กิ่งก้านของอะไมโลเพคติน ดังนั้นจึงมีผลต่อโครงสร้างของอะไมโลเพคติน และสมบัติทางด้านความหนืด (Cao *et al.*, 2000) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมายสเนปส์สำหรับการจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีลักษณะเหนียวนุ่มที่มีความแม่นยำ ช่วยลดเวลา พื้นที่ปลูก และแรงงาน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาสมบัติทางความหนืด

แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ฟลาวร์ (flour) และ สตาร์ช (starch) ฟลาวร์เป็นผลิตภัณฑ์แห่งที่ผลิตจากเมล็ดบดละเอียดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรง ดังนั้นส่วนประกอบของฟลาวร์จึงประกอบด้วยสารอาหารต่างๆที่มีอยู่ในวัตถุดิบดั้งเดิม คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใยแร่ธาตุต่างๆ เป็นต้น ในขณะที่สตาร์ช คือ ส่วนของฟลาวร์ที่ผ่านการกำจัดโปรตีนและไขมันออก (อุทัยวรรณ, 2553) จึงเลือกใช้ฟลาวร์เนื่องจากใกล้เคียงกับสภาพของการบริโภคมากกว่า

1.1 การเตรียมฟลาวร์ข้าวโพดข้าวเหนียว

ข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 30 พันธุ์/สายพันธุ์ ประกอบด้วย ข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้จำนวน 14 สายพันธุ์ ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมจำนวน 10 คู่ผสม และข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้าใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 6 พันธุ์ เก็บเกี่ยวอายุ 20 วัน หลังออกไหม แยกเมล็ดออกจากฝักอบที่อุณหภูมิ 50°C นาน 12 ชั่วโมง โดยใช้ตู้อบลมร้อน นำออกมาวางทิ้งไว้ให้เย็น บดด้วยเครื่องบดจนได้เป็นผงละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงไนลอนที่มีขนาดรู 100 เมช (mesh)

1.2 วิเคราะห์ลักษณะความหนืดของฟลาวร์ข้าวโพดข้าวเหนียว

วัดความหนืดด้วยเครื่อง rapid visco analysis รุ่น 4500 (RVA) ตามกรรมวิธีการ Newport Scientific method (Newport Scientific, 1997) มีหน่วยเป็น RVU (rapid visco units) เป็นหน่วยการวัดความหนืดและความเหนียวโดยการวัดการแข็งตัวและการหยุดตัวของสตาร์ช เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางความหนืดและความเหนียวของสตาร์ช

2. ค้นหาชนิดของยีน *Dull*

2.1 การสกัดดีเอ็นเอ และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR)

คัดเลือกเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวที่สมบูรณ์ทั้ง 30 พันธุ์/สายพันธุ์ตัวอย่างละ 20 เมล็ด นำมาเพาะให้งอกเป็นต้นกล้า ตัดใบอ่อนเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 0.1 กรัม ใส่ลงในโถงที่มีไนโตรเจนเหลว บดให้ละเอียดเป็นผงแล้วสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดน้ำยาสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป (DNA extraction GF-1, Vivantis) จากนั้นตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสารสกัดดีเอ็นเอที่ได้ด้วยวัดค่าการดูดกลืนแสงให้มีค่าระหว่าง 1.65-1.85 จากนั้นนำมาเจือจางให้มีความเข้มข้น 100 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร และใช้เป็นสารพันธุกรรมต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ Du6F (5'-TGATTGGTGGTTTGCAGATG-3') / Du8R (5'-TCCGAGAAAACGAAGTCCA-3') (ออกแบบใช้สำหรับงานวิจัยนี้) ตรวจสอบผลผลิตด้วยวิธีอะการโรสเจลอิเล็กโตโฟลิซิส จากนั้นทำชิ้นดีเอ็นเอให้บริสุทธิ์ และหาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเครื่อง IlluminaHiSeq (illumine) ด้วยเทคนิค BT-Sequencing (barcode tagged sequencing base on next generation sequencing) ตามกรรมวิธีของบริษัท Celomics ประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

3. วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์และลำดับอะมิโน

นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้มาจัดเรียงตำแหน่งเปรียบเทียบกับกันโดยใช้โปรแกรม ClustalW2 ให้ได้ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ถูกต้องตรงกันทุกตัวอย่าง แล้วนำไปเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูลสากล GenBank และนำลำดับนิวคลีโอไทด์มาถอดรหัสกรดอะมิโนด้วยโปรแกรม ExPASy

4. ตรวจสอบนิพจน์ด้วยเทคนิค high resolution melting (HRM)

4.1 ออกแบบเครื่องหมายสนิปส์

ออกแบบเครื่องหมายสนิปส์โดยใช้โปรแกรม NCBI Primer-BLAST โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณเอ็กซอนที่มีความผันแปรทางพันธุกรรมชนิดสนิปส์ ที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลำดับกรดอะมิโน

4.2 การตรวจหารูปแบบจีโนไทป์ด้วยเทคนิค HRM

เจือจางสารสกัดดีเอ็นเอให้ได้ความเข้มข้น 20 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ใช้เป็นสารพันธุกรรมต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้เครื่องหมายสนิปส์ที่ออกแบบจาก 4.1 ด้วยเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมในสภาพจริง (LightCycle® 480 real-time PCR, Roche, Switzerland) วิเคราะห์ค่าการคลายเกลียวของสายดีเอ็นเอ (melting temperature; Tm) ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมในสภาพจริง

5. ตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของเครื่องหมายสนิปส์

5.1 การสกัดดีเอ็นเอ และตรวจสอบตำแหน่งเครื่องหมายสนิปส์ด้วยเทคนิค HRM

เมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 108 พันธุ์/สายพันธุ์ ประกอบด้วย ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้าจำนวน 7 พันธุ์ ข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้จำนวน 55 สายพันธุ์ และข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมจำนวน 46 คู่ผสม คัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ ตัวอย่างละ 20 เมล็ด นำมาสกัดดีเอ็นเอ เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและตรวจสอบตำแหน่งเครื่องหมายสนิปส์ด้วยเทคนิค HRM เช่นเดียวกับ 4.2

5.2 ตรวจสอบตำแหน่งเครื่องหมายสนิปส์ด้วยเทคนิคการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ (DNA sequencing)

สุ่มตัวอย่างดีเอ็นเอจาก 5.1 ที่มีรูปแบบจีโนไทป์ GG GT และ TT รูปแบบละ 8 12 และ 10 ตัวอย่าง ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง นำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและส่งหาลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับ 2.1

6. วิเคราะห์สถิติ

- วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลสมบัติทางด้านความหนืดด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

- วิเคราะห์ไคสแควร์ (chi-square) ทดสอบความเป็นอิสระ (test for independence) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความผันแปรทางพันธุกรรมกับสมบัติทางด้านความหนืด

- วิเคราะห์ค่าความถี่จีโนไทป์ (genotype frequency) จากสมการ

$$\text{ความถี่จีโนไทป์} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่มีจีโนไทป์ที่กำหนด}}{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมด}}$$

- วิเคราะห์ค่าความถี่อัลลีล (allele frequency) จากสมการ

$$\text{ความถี่อัลลีล} = [\text{จำนวนอัลลีลแบบโฮโมไซโกตที่กำหนด} + \frac{1}{2} \text{จำนวนอัลลีลแบบเฮเทอโรไซโกต}] / \text{จำนวนอัลลีลทั้งหมด}$$

- วิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) แบ่งระดับความสัมพันธ์ตามเกณฑ์ของ Zady (2000) คือ ค่า $r = 0.90-1.00$ แสดงว่ามีระดับความสัมพันธ์สูงมาก $0.70-0.89$ มีระดับความสัมพันธ์สูง $0.50-0.69$ มีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง และ $0.30-0.49$ มีระดับความสัมพันธ์ต่ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติทางด้านความหนืดของฟลาวัวร์ข้าวโพดข้าวเหนียว

ค่าความหนืดสูงสุด พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าความหนืดสูงสุดสูงที่สุดและต่ำที่สุดของฟลาวัวร์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า คือ พันธุ์ Fancy 111 (153.54 RVU) และพันธุ์ Violet white 926 (56.29 RVU) จึงใช้ค่าความหนืดสูงสุดของพันธุ์ Violet white 926 เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า พันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีค่าความหนืดสูงสุดมากกว่าหรือใกล้เคียงพันธุ์ Violet white 926 ได้แก่ สายพันธุ์แท้ F4305 (98.45 RVU) KKCW02 (74.37 RVU) M80 (82.29) PWHB01 (64.29 RVU) UT111 (94.00 RVU) UT122 (72.91 RVU) WEWS003 (180.46 RVU) WSJ003 (55.10 RVU) และ WTNGHB003 (75.87 RVU) และลูกผสม CNW142430505 (110.33 RVU) CNW142430519 (99.52 RVU) CNW1504 (109.04 RVU) CNW1515 (112.93 RVU) CNW1537 (61.04 RVU) CNW1602 (69.08 RVU) CNW1608 (99.52 RVU) CNW1614 (99.77 RVU) UT1120 (67.84 RVU) และ UT1122 (114.65 RVU) (Table 1) ค่าความหนืดสูงสุดเป็นค่าที่อธิบายความสามารถในการพองตัวของแป้งเมื่อต้มสุก และมีความสัมพันธ์กับความเหนียวนุ่มของเนื้อเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียว (Ketthaisong *et al.*, 2014) ถ้าค่าความหนืดสูงสุดของข้าวโพดข้าวเหนียวมีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงกับข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า แสดงว่าเนื้อเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวมีความเหนียวนุ่มมากกว่าหรือใกล้เคียงกับข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า

ค่าการแตกตัวของเม็ดแป้ง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ลูกผสมพันธุ์การค้าที่มีค่าการแตกตัวของเม็ดแป้งมากที่สุดและน้อยที่สุด คือ พันธุ์ Chai Nat 84-1 (66.45 RVU) และพันธุ์ Sweet violet (23.12 RVU) ตามลำดับ พันธุ์/สายพันธุ์ที่มีค่าการแตกตัวของเม็ดแป้งสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับพันธุ์ Sweet violet ได้แก่ สายพันธุ์ F4305 (35.50 RVU) M80 (38.97 RVU) WEWS003 (97.66 RVU) WSJ003 (32.62 RVU) ลูกผสม CNW142430505 (42.54 RVU) CNW142430519 (42.49 RVU) CNW1504 (56.70 RVU) CNW1515 (40.83 RVU) CNW1608 (41.85 RVU) CNW1614 (41.75 RVU) CNW1627 (28.04 RVU) CNW1643 (34.20 RVU) และ UT1122 (23.70 RVU) (Table 1) ค่าการแตกตัวของเม็ดแป้ง

เป็นค่าที่ใช้อธิบายความแตกต่างของเม็ดแป้งในช่วงการให้ความร้อนหรือหุงต้ม หากการแตกตัวของเม็ดแป้งมีค่าต่ำ แสดงว่าแป้งนั้นทนความร้อนได้มากเมื่อให้ความร้อน จะได้เจลที่มีลักษณะแข็งหรือแข็งกระด้าง อาจต้องใช้เวลาในการทำให้เกิดเจลนานขึ้น (วิจิตร และวชิรญา, 2563) ดังนั้นค่าการแตกตัวของเม็ดแป้งควรมีค่าสูงหรือใกล้เคียงกับฟลาวร์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า

ค่าการคินตัวแป้ง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ฟลาวร์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้าที่มีค่าการคินตัวมากที่สุดและน้อยที่สุดคือ พันธุ์ Chai Nat 84-1 (23.29 RVU) และพันธุ์ Violet White 926 (10.37 RVU) ตามลำดับ ฟลาวร์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีค่าการคินตัวใกล้เคียงหรือต่ำกว่าพันธุ์ Chai Nat 84-1 ได้แก่ สายพันธุ์แท้ F4305 (15.06 RVU) KKCW02 (11.95 RVU) M80 (13.70 RVU) PWHB01 (13.04 RVU) WEWS003 (21.08 RVU) WKA005 (8.79 RVU) WPK018 (6.29 RVU) WKNN016 (9.66 RVU) WSJ003 (8.12 RVU) WTNHGB003 (15.25 RVU) และ YNB01 (11.54 RVU) ลูกผสม CNW142430505 (15.54 RVU) CNW142430519 (13.60 RVU) CNW1504 (15.45 RVU) CNW1537 (14.20 RVU) CNW1602 (13.04 RVU) CNW1608 (13.66 RVU) CNW1614 (16.18 RVU) CNW1627 (13.33 RVU) CNW1643 (12.37 RVU) และ UT1120 (15.91 RVU) ค่าการคินตัวเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัส เมื่อให้ความร้อนแก่แป้งแล้วปล่อยให้เย็นลง แป้งที่มีค่าการคินตัวต่ำเนื้อสัมผัสของแป้งยังคงเหนียวนุ่ม การคินตัวทำให้เกิดการรวมตัวกันของโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินได้โครงสร้างโมเลกุลใหม่หลังการทำให้เย็นตัวลง (Hagenimana *et al.*, 2006) ดังนั้นฟลาวร์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีค่าการคินตัวที่ใกล้เคียงหรือต่ำกว่าข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า

ดังนั้น ลักษณะความเหนียวนุ่มของเนื้อเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวที่ใกล้เคียงหรือดีกว่าข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า ต้องมีสมบัติทางด้านความหนืด คือ ความหนืดสูงสุดมีค่าสูง การแตกตัวของเม็ดแป้งมีค่าสูง แต่การคินตัวของเม็ดแป้งมีค่าต่ำ

Table 1 Pasting properties of various waxy corn flour and SNPs position of 20 lines/varieties from Chai Nat Field Crops Research Center.

Samples	Type of waxy corns	Peak viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Set back (RVU)	SNPs position						
					28	34	55	130	213	403	483
F4305	Inbred	98.45 gh	35.50 gh	15.06 h-k	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
KKCW02	Inbred	74.37 lk	21.79 j-l	11.95 n-r	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
M80	Inbred	82.29 i	38.97 fg	13.70 j-n	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
PWHB01	Inbred	64.29 mn	15.04 ln	13.04 i-k	AA	CC	AA	GG	GG	AA	CT
UTI11	Inbred	94.00 h	20.04 km	32.50 c	GA	CT	AG	GT	GG	AC	TT
UTI20	Inbred	57.08 n	9.45 no	13.62 j-m	GA	CT	AG	GT	GA	AC	CT
UTI22	Inbred	2.91 lk	11.20 mn	60.70 a	AA	CC	GG	GT	GG	AA	TT
WEWS003	Inbred	180.46 a	97.66 a	21.08 e	AA	CC	GG	GG	GG	AA	TT
WKA005	Inbred	38.12 oq	0.37 p	8.79 tu	GG	TT	AA	TT	AA	CC	CC

Samples	Type of waxy corns	Peak viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Set back (RVU)	SNPs position						
					28	34	55	130	213	403	483
WPK018	Inbred	14.12 s	0.37 p	6.29 q	GG	TT	AA	TT	AA	CC	CC
WKNN016	Inbred	34.12 q	0.37 p	9.66 s-u	GG	TT	AA	TT	AA	CC	CC
WSJ003	Inbred	55.00 n	32.62 h	8.12 uv	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
WTNGHB3003	Inbred	75.87 u	19.25 l-n	15.25 h-k	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
YNB01	Inbred	33.91q	0.37 p	11.54 o-s	GG	TT	GG	TT	AA	CC	CC
CNW142430505	Hybrid	110.33 e	42.54 ef	15.54 h-j	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
CNW142430519	Hybrid	99.87 gh	43.04 e	13.04 m-p	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
CNW1504	Hybrid	109.04 ef	56.70 c	15.45 h-j	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
CNW1537	Hybrid	61.04 lm	11.08 mn	14.20 i-m	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
CNW1602	Hybrid	69.08 kl	22.45 j-l	13.04 m-p	GA	CT	AG	GT	GA	AC	CT
CNW1608	Hybrid	98.72 gh	41.85 ef	14.22 i-m	GA	CT	AG	GG	GA	AC	TT
CNW1614	Hybrid	99.77 gh	41.75 ef	16.18 gh	GA	CT	AG	GT	GG	AC	CT
CNW1643	Hybrid	103.33 fg	34.20 h	12.37 m-q	GA	CT	AG	GT	GA	AC	CT
UT1120	Hybrid	9.04 kl	15.12 ln	15.91 g-i	GA	CT	AG	GT	GA	AC	CT
UT1122	Hybrid	114.63 e	23.70 jk	56.12 b	GA	CT	AG	GG	GA	AC	CT
Chai Nat 2	Com. hyb	112.94 e	40.83 ef	17.77 fg	GA	CT	AG	GT	GA	AC	CT
Chai Nat 84-1	Com. hyb	140.83 c	66.45 b	23.29 d	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
Fancy 111	Com. hyb	153.54 b	57.91 c	22.33 de	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
Sweet violet	Com. hyb	58.95 lm	23.12 jk	11.16 p-s	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
Sweet wax 254	Com. hyb	98.12 gh	51.04 d	13.25 l-o	GA	CT	AG	GT	GA	AC	CT
Violet white 926	Com. hyb	56.29 n	25.04 ij	10.37 r-t	AA	CC	AA	GG	GG	AA	TT
CV (%)		2.8	4.2	4.0							

Means within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Com. hyb. = Commercial hybrid.

2. ความผันแปรทางพันธุกรรมลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *Dull*

ผลการวิเคราะห์ขั้นต้นเอ็นเอจำนวน 30 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ผ่านการประเมินสมบัติทางด้านความหนืดแล้ว พบว่าขั้นต้นเอ็นเอที่ได้มีขนาด 1,808-1,812 คู่เบส เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้เทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลสากล GenBank พบว่า มีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องจริง โดยมีความใกล้เคียงร้อยละ ร้อยละ 98.02-98.23 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *Dull* ที่ได้ ประกอบด้วย 3 อินทรอน (อินทรอนที่ 3-5) และ 2 เอ็กซอน (เอ็กซอนที่ 4-5)

เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณเอ็กซอนมาเทียบกัน พบว่า มีความผันแปรทางพันธุกรรมบริเวณเอ็กซอนชนิดสโนปส์ (single nucleotide polymorphisms, SNPs) 7 ตำแหน่ง (Table 1) ได้แก่ ตำแหน่งที่ N28 มีรูปแบบจีโนไทป์ AA>GG>AG ตำแหน่งที่ N34 มีรูปแบบจีโนไทป์ CC>TT>CT N55 มีรูปแบบจีโนไทป์ AA>GG>AG N130 มีรูปแบบจีโนไทป์ GG>TT>GT ตำแหน่งที่ N153 มีรูปแบบจีโนไทป์ GG>AA>GA ตำแหน่งที่ N403 มีรูปแบบจีโนไทป์ AA>CC>AC ตำแหน่งที่ N483 มีรูปแบบจีโนไทป์ CC>TT>CT เห็นได้ว่าพบที่ตำแหน่ง N28 N34 N55 N130 N403 และ N483 ของ

ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสมบัติทางด้านความหนืดใกล้เคียงกับลูกผสมพันธุ์การค้ามีรูปแบบจีโนไทป์ AA/AG CC/CT AA/AG GG/TT GG/GA AA/AC และ CC/CT ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสมบัติทางด้านความหนืดต่ำกว่าลูกผสมพันธุ์การค้า มีรูปแบบจีโนไทป์ GG TT GG TT AA CC และ TT ตามลำดับ

เมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์ของยีน *Dull* ของแต่ละตำแหน่งกับสมบัติทางความหนืดด้วยไค-สแควร์ พบว่า จีโนไทป์ทุกตำแหน่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับความหนืดสูงสุดและการแตกตัวของเม็ดแป้ง (Table 2)

Table 2 Correlation analysis between genotypes and peak viscosity, breakdown and setback using the Pearson chi-square test

Nucleotide Position	Genetic variation	Genotypes	p-value for Pearson chi-square		
			Peak viscosity	Breakdown	Setback
N28	SNPs	AA > GG > AG	0.000	0.000	0.424
N34	SNPs	CC > TT > CT	0.000	0.000	0.424
N55	SNPs	AA > GG > AG	0.000	0.000	0.323
N130	SNPs	GG > TT > GT	0.000	0.000	0.066
N213	SNPs	GG > AA > GA	0.000	0.000	0.332
N403	SNPs	AA > CC > AC	0.000	0.000	0.424
N483	SNPs	CC > TT > CT	0.000	0.000	0.511

P value of ≤ 0.05 was considered statistically significant.

เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณเอ็กซอนมาแปลรหัสเป็นกรดอะมิโน ได้กรดอะมิโน 170 ชนิด เมื่อนำมาเรียงเทียบกัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของลำดับกรดอะมิโนจำนวน 6 ตำแหน่ง (Table 3) ตำแหน่งกรดอะมิโนที่ A9 เป็นกรดอะมิโนชนิดวาเลีน (valine) หรือกรดอะมิโนที่ไม่ทราบชนิดหรือเป็นกรดอะมิโนชนิดใดชนิดหนึ่ง (unknown or any amino acid; X) (valine>X) ตำแหน่งกรดอะมิโนที่ A18 เป็นกรดอะมิโนโพรลีน (proline) หรือกรดอะมิโนที่ไม่ทราบชนิดหรือเป็นกรดอะมิโนชนิดใดชนิดหนึ่ง (unknown or any amino acid; X) (proline>X) ตำแหน่งกรดอะมิโนที่ A43 เป็นกรดอะมิโนชนิดกลูตามิก (glutamic) หรือกรดแอสปาทิก (aspartic acid) หรือกรดอะมิโนที่ไม่ทราบชนิดหรือเป็นกรดอะมิโนชนิดใดชนิดหนึ่ง (unknown or any amino acid; X) (glutamic>aspartic acid>X) ตำแหน่งกรดอะมิโนที่ A71 เป็นกรดอะมิโนชนิดอาร์จินีน (arginine) หรือไลซีน (lysine) หรือกรดอะมิโนที่ไม่ทราบชนิด หรือเป็นกรดอะมิโนชนิดใดชนิดหนึ่ง (unknown or any amino acid; X) (arginine>lysine>X) ตำแหน่งกรดอะมิโนที่ A134 เป็นกรดอะมิโนชนิดซีรีน (serine) หรือกรดอะมิโนที่ไม่ทราบชนิด หรือเป็นกรดอะมิโนชนิดใดชนิดหนึ่ง (unknown or any amino acid; X) (serine>X) ตำแหน่งกรดอะมิโนที่ A161 เป็นกรดอะมิโนชนิดวาเลีน หรืออะลานีน (alanine) หรือกรดอะมิโนที่ไม่ทราบชนิด หรือเป็นกรดอะมิโนชนิดใดชนิดหนึ่ง (unknown or any amino acid; X) (alanine>X) ความผันแปรทางพันธุกรรมรูปแบบสปีส์ 7 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่ง N28 N34 N55 N130 N213

N403 และ N483 เมื่อถูกถอดรหัสและถูกแปลรหัสทางพันธุกรรมแล้ว มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนทั้งหมด 6 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่ง A9 A18 A43 A71 A134 และ A161 ตามลำดับ ยกเว้น สนิปส์ตำแหน่งที่ N28 ไม่มีเกิดการเปลี่ยนแปลงของกรด อะมิโน

เมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างกรดอะมิโนที่เปลี่ยนแปลงกับสมบัติทางความหนืด พบว่า กรดอะมิโนที่เปลี่ยนแปลงไปในตำแหน่งที่ A43 A71 และ A161 มีความสัมพันธ์กับความหนืดสูงสุด และการแตกตัวของเม็ดแป้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนตำแหน่งที่ A43 A71 และ A161 เกิดจากการแปลรหัสของจีโนไทป์ในตำแหน่ง N130 N213 และ 483 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Correlation analysis between amino acid variation and peak viscosity, breakdown and setback using the Pearson chi-square test

Amino acid positions	Amino acid variation*	p-value for Pearson chi-square		
		Peak viscosity	Breakdown	Setback
A9	Val > X	0.488	0.114	0.114
A18	Pro > X	0.147	0.147	0.152
A43	Glu > Asp > X	0.001	0.001	0.424
A71	Arg > Lys > X	0.000	0.000	0.234
A134	Serine > X	0.114	0.114	0.215
A161	Val > Ala > X	0.000	0.000	0.424

* Val: Valine, Pro: Proline, Glu: Glutamine, Asp: Aspartic acid, Arg: Arginine, Lys: Lysine, Ser: Serine, Ala: Alanine and X: Unknown or any amino acid.

P value of ≤ 0.05 was considered statistically significant.

3. การตรวจสอบสนิปส์ของยีน *Dull* ด้วยเทคนิค HRM

สารสกัดดีเอ็นเอที่ได้จากข้าวโพดข้าวเหนียว 30 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ผ่านประเมินสมบัติทางด้านความหนืดและศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมแล้วถูกนำมาใช้เป็นสารพันธุกรรมต้นแบบในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ไพรเมอร์ Du-1F/1R ถูกออกแบบจากตำแหน่งสนิปส์ที่ N130 มีลำดับโอลิโกนิวคลีโอไทด์ ดังนี้ Du-1F (5'-CCAGGGAGTGCAAGGAATT A-3') และ Du-1R (5'-CTCCTCTCTTGTTGAAG CCT-3') จากการทดสอบความสามารถในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค PCR พบว่าไพรเมอร์นี้ให้ผลความสำเร็จร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่าถึงความไว (sensitivity) ในการทำปฏิกิริยา ส่วนผสมของการทำปฏิกิริยาและสภาวะที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอมีความเหมาะสม เมื่อวิเคราะห์จีโนไทป์ของสนิปส์ *Dull* ตำแหน่งสนิปส์ที่ N130 พบว่า สามารถจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีจีโนไทป์รูปแบบ homozygous: GG, heterozygous: GT และ homozygous: TT ได้ตรงกับข้อมูลการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ แสดงให้เห็นถึงความจำเพาะ (specificity) ของไพรเมอร์ และแต่ละรูปแบบจีโนไทป์มีช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ดีเอ็นเอสายคู่คลายเกลียวแยกออกจากกัน เท่ากับ 78.21-78.66°C, 77.22-78.45°C และ 78.10-78.19°C ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่งจีโนไทป์รูปแบบ GG และ GT เป็นรูปแบบจีโนไทป์ที่พบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวที่ใกล้เคียงกับลูกผสมพันธุ์การค้า

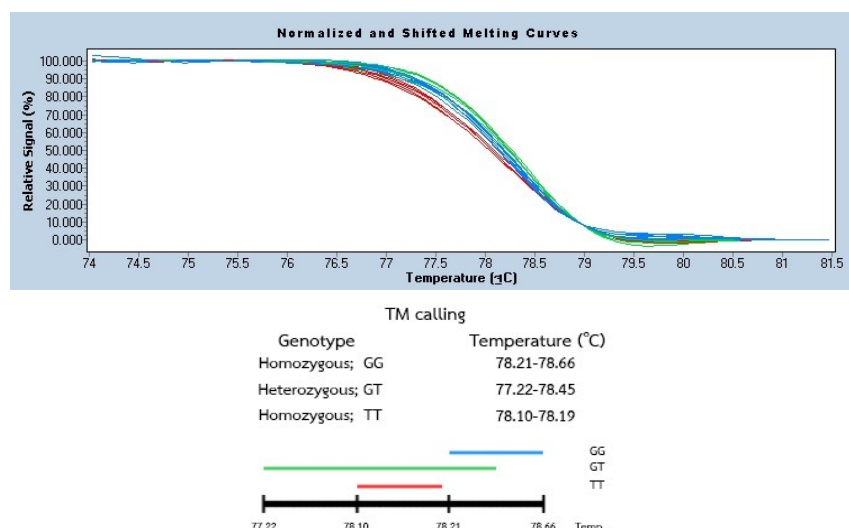


Figure 1 Genotyping of SNPs N130 Dull. The three groups were well distinguished: homozygous; GG (blue) heterozygous: GT (green) and homozygous; TT (red) in thirty waxy corns.

การวิเคราะห์ความถี่อัลลีลของยีน *Dull* เฉพาะตำแหน่งนิวคลีโอไทด์ที่ N130 พบ 2 รูปแบบ ได้แก่ อัลลีล G (0.700) และ T (0.300) ซึ่งอัลลีลที่มีความถี่สูงหรืออัลลีลที่พบบ่อย (common allele) คือ อัลลีล G ลูกผสมพันธุ์การค้า พบมีอัลลีล G (0.900) มากกว่า T (0.100) อย่างชัดเจน ความถี่ของอัลลีลของสายพันธุ์แท้ และลูกผสมพบอัลลีล G (0.607) และ (0.727) ตามลำดับ สูงกว่าอัลลีล T 0.393 และ 0.273 ตามลำดับ (Table 4) ความถี่ของยีนในแต่ละประชากรอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัลลีลพื้นฐานของแต่ละประชากรที่ส่งผลต่อความถี่อัลลีลได้

เมื่อพิจารณาความถี่จีโนไทป์รูปแบบ GG GT และ TT ของยีน *Dull* พบว่าสายพันธุ์แท้และลูกผสมพันธุ์การค้ามีความถี่จีโนไทป์รูปแบบ GG 0.500 และ 0.800 ตามลำดับ สูงกว่า GT 0.214 และ 0.200 ตามลำดับ ในขณะที่ลูกผสมมีความถี่จีโนไทป์ GT (0.546) สูงกว่า GG (0.455) ตรวจพบความถี่จีโนไทป์รูปแบบ TT (0.286) เฉพาะในข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้เท่านั้น (Table 4)

Table 4 The genotype and allele frequencies of *Dull* gene in waxy corns

Types	Genotype frequency			Allele frequency	
	GG	GT	TT	G	T
Waxy corn Inbreds	0.500 (7)	0.214 (3)	0.286 (4)	0.607	0.393
Waxy corn hybrids	0.455 (5)	0.545 (6)	0	0.727	0.273
Commercial waxy corn hybrid	0.800 (4)	0.200 (1)	0	0.9	0.1
Total	0.533 (16)	0.333 (10)	0.133 (4)	0.7	0.3

(n) = Number of random sampling waxy corn.

เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์รูปแบบ GG GT และ TT กับค่าความหนืดสูงสุด การแตกตัวของเม็ดแป้ง และการคั่นตัวของแป้ง พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ดังนั้น จีโนไทป์รูปแบบ GG ซึ่งพบในข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสมบัติทางด้านความหนืดใกล้เคียงกับลูกผสมพันธุ์การค้า มีความสัมพันธ์ในทางบวกระดับต่ำกับความหนืดสูงสุด ($r = 0.426^{**}$) และการแตกตัวของเม็ดแป้ง ($r = 0.426^{**}$) แม้ว่าจะมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ แต่ก็สามารถใช้เป็นปัจจัยหรือตัวบ่งชี้ที่มีความสำคัญในการคัดเลือกข้าวโพดข้าวเหนียวได้ ซึ่งมีรายงานผลการศึกษาคัดเลือกประเภทของข้าวตามระดับการย่อยด้วยเอนไซม์โดยใช้ตัวแปรหรือปัจจัยของสมบัติทางด้านเคมีกายภาพและอื่นๆ พบว่า ข้าวในกลุ่มย่อยด้วยเอนไซม์ได้ช้า (slowly digestible starch; SDS) มีเพียงความคงตัวของแป้งสุกเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับต่ำ ($r = 0.459^*$) (Patindol *et al.*, 2010) ในขณะที่จีโนไทป์รูปแบบ TT ซึ่งพบในข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสมบัติทางด้านความหนืดต่ำกว่าลูกผสมพันธุ์การค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความหนืดสูงสุด และการแตกตัวของเม็ดแป้ง ($r = -1.000$) ส่วน GT ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนืดสูงสุด และการแตกตัวของเม็ดแป้ง และจีโนไทป์ทั้ง 3 รูปแบบไม่มีความสัมพันธ์กับการคั่นตัวของเม็ดแป้ง (Table 5) สอดคล้องกับวิจิตรและวชิรา (2563) ที่รายงานว่าค่าความหนืดสูงสุดและค่าการแตกตัวของเม็ดแป้งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับความเหนียวนุ่มของข้าวโพดข้าวเหนียว

แสดงให้เห็นว่าจีโนไทป์รูปแบบ GG มีแนวโน้มที่จะผลต่อลักษณะความเหนียวนุ่มที่ดีของข้าวโพดข้าวเหนียวในทิศทางที่ทำให้ลักษณะคุณภาพการบริโภคที่ดี ขณะที่จีโนไทป์รูปแบบ TT มีผลต่อลักษณะความเหนียวนุ่มของข้าวโพดข้าวเหนียวในทิศทางที่ทำให้ลักษณะคุณภาพการบริโภคที่ไม่ดีพอดังนั้นในการคัดเลือกข้าวโพดข้าวเหนียวเพื่อใช้เป็นพันธุ์พ่อและแม่ในการสร้างลูกผสมนั้น ควรคัดเลือกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีจีโนไทป์รูปแบบ GG ที่ตำแหน่ง N130 ของยีน *Dull* เพื่อเพิ่มความถี่ของจีโนไทป์และทำให้สามารถสร้างลูกผสมที่มีลักษณะเหนียวนุ่มใกล้เคียงหรือดีกว่าพันธุ์การค้า

Table 5 Bivariate correlations using Pearson correlation coefficient among peak viscosity, breakdown and setback in genotype position at N130

Genotype	Peak viscosity	Breakdown	Setback
GG	0.426**	0.426**	0.12
GT	0.310	0.310	-0.243
TT	-1.000**	-1.000**	0.154

** Correlation is significant at the $p \leq 0.01$ level.

4. การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของเครื่องหมายสปีส์

4.1 การตรวจสอบรูปแบบจีโนไทป์ด้วยเทคนิค HRM

พบว่าสามารถจำแนกรูปแบบจีโนไทป์ได้ 3 จีโนไทป์ และช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ดีเอ็นเอสายคู่คลายเกลียวแยกออกจากกันของจีโนไทป์ ดังนี้ รูปแบบจีโนไทป์ homozygous: GG (78.26-78.85°C) รูปแบบจีโนไทป์ heterozygous: GT (77.54-78.78°C) และรูปแบบจีโนไทป์ homozygous: TT (78.11-78.21°C) (Figure 2) แสดงให้เห็นได้ว่าเครื่องหมายสปีส์ Du-1F/1R นั้นสามารถจำแนกรูปแบบจีโนไทป์ได้ 3 รูปแบบ

และช่วงของอุณหภูมิที่ทำให้เอ็นเอคลายเกลียวแยกออกจากกันมีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในข้าวโพดข้าวเหนียวจากก่อนหน้านี้ จึงเป็นการยืนยันได้ว่าเครื่องหมายสนิปส์ Du-1F/1R มีแม่นยำในจำแนกจีโนไทป์ตำแหน่งนิวคลีโอไทด์ที่ 130 ของยีน *Dull*

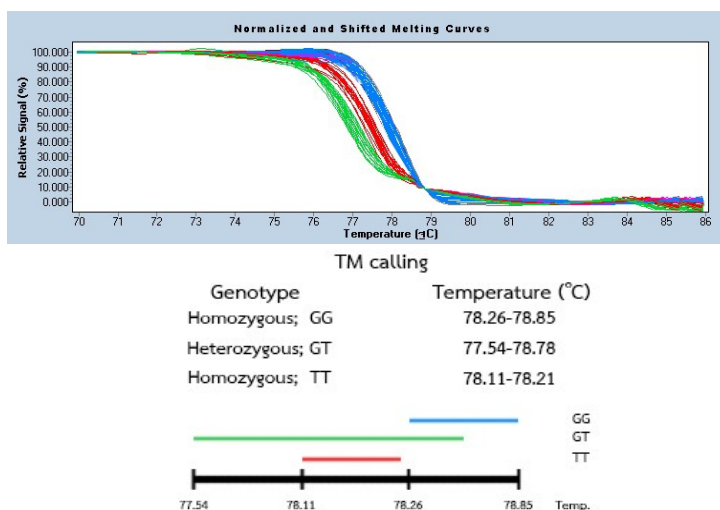


Figure 2 Genotyping of SNPs N130 Dull. The three groups were well distinguished: homozygous; GG (blue) heterozygous: GT (green) and homozygous; TT (red) in 108 waxy corns.

4.2 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์จีโนไทป์ด้วยเทคนิค HRM กับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีรูปแบบจีโนไทป์ GG GT และ TT พบว่า ทั้งสองเทคนิคมีรูปแบบจีโนไทป์ตำแหน่งที่ N130 เหมือนกันร้อยละ 100 (Table 6) แสดงให้เห็นว่าเครื่องหมายสนิปส์ ส่วนผสมและขั้นตอนในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ สำหรับการตรวจหาสนิปส์มีความถูกต้องและแม่นยำ จากผลการวิจัยนี้เห็นได้ชัดเจนว่าเครื่องหมายสนิปส์ Du-1F/1R สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่มีลักษณะเหนียวนุ่ม ควรใช้จีโนไทป์ GG ในการคัดเลือกเพื่อให้ได้ลูกผสมที่มีค่าความหนืดสูงสุดใกล้เคียงหรือสูงกว่าข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้าได้

Table 6 Comparison of accuracy between the genotype position at N130 using HRM technique and DNA sequencing

Genotype position at N130	Number of samples	HRM (%)	DNA sequencing, (%)
Homozygous; GG	8	26.67	26.67
Heterozygous, GT	12	40.00	40.00
Homozygous; TT	10	33.33	33.33
Total	30	100	100

สรุปผลการทดลอง

เครื่องหมายสนิปส์ Du-1F/1R เป็นเครื่องหมายสนิปส์ที่มีความแม่นยำในการตรวจสอบจีโนไทป์ของข้าวโพดข้าวเหนียวที่ตำแหน่ง N130 ของยีน *Dull* ซึ่งจีโนไทป์รูปแบบ GG สัมพันธ์กับลักษณะความเหนียวนุ่มของเนื้อเมล็ดในข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้ และข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมที่มีความใกล้เคียงกับข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้าซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ในขณะที่รูปแบบจีโนไทป์ TT ตรวจพบได้ในข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้เท่านั้น และมีลักษณะความเหนียวนุ่มของเนื้อเมล็ดต่ำกว่าข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า การใช้เครื่องหมายสนิปส์ Du-1F/1R ในการตรวจสอบยีน *Dull* ในข้าวโพดข้าวเหนียวสายพันธุ์แท้ และข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมตำแหน่งที่ N130 ควรใช้รูปแบบจีโนไทป์ GG เพื่อให้ได้เนื้อเมล็ดที่มีลักษณะเหนียวนุ่มใกล้เคียงกับข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมพันธุ์การค้า

การนำไปใช้ประโยชน์

- 1) เป็นเครื่องมือในการประเมินสายพันธุ์แท้ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีความเหมาะสมเพื่อนำมาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่ของคู่ผสม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกในโครงการการปรับปรุงพันธุ์
- 2) สามารถใช้คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีลักษณะเหนียวนุ่มได้ตั้งแต่รุ่นชั่วแรกๆ ของการคัดเลือก ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ที่มีสายพันธุ์จำนวนมาก ช่วยลดระยะเวลา พื้นที่ปลูก และแรงงาน
- 3) ใช้ติดตามตำแหน่งจีโนไทป์ได้ในทุกชั่วรุ่นของข้าวโพดข้าวเหนียว ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวของกรมวิชาการเกษตร

คำขอบคุณ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)

เอกสารอ้างอิง

- คุณุพล เกษไชยสง และ กมล เลิศรัตน์. 2558. การประยุกต์ใช้เครื่องวัดความหนืดแบบอิงยวดในการประเมินสายพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวลูกผสมเดี่ยว. *แก่นเกษตร*. 43(ฉบับพิเศษ 1): 888-893.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล และวชิรญา เหลียวตระกูล. 2563. ผลของวิธีการดัดแปรแป้งด้วยกรดและฟรีเจลาติในเซชันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งกระจับ. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*. 15(2): 82-95.
- ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล กิตติภาพ วายุภาพ อีรุฒิ วงศ์วรรัตน์ วรขมน มงคล สุบิน ศรีวิชัย และ ปาริฉัตร หงส์ประภาส. 2565. การคัดเลือกข้าวโพดข้าวเหนียวด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด. แหล่งข้อมูล: [doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2021/04/341.7.การคัดเลือกข้าวโพดข้าวเหนียวด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล.pdf](https://doi.org/10.24645/2021.04.341.7). สืบค้น: วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565.
- สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2564. สถานการณ์พืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญ. หน้า 26-30. ใน: เอกสารการประชุมติดตามและแถลงผลงานวิจัย สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ประจำปี 2565. วันที่ 7-8 กันยายน 2565. ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี.
- อุทัยวรรณ ทองทั้งวงศ์. 2553. การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวสาลีในผลิตภัณฑ์เค้ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 732 หน้า.
- Cao, H. M.G. James and A.M. Myers. 2000. Purification and characterization of solution starch synthases from maize endosperm. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 373: 135-146.
- Hagenimana, A., X. Ding and T. Fang. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*. 43(1): 38-46.
- Ketthaisong, D., B. Suriarn, R. Tangwongchai and K. Lertrat. 2014. Combining ability analysis in complete diallel cross of waxy corn (*Zea mays* var. *ceratina*) for starch pasting viscosity characteristics. *Scientia Horticulturae*. 175: 229-235.
- Newport Scientific. 1997. Operation manual for the series 4 rapid visco analyzer. New South Wales: Newport Scientific Pty, Ltd. 26 p.
- Patindol, J., H. Guraya, E. champagne, M-H. Chen and A. McClung. 2010. Relationship of cooked-rice nutritionally important starch fractions with other physicochemical properties. *Starch/starke*. 62: 246-256.
- Zady, M.F. 2000. Correlation and simple least squares regression. Available at: <https://www.westgard.com/lesson42.htm>. Accessed: August 21, 2022.

ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการระบุเอกลักษณ์พริกสายพันธุ์ไทย

DNA Barcoding for Thai Chilli Identification

ธีรภัทร เหลืองศุภบูลย์¹ อภิญญา วงศ์เปีย¹ กัญญาภรณ์ พิพิธแสงจันทร์¹ ปิยรัตน์ ธรรมกิจวัฒน์¹

Theerapat Luangsuphabool¹ Aphinya Wongpia¹

Kunyaporn Pipithsangchan¹ Piyarat Thammakijawat¹

บทคัดย่อ

พริกจัดอยู่ในสกุล *Capsicum* เป็นพืชปลูกที่สำคัญและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ซึ่งพริกหลากหลายสายพันธุ์นิยมปลูกหรือนำมาใช้ประโยชน์แตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น การศึกษาข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมมีส่วนช่วยระบุเอกลักษณ์ประจำพันธุ์และสนับสนุนการใช้ประโยชน์ของพริกแต่ละสายพันธุ์ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการจัดจำแนกชนิดหรือสายพันธุ์พริกและศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างชนิดและสายพันธุ์พริกในประเทศไทย โดยได้เก็บรวบรวมตัวอย่างพริกสายพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 49 ตัวอย่างพันธุ์ นำมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา จัดทำพรรณไม้แห้งอ้างอิง เก็บรักษาเมล็ดเชื้อพันธุ์ และศึกษาข้อมูลทางพันธุกรรมด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการด้วยวิธี maximum likelihood และ Bayesian inference กับดีเอ็นเอบาร์โค้ดตำแหน่ง internal transcribed spacer (ITS) พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มพริกที่พบในประเทศไทยได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่ *Capsicum annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq. และ *C. frutescens* L. และพบว่า ITS เป็นตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป็นดีเอ็นเอบาร์โค้ดของพริก โดยสามารถใช้จัดจำแนกความแตกต่างระดับชนิดและระดับสายพันธุ์ของพริกในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มพริก *C. annuum* ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางพันธุกรรม พบว่า พริกกลุ่มนี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงและสามารถแบ่งได้ถึง 14 haplotypes และยังพบว่ากลุ่มพริกบางช่วงมีความแปรผันทางพันธุกรรมที่มีหลากหลายสูงถึง 5 haplotypes โดยความแปรผันนั้นไม่ขึ้นกับลักษณะทางสัณฐานวิทยา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าดีเอ็นเอบาร์โค้ดตำแหน่ง ITS สามารถใช้ในการระบุเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมเฉพาะตัวของสายพันธุ์พริกบางช่วงแต่ละตัวอย่างพันธุ์ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ดีเอ็นเอบาร์โค้ดในการระบุเอกลักษณ์ประจำพันธุ์เพื่อรองรับการเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของพริกบางช่วงในอนาคต

คำสำคัญ: พริก ดีเอ็นเอบาร์โค้ด วิวัฒนาการชาติพันธุ์ระดับโมเลกุล ความหลากหลายทางพันธุกรรม

¹ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

¹ Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Rangsit, Thanyaburi, Pathum Thani 12110

ABSTRACT

Chilli is a plant within genus *Capsicum*, which an important for commercial vegetable crop. Several of *Capsicum* varieties were cultivated and difference for utilized in several localities in Thailand. Study on genetic diversity helps to identification that specific in the variety and will supports to utilization. The aim of this study is to using DNA barcodes for identify *Capsicum* species and varieties and to understanding the genetic relationships among species and varieties of the chilli in Thailand. Forty-nine of chilli samples were collected from various localities of Thailand. All samples were investigated on morphological characters, herbarium specimens, seeds conservation and molecular analysis. Molecular phylogeny was implemented by maximum likelihood and Bayesian inference protocols. The phylogenetic tree based on *ITS* region divided the Thai *Capsicum* into 4 species as *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq. and *C. frutescens* L. The *ITS* locus was suitable as DNA barcoding of *Capsicum*, which can be distinguish within Thai *Capsicum* species and variety levels, especially in *C. annuum* group. Phylogeny and genetic diversity were analyses that specific on *C. annuum* group. The results show high genetic diversity within *C. annuum* group, which were divided into 14 haplotypes. In addition, *C. annuum* (Bang Chang) group showed a high genetic variation and haplotype diversity as 5 haplotypes, which this haplotype diversity did not related to morphological characters. This study indicated that DNA barcode based on *ITS* gene was used for delimitation to *C. annuum* variety that specific in each Bang Chang samples. Finally, DNA barcode demonstrated to an importance for identities the variety of Bang Chang that will be supporting to Geographical Indications of this variety in the future.

Key words: chilli, DNA barcoding, molecular phylogeny, genetic diversity

คำนำ

พริก (chilli) เป็นพืชที่จัดอยู่ในสกุล *Capsicum* วงศ์ Solanaceae พบพืชสกุลนี้มากกว่า 35 ชนิด และเป็นพืชพื้นเมืองเขตร้อนของทวีปอเมริกา (García *et al.*, 2013) ในปัจจุบันพริกที่นิยมปลูกและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงมี 3 ชนิด ได้แก่ *C. annuum* L., *C. chinense* Jacq. และ *C. frutescens* L. (García *et al.*, 2016) ใช้ประโยชน์ทั้งบริโภคแบบพริก ผัก เป็นเครื่องเทศปรุงรสอาหาร ใช้ในทางการแพทย์ ใช้ในการผลิตแก๊สน้ำตา และปลูกเป็นไม้ประดับ สำหรับพริกกลุ่ม *C. annuum* และ *C. frutescens* เป็นกลุ่มพริกที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุดในหลายประเทศของทวีปเอเชียและประเทศไทย (Sun *et al.*, 2014) สำหรับประเทศไทยพริกหลายชนิดนำมาใช้เป็นส่วนประกอบหลักของ

ตำรับอาหารไทย พริกหลายสายพันธุ์มีชื่อเสียง มีความนิยมปลูก และนำมาใช้ประโยชน์มีความจำเพาะในแต่ละท้องถิ่น (Kaewdoungeedee and Tanee, 2013) การจัดจำแนกชนิดและสายพันธุ์พริกยากที่จัดจำแนกจากลักษณะสัณฐานวิทยาเนื่องจากมีหลายลักษณะที่คล้ายคลึงกัน (Sithiwong *et al.*, 2005; Ince *et al.*, 2010) วิธีดีเอ็นเอบาร์โค้ด (DNA barcoding) เป็นเทคนิคทางชีวโมเลกุลชนิดหนึ่งที่ใช้ในการจำแนกชนิดสิ่งมีชีวิต โดยในพืชนิยมใช้กลุ่มยีนบนคลอโรพลาสต์และนิวเคลียส ได้แก่ *maturase K (matK)* *ribulose-bisphosphate carboxylase (rbcL)* และ *internal transcribed spacers (ITS)* เป็นต้น ดีเอ็นเอบาร์โค้ดได้รับความสนใจมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพ และความแม่นยำ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุชนิดของสิ่งมีชีวิตได้ในระยะเวลาอันสั้น ช่วยยืนยันการจำแนกชนิดด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาให้เป็นไปอย่างถูกต้อง อีกทั้งยังสามารถนำดีเอ็นเอบาร์โค้ดมาใช้ในการระบุเอกลักษณ์ประจำพันธุ์พืชได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ของวิวัฒนาการชาติพันธุ์และความหลากหลายทางพันธุกรรมของพริก และทดสอบประสิทธิภาพของดีเอ็นเอบาร์โค้ดในระบุเอกลักษณ์ประจำพันธุ์พริกในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เก็บรักษา และการจัดทำพรรณไม้แห้งอ้างอิง

รวบรวมตัวอย่างพริกพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์การค้าจากแหล่งปลูกในภูมิภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย จำนวน 49 ตัวอย่างพันธุ์ นำมาปลูกในโรงเรือนที่สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ จ.ปทุมธานี ให้ต้นพริกเจริญเติบโตเต็มที่ ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพริกด้วยการเก็บลักษณะของต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด และรูปแบบการเจริญเติบโต และนำลักษณะดังกล่าวมาใช้ในการจัดจำแนกชนิดพันธุ์พริกเบื้องต้นตามวิธีของ Eshbaugh (2012)

สำหรับการเก็บรักษาเชื้อพันธุกรรมของพริก โดยนำผลพริกแกะเอาเมล็ดออก เมล็ดที่ได้จะถูกล้างทำความสะอาด และนำไปลดความชื้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 15% RH เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์พริกแต่ละตัวอย่างโดยฝากเก็บไว้ในธนาคารเชื้อพันธุ์พืช สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร การจัดทำพรรณไม้แห้งอ้างอิงโดยนำต้นพริกมาทับด้วยแผ่นไม้และนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำส่งไปลงทะเบียนและเก็บรักษาไว้ที่พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพืชกรุงเทพมหานคร (BANGKOK HERBARIUM: BK) สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร เพื่อให้มีข้อมูลลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ตัวอย่างพรรณไม้แห้งอ้างอิง ตัวอย่างเชื้อพันธุ์พืชที่มีชีวิต สอดคล้องกับข้อมูลทางพันธุกรรมของพริกที่ได้จากดีเอ็นเอบาร์โค้ด โดยข้อมูลตัวอย่างพันธุ์พริกและรหัสพรรณไม้แห้งอ้างอิงของพริกแสดงใน Table 1

Table 1 Samples information and source of chilli (*Capsicum*) were collected from various localities in Thailand (49 samples).

ID	Scientific name	Local name	Source	Herbarium accession number (BK)
CAP1	<i>C. annuum</i>	Phrik Pichit 05	Nan province	BK84473
CAP2	<i>C. annuum</i>	Phrik Pichit 25-1-1-1	Nan province	BK84436
CAP3	<i>C. annuum</i>	Phrik Pichit 27-2-1-1-1	Nan province	BK84449
CAP6	<i>C. annuum</i>	Phrik Dor Rueangsup	Nan province	BK84433
CAP7	<i>C. annuum</i>	Phrik Yod Son #2	Nan province	BK84446
CAP9	<i>C. annuum</i>	Phrik Chi Fa #1	Nan province	BK84477
CAP10	<i>C. annuum</i>	Phrik Lueang Nam Som	Nan province	BK84478
CAP11	<i>C. annuum</i>	Phrik Chi Fa	Nan province	BK84480
CAP12	<i>C. annuum</i>	Phrik Chi Fa #7	Nan province	BK84482
CAP13	<i>C. annuum</i>	Phrik Chi Fa #8-1	Nan province	BK84426
CAP14	<i>C. annuum</i>	Phrik Chi Fa #8-2	Nan province	BK84472
CAP15	<i>C. annuum</i>	Phrik Bang Chang 1	Ratchaburi province	BK84437
CAP16	<i>C. annuum</i>	Phrik Bang Chang 2	Ratchaburi province	BK84428
CAP17	<i>C. annuum</i>	Phrik Bang Chang 3	Ratchaburi province	BK84429
CAP18	<i>C. annuum</i>	Phrik Bang Chang 4	Ratchaburi province	BK84471
CAP19	<i>C. annuum</i>	Phrik Bang Chang 5	Ratchaburi province	BK84438
CAP20	<i>C. annuum</i>	Phrik Bang Chang 6	Ratchaburi province	BK84448
CAP22	<i>C. annuum</i>	Phrik Dueai Kai	Chang Mai province	BK84445
CAP23	<i>C. annuum</i>	Phrik Yuak khaw	Sakon Nakhon Province	BK84444
CAP24	<i>C. annuum</i>	Phrik Num Man	Sakon Nakhon Province	BK84443
CAP26	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu Suan	Sakon Nakhon Province	BK84488
CAP27	<i>C. annuum</i>	Phrik Lueang	Sakon Nakhon Province	BK84504
CAP28	<i>C. frutescens</i>	Phrik Soi Kai	Sakon Nakhon Province	BK84496
CAP29	<i>C. annuum</i>	Phrik Tum	Rayong province	BK84430
CAP30	<i>C. annuum</i>	Phrik Dum Rayong	Rayong province	BK84435
CAP33	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu	Pathum Thani province	BK84467
CAP34	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu นก. 8-6-10-1-2	Bangkok province	BK84469
CAP35	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu นก. 1	Chon Buri Province	BK84439
CAP36	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu	Kamphaeng Phet province	BK84465
CAP37	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu khaw	Bangkok province	BK84485
CAP44	<i>C. baccatum</i>	Phrik Lemon Drop	Nan province	BK84486
CAP46	<i>C. chinense</i>	Bhut Jolokia	Nan province	BK84442
CAP52	<i>C. frutescens</i>	Phrik Lueang Phatthalung	Phatthalung province	BK84453
CAP53	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu	Nan province	BK84424
CAP55	<i>C. chinense</i>	Carolina Reaper	Nan province	BK84460
CAP56	<i>C. chinense</i>	Bhut Jolokia	Nan province	BK84425
CAP57	<i>C. chinense</i>	Ghost Chili	Ratchaburi province	BK84422
CAP67	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu Suan Yala 1	Yala province	BK84475
CAP68	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu Suan Yala 2	Yala province	BK84493
CAP69	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu Suan Yala 3	Yala province	BK84492
CAP71	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu Suan Yala 13	Yala province	BK84494
CAP72	<i>C. frutescens</i>	Phrik karieng 1	Kanchanaburi province	BK84501
CAP73	<i>C. frutescens</i>	Phrik karieng 3	Kanchanaburi province	BK84503
CAP74	<i>C. frutescens</i>	Phrik karieng 4	Kanchanaburi province	BK84500

ID	Scientific name	Local name	Source	Herbarium accession number (BK)
CAP75	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu khaw	Phitsanulok province	BK84456
CAP80	<i>C. frutescens</i>	Phrik karieng Yao	Nan province	BK84455
CAP83	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu	Pathum Thani province	BK84487
CAP85	<i>C. frutescens</i>	Phrik karieng	Nan province	BK84502
CAP86	<i>C. frutescens</i>	Phrik khinu	Pathum Thani province	BK84490

2. การสกัดจีโนมิกส์ดีเอ็นเอ

เก็บใบอ่อนพริกที่มีอายุ 2-3 สัปดาห์ จำนวน 1-2 ใบ มาสกัดจีโนมิกส์ดีเอ็นเอด้วยวิธี CTAB ตัดแปลงจากวิธีของ Cubero *et al.* (2002) โดยเตรียมใบพริกน้ำหนักประมาณ 20-50 มิลลิกรัม และ stainless steel beads ขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 10 เม็ด ใส่ลงในหลอดไมโครเซนตริฟิวส์ขนาด 2.0 มิลลิลิตร แช่ในไนโตรเจนเหลว เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่อง Mixer MM 400 ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ เป็นเวลา 2 นาทีหรือจนกว่าตัวอย่างจะละเอียด เติม CTAB extraction buffer หลอดละ 400 ไมโครลิตร และเติม 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v) PVPP (polyvinyl polypyrrolidone) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เติมสารละลายคลอโรฟอร์ม/ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (chloroform / isoamyl alcohol) ในอัตราส่วน 24 : 1 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex) ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ถ่ายส่วนใสที่อยู่ชั้นบนใสในหลอดไมโครเซนตริฟิวส์หลอดใหม่ จากนั้นเติมสารละลายคลอโรฟอร์ม/ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (chloroform / isoamyl alcohol) ในอัตราส่วน 24 : 1 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร อีกครั้ง ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องเขย่าผสมสาร ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ถ่ายส่วนใสที่อยู่ชั้นบนใสในหลอดไมโครเซนตริฟิวส์หลอดใหม่ เติมสารละลาย 2-โพรพานอล (isopropanol) ปริมาณ 0.6 เท่า ของปริมาตรส่วนใสในแต่ละหลอด ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้งให้เหลือเพียงตะกอน เติมเอทานอล ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เทส่วนใสทิ้ง ทิ้งตะกอนให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และละลายตะกอนดีเอ็นเอด้วย TE buffer ปริมาตร 50 ไมโครลิตร

3. การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์ และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์

นำจีโนมิกส์ดีเอ็นเอที่สกัดได้มาทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่บริเวณดีเอ็นเอบาร์โค้ดตำแหน่ง ITS สำหรับปฏิกิริยาลูกโซ่พีซีอาร์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ประกอบด้วย ดีเอ็นเอต้นแบบ (50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร) 2 ไมโครลิตร 5X PCR buffer 2 ไมโครลิตร 25 มิลลิโมลาร์ $MgCl_2$ 1 ไมโครลิตร 2 มิลลิโมลาร์ dNTP 1 ไมโครลิตร ไพรเมอร์ (20 ไมโครโมลาร์) อย่างละ 0.5 ไมโครลิตร และ *Pfu* DNA polymerase ยี่ห้อ Vivantis (5 unit) 0.1 ไมโครลิตร จากนั้นตั้งโปรแกรมการทำงานของเครื่อง PCR thermal cycle ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วย 94 องศาเซลเซียส 1 นาที 54 องศาเซลเซียส 1 นาที สำหรับคู่ไพรเมอร์ ITS1

(TCCGTAGGTGAACCTGCGG) และ ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) (White *et al.*, 1990) และ 72 องศาเซลเซียส 1 นาที จำนวน 35 รอบ และสุดท้าย 72 องศาเซลเซียส 5 นาที 1 รอบ จากนั้นตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ด้วยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิสบนอะกาโรสเจล 1.5 เปอร์เซ็นต์ ใน 1X TBE buffer ที่เติม SERVA DNA Stain G ปริมาตร 0.1 ไมโครลิตรต่ออะกาโรสเจล 10 มิลลิตร โดยใช้กระแสไฟฟ้าความต่างศักย์ 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที และใช้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอมาตรฐานขนาด 100 bp และ 1.5 kb DNA ladder ตรวจสอบขนาดชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 312 นาโนเมตร จากนั้นผลผลิตพีซีอาร์มาทำให้บริสุทธิ์ด้วยชุด FavorPrep GEL/ PCR Purification Kit (Favorgen) และนำไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

4. การวิเคราะห์วิวัฒนาการชาติพันธุ์ระดับโมเลกุล

นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของพริกจำนวน 49 ตัวอย่างพันธุ์ และลำดับนิวคลีโอไทด์ของพริกชนิดใกล้เคียงที่ตำแหน่ง *ITS* จากฐานข้อมูล GenBank มาร่วมในการวิเคราะห์ และใช้เป็น outgroup โดยนำลำดับนิวคลีโอไทด์มาจัดเรียงใหม่ (DNA sequence alignment) ด้วย MUSCLE (Edgar, 2004) ปรับเรียงใหม่อีกครั้งด้วยโปรแกรม MEGA 11 (Tamura *et al.*, 2021) จากนั้นนำชุดข้อมูลของดีเอ็นเอบาร์โค้ดมาวิเคราะห์หา nucleotide substitution model ด้วยโปรแกรม jModelTest v.2.1.4 (Darriba *et al.*, 2012) ร่วมกับ Akaike information criterion (AIC) ซึ่งโมเดลที่ดีที่สุดสำหรับบริเวณ *ITS* คือ general time reversible + gamma distribution (GTR+G) model โดยชุดข้อมูลของดีเอ็นเอบาร์โค้ดและโมเดลที่ดีที่สุดนำมาใช้ในการวิเคราะห์วิวัฒนาการชาติพันธุ์ระดับโมเลกุลด้วยวิธี maximum likelihood (ML) ด้วยโปรแกรม RAxML-HP2 v.8.2.12 (Stamatakis *et al.*, 2014) บน CipresWeb Portal (<https://www.phylo.org>) และทดสอบความเชื่อมั่นด้วยค่า bootstrap จำนวน 1,000 ซ้ำ และวิธี Bayesian inference (BI) ด้วยโปรแกรม MrBayes v.3.2.6 (Ronquist *et al.*, 2012) และผลการวิเคราะห์แสดงโดยโปรแกรม FigTree v.1.4.4 (<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>) จากนั้นวิเคราะห์ผลการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการชาติพันธุ์ระดับโมเลกุลที่ได้จากดีเอ็นเอบาร์โค้ดตำแหน่ง *ITS* ร่วมกับข้อมูลทางสัณฐานวิทยาของพริกแต่ละตัวอย่างพันธุ์จากนั้นคัดเลือกเฉพาะกลุ่มตัวอย่างพันธุ์พริกที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงที่สุดมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการชาติพันธุ์อีกครั้งด้วยวิธี ML และวิธี BI เปรียบเทียบกับลักษณะสัณฐานวิทยาอีกครั้งเพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมในขั้นตอนต่อไป

5. การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรม

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพริกประเมินจากจำนวนการเกิดการกลายพันธุ์ของนิวคลีโอไทด์ (total number of nucleotide mutations (Eta)) และค่าความหลากหลายของแฮพโลไทป์ (haplotype (gene) diversity (Hd)) ด้วยโปรแกรม DnaSP v. 6.12.03 (Rozas *et al.*, 2017) และนำผลที่ได้มาจัดทำ haplotype network และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง haplotypes ด้วยโปรแกรม PopArt 1.7 program (Bandelt *et al.*, 1999) และปรับปรุงแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่าง haplotypes ด้วยโปรแกรม Inkscape 1.1 (<https://inkscape.org/>)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์พบว่าสามารถแบ่งพริกที่พบในประเทศไทยได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่ *Capsicum annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq. และ *C. frutescens* L. และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการชาติพันธุ์ด้วยการสร้างแผนภูมิต้นไม้ (phylogenetic tree) ด้วยวิธี ML และ BI ของดีเอ็นเอบาร์โค้ดตำแหน่ง *ITS* จำนวน 49 เส้น พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้เป็น 3 กลุ่ม (Figure 1) โดยกลุ่มที่ I ประกอบไปด้วยพริก *C. chinense* และ *C. frutescens* มีค่า bootstrap และค่าความเชื่อมั่นสนับสนุน 80 เปอร์เซ็นต์ และ 0.99 ตามลำดับ กลุ่มที่ II ประกอบด้วยพริกชนิด *C. annuum* และกลุ่มนี้ยังสามารถแบ่งกลุ่มย่อยได้อีก 3 กลุ่มย่อย มีค่า bootstrap สนับสนุนมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป นอกจากนี้ยังพบว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมมีค่อนข้างสูงในกลุ่มพริกบางช่วง ซึ่งไม่ได้เกาะกลุ่มกันแต่กลับกระจายตัวอยู่ภายในกลุ่มที่ II และกลุ่มที่ III เป็นกลุ่มของพริก *C. baccatum* ประกอบด้วยพริก *C. baccatum* CAP44 และพริก *C. baccatum* ชนิดอื่น ๆ ที่ได้นำลำดับนิวคลีโอไทด์จากฐานข้อมูล GenBank มาร่วมวิเคราะห์ มีค่า bootstrap และค่าความเชื่อมั่นสนับสนุน 97 เปอร์เซ็นต์ และ 1.00 ตามลำดับ โดยลักษณะสีของกลีบดอกเป็นลักษณะเดียวเท่านั้นที่สอดคล้องกับความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการและช่วยในการแบ่งแยกชนิดพันธุ์พริกออกจากกัน โดยพริกกลุ่มที่ I มีกลีบดอกสีเขียวครีม พริกกลุ่มที่ II มีกลีบดอกมีสีขาวหรือม่วง และพริกกลุ่มที่ III มีกลีบดอกสีขาวและมีแต้มสีเหลืองเขียวใกล้บริเวณฐานกลีบดอก (Figure 1) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าตำแหน่ง *ITS* เป็นตำแหน่งที่ดีสำหรับใช้เป็นดีเอ็นเอบาร์โค้ดสำหรับพริก โดยสามารถใช้จัดจำแนกพริก *C. annuum* และ *C. baccatum* ออกจากพริก *C. chinense* และ *C. frutescens* ในระดับชนิดได้

ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพริกกลุ่ม *C. annuum* ในประเทศไทยจากการศึกษานี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงกว่าที่คาดการณ์ไว้เห็นได้จากในกรณีพริกบางช่วง (Figure 1) จึงได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการระดับโมเลกุลและวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมเฉพาะกลุ่มพริก *C. annuum* ในประเทศไทยร่วมกับลักษณะสัณฐานวิทยา (Figure 2) พบว่า ดีเอ็นเอบาร์โค้ดที่ตำแหน่ง *ITS* มีประสิทธิภาพสูงในการจัดจำแนกชนิดพริกและยังช่วยยืนยันพริกกลุ่ม *C. annuum* มีความสัมพันธ์เป็นแบบ monophyletic ที่มาจากเครือบรรพบุรุษร่วมกัน และยังสามารถแบ่งแยกความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพริกกลุ่มนี้ในประเทศไทยออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (Group A) เป็นกลุ่มของพริกสายพันธุ์บางช่วง พริกเหลืองน้ำส้ม และพริกชี้ฟ้า กลุ่มที่ 2 (Group B) เป็นกลุ่มพริกสายพันธุ์ต่อเรือธงทรัพย์ และพริกพิจิตร และกลุ่มที่ 3 (Group C) เป็นกลุ่มพริกสายพันธุ์ยอดสน โดยสายพันธุ์ในแต่ละกลุ่มไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสอดคล้องไปกับลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Figure 2) โดยยังพบว่ากลุ่มพริกบางช่วงเป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงที่สุดและสามารถแบ่งย่อยได้อีก 5 กลุ่มย่อยภายใน Group A (Figure 2) ถึงแม้ว่าตัวอย่างพริกบางช่วงทั้งหมดจะมีลักษณะกลีบดอกสีขาว ดอกตั้งตรง ผลเรียวยาวสีเขียวและผลแก่สีแดง และเมล็ดสีขาวครีม (Figure 3) แต่กลับไม่แสดงลักษณะทางพันธุกรรมร่วมกัน

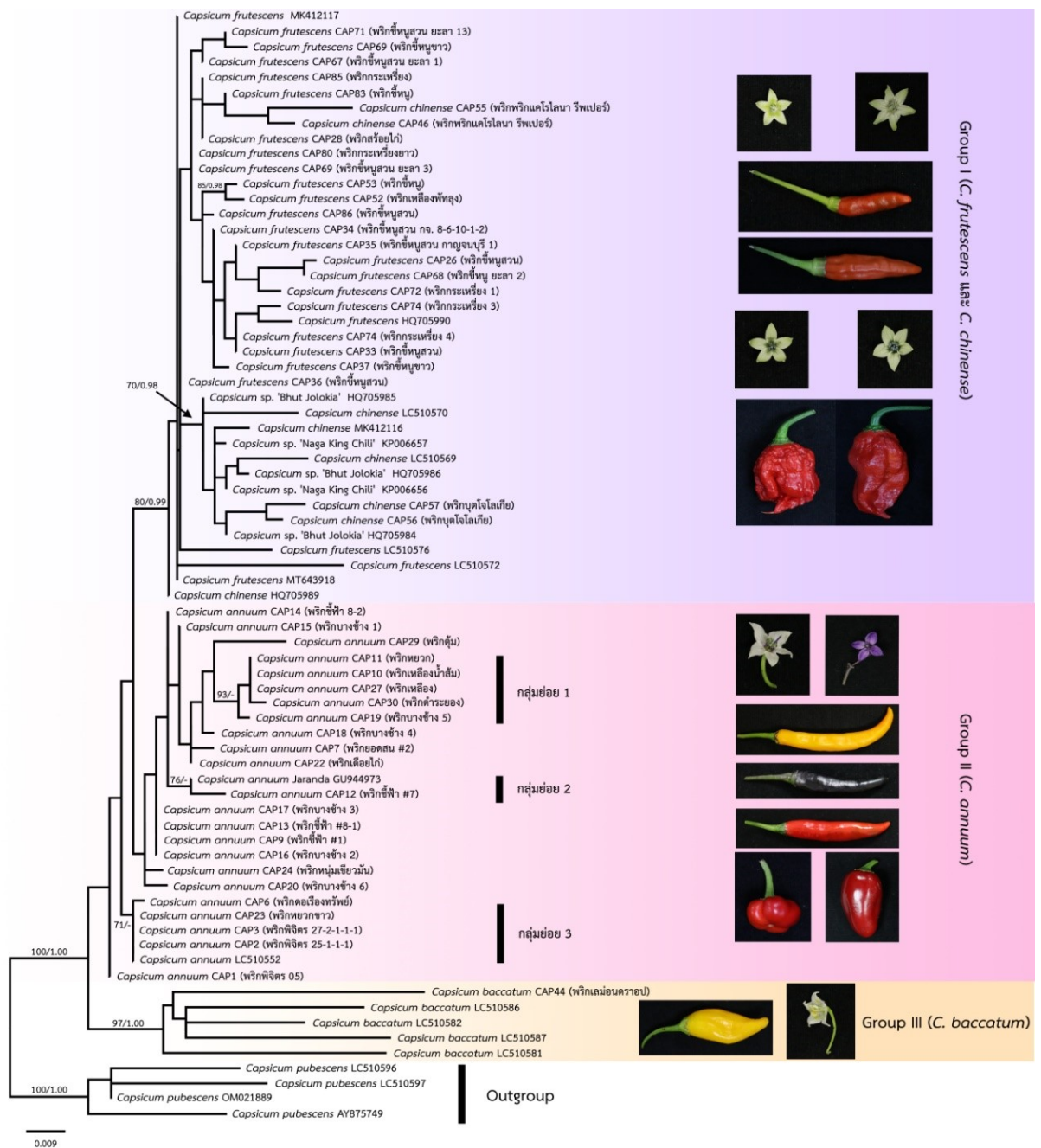


Figure 1 Phylogenetic tree of the *Capsicum* species was constructed by maximum likelihood and Bayesian inference analyses using *ITS* DNA barcode region. The bootstrap values $\geq 60\%$ and posterior probabilities ≥ 0.95 for the Bayesian analysis are given above the branches.

Morphological characters

1. Fruit position
○ Erect ● Pendant
2. Young fruit color
○ Light green ● Green ● Dark green
3. Mature fruit color
● Red ● Yellow
4. Flower position
○ Erect ● Intermediate ● Pendant
5. Anther and stigma stem color
○ White ● Purple
6. Plant growth habit
○ Erect ● Intermediate

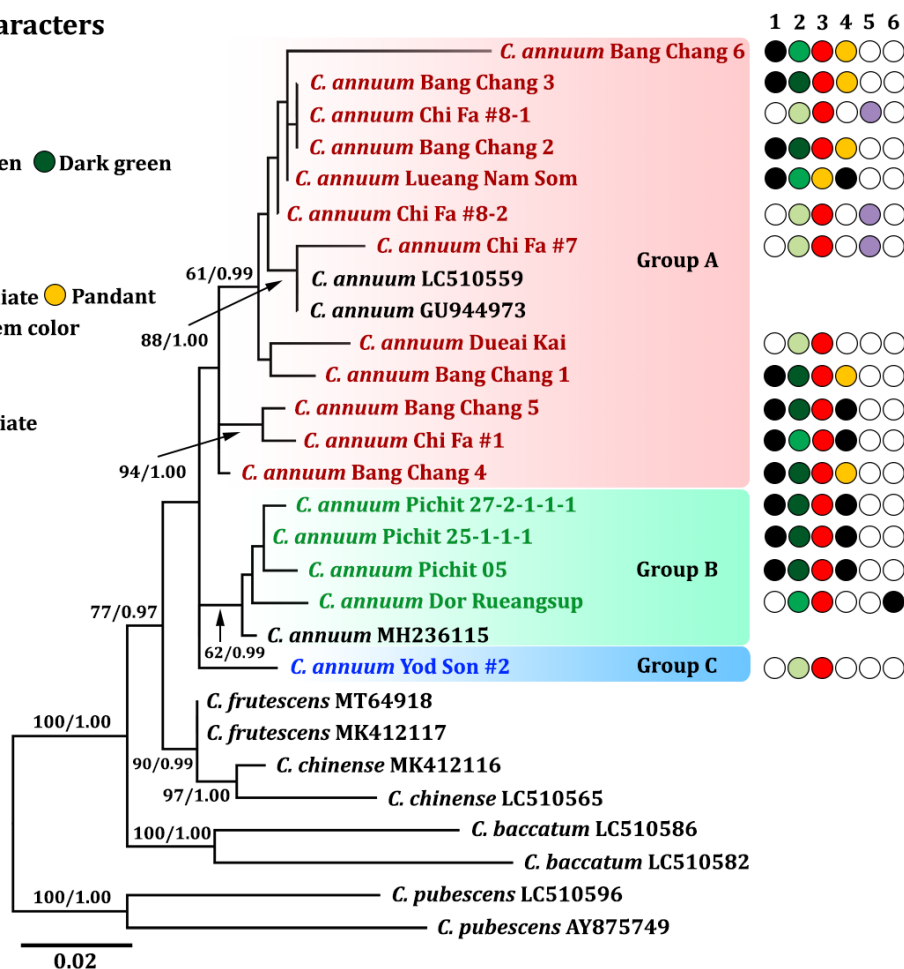


Figure 2 Molecular phylogeny of the Thai *Capsicum annuum* varieties based on maximum likelihood and Bayesian inference analyses using *ITS* DNA barcode region. The bootstrap values $\geq 60\%$ and posterior probabilities ≥ 0.95 for the Bayesian analysis are given above the branches.

เพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์วิวัฒนาการชาติพันธุ์จึงได้นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอบาร์โค้ดตำแหน่ง *ITS* ของกลุ่มพริก *C. annuum* ในประเทศไทยมาวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมในกลุ่มประชากรพริกดังกล่าว พบว่า มีค่าความแตกต่างของลำดับนิวคลีโอไทด์จำนวน 33 ตำแหน่ง (nucleotide variable sites) มีค่า Hd 0.971 ± 0.032 การเกิดการกลายพันธุ์ของนิวคลีโอไทด์จำนวน 35 ครั้ง และมีความหลากหลายทางพันธุกรรมจำนวน 14 haplotypes (Figure 4) ซึ่งผลการศึกษามีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์วิวัฒนาการชาติพันธุ์ก่อนหน้านี้โดยชี้ให้เห็นตามสีที่แตกต่างกัน (Figure 2) โดยพบว่ากลุ่มที่ 1 (Group A) ประกอบด้วย haplotype (1-6 และ 12-14) กลุ่มที่ 2 (Group B) ประกอบด้วย haplotype (7-9 และ 11) และกลุ่มที่ 3 (Group C) คือ haplotype 10 โดย haplotype 10 เป็นกลุ่มของพริกยอดสน ในขณะที่ haplotype 7-9 และ haplotype 11 เป็นกลุ่มของพริกพิจิตร และพริกดอกเรือทรัพย์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า Group A มีความหลากหลายของ haplotype สูง

ที่สุด โดยเฉพาะพริกบางช้างทั้ง 6 ตัวอย่างพันธุ์ (CAP 1-6) สามารถแยกได้อีกอย่างน้อย 5 haplotypes (haplotype 1-5) (Figure 4) เห็นได้ว่ากลุ่มพริกที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็นพริกบางช้างมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงมาก โดยการกระจายตัวของยีนในกลุ่มประชากรของพริกบางช้างไม่ได้มีจุดกำเนิดจากกลุ่มประชากรเดียวกันแต่มีวิวัฒนาการหรือพัฒนามาจากประชากรในกลุ่มพริกชี้ฟ้า ซึ่งผลการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่าไม่สามารถใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาในการระบุพริกบางช้างสายพันธุ์แท้ในประเทศไทยได้ แต่ข้อมูลทางพันธุกรรมกลับสามารถใช้ระบุเอกลักษณ์ของพริกบางช้างได้เฉพาะตัวอย่างพันธุ์พริกนั้น ๆ ควบคู่กับข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ ตัวอย่างพรรณไม้แห้งอ้างอิง และเมล็ดเชื้อพันธุ์ที่ถูกเก็บรักษาและคงความมีชีวิตไว้ในธนาคารเชื้อพันธุ์พืช

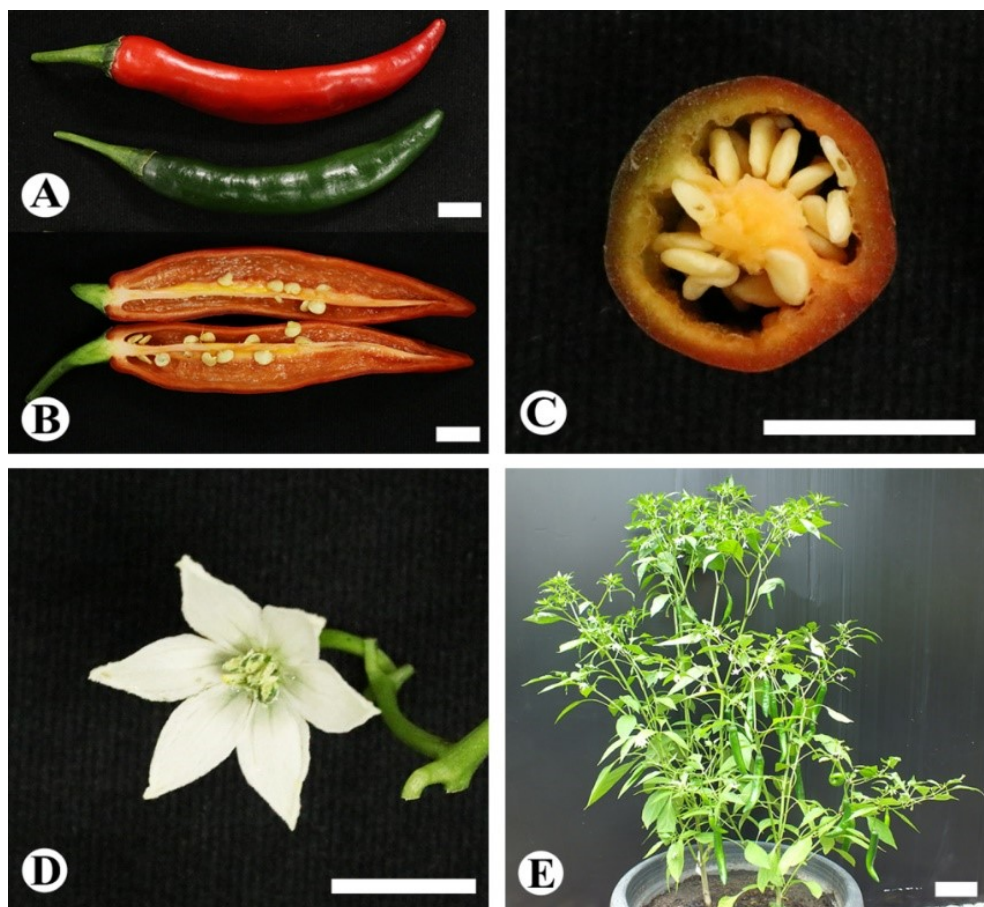


Figure 3 Morphological characters of *C. annuum* Bang Chang cultivar. A, Immature and mature of fruit; B, Mature fruit section and long section; C, Long section and seeds character ; D, Flower characters; E, Growth habit. Scales: A-D = 1 cm; E = 10 cm, in white color line.

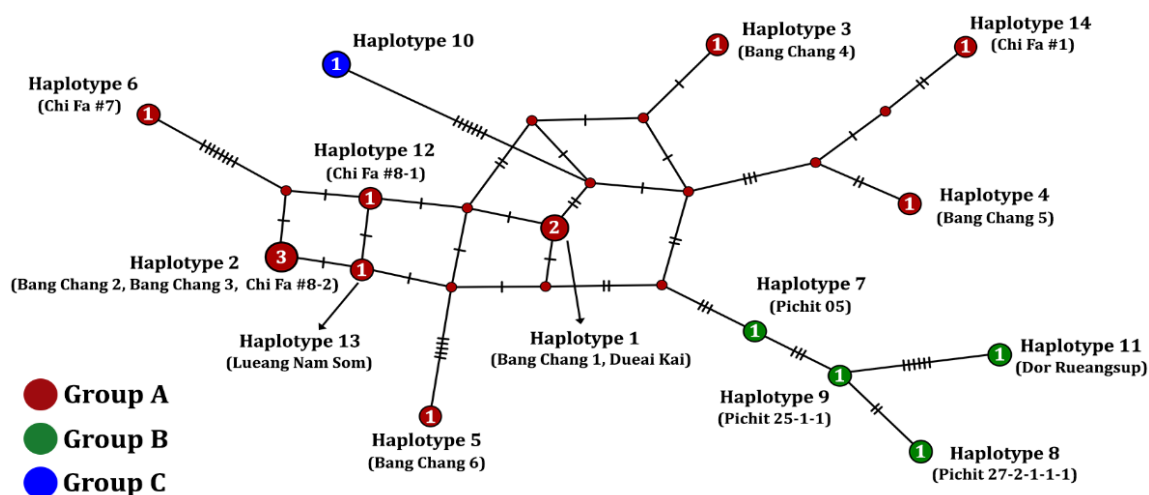


Figure 4 The haplotype network of Thai *C. annuum* varieties based on *ITS* sequences.

Different color indicated that related to *ITS* phylogeny.

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าตำแหน่ง *ITS* สามารถใช้ในการจัดจำแนกชนิดพริกในสกุล *Capsicum* ได้ เนื่องจากตำแหน่ง *ITS* เป็นตำแหน่งยีนที่อยู่บนนิวเคลียส (nuDNA) จึงมีความแปรผันของดีเอ็นเอสูง (Rosario *et al.*, 2019) สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าพริก *C. annuum* และ *C. pubescens* สามารถใช้ตำแหน่ง *ITS* ในการจัดจำแนกชนิด (Jarret, 2008; Rosario *et al.*, 2019) และมีประสิทธิภาพที่ดีในการระบุสายพันธุ์พริก *C. annuum* ในประเทศเกาหลีใต้ (Sun *et al.*, 2014) ในทางกลับกันตำแหน่ง *ITS* มีประสิทธิภาพต่ำในการจัดจำแนกชนิดและความหลากหลายทางพันธุกรรมของพริกปลูกกลุ่ม *C. annuum* ของประเทศญี่ปุ่น (Shiragaki *et al.*, 2020) สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาดีเอ็นเอบาร์โค้ดของพริกในระดับชนิดและสายพันธุ์ไม่มากนัก ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปยังกลุ่มพริกที่มีลักษณะผลเล็กยาว (Kaewdoungeedee and Tanee, 2013; Milerue *et al.*, 2016) ผลการศึกษานี้ยืนยันได้ว่าพริกในประเทศไทยที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมและลักษณะทางสัณฐานวิทยาสูงคือพริก *C. annuum* โดยเฉพาะกลุ่มพริกบางช้าง ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่เป็นแหล่งกำเนิดเป็นตัวกำหนดหรือเกิดจากการผสมแบบคัดเลือกลักษณะให้ได้ตามความต้องการของเกษตรกรจึงทำให้ลักษณะที่ปรากฏไม่ได้สะท้อนถึงความแปรผันทางพันธุกรรมที่สอดคล้องกับลักษณะที่แสดงออกได้อย่างแท้จริง (Sun *et al.*, 2014; Colonna *et al.*, 2019)

สรุปผลการทดลอง

ดีเอ็นเอบาร์โค้ดที่ตำแหน่ง *ITS* เป็นตำแหน่งยีนที่สามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนกความแตกต่างระดับชนิดและระดับสายพันธุ์ของพริกในประเทศไทยได้เฉพาะในกลุ่มพริก *C. annuum* และสามารถแบ่งแยกความแตกต่างในระดับชนิดระหว่าง *C. annuum* และ *C. baccatum* แต่ไม่สามารถระบุชนิดระหว่างพริก *C. chinense* และ *C. frutescens* ได้ และความหลากหลายทางพันธุกรรมของพริกกลุ่ม *C. annuum* มีค่อนข้างสูง สามารถแบ่งได้ถึง 14 haplotypes โดยกลุ่มพริกบางช้างมีความ

หลากหลายทางพันธุกรรมสูงถึง 5 haplotypes ทั้งนี้ความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้ในการจัดจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมได้

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ข้อมูลดีเอ็นเอบาร์โค้ดของพริกมาใช้ระบุเอกลักษณ์สายพันธุ์พริกที่พบในประเทศไทย พร้อมด้วยข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยา พรรณไม้แห้งอ้างอิง และเมล็ดเชื้อพันธุ์ เพื่อเป็นหลักฐานและเครื่องมือในการตรวจสอบย้อนกลับ และเป็นหลักฐานในการแสดงความเป็นเจ้าของสายพันธุ์พริกของประเทศไทย

2. สามารถนำข้อมูลดีเอ็นเอบาร์โค้ดของพริกกลุ่มบางช่วงมาใช้ในการจัดจำแนกและระบุสายพันธุ์พริกบางช่วงแต่ละกลุ่มประชากรที่ย่อยลงไปได้ และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการต่อยอดการวิจัยในกลุ่มพริกบางช่วงเพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถกำหนดเอกลักษณ์ประจำพันธุ์พริกบางช่วงที่แท้จริง อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการขอรับรองเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของพริกบางช่วงได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางสาวชลดา สามพันพวง นักวิชาการเกษตรชำนาญการ และนางสาวจิราพร แก่นทรัพย์ นักวิชาการโรคพืชชำนาญการพิเศษ ที่ช่วยให้คำแนะนำในการดำเนินงานวิจัย การจัดจำแนกพืชตามหลักอนุกรมวิธานและจัดทำพรรณไม้แห้ง และขอบคุณเงินทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการ ส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.)

เอกสารอ้างอิง

- Bandelt, H.J., P. Forster and A. Rohlf. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Mol Biol Evol.* 16 (1): 37-48.
- Colonna, V., N. D'Agostino, E. Garrison, A. Albrechtsen, J. Meisner, A. Facchiano, T. Cardi and P. Tripodi. 2019. Genomic diversity and novel genome-wide association with fruit morphology in *Capsicum*, from 746k polymorphic sites. *Sci. Rep.* 9: 10067.
- Cubero, O.F. and A. Crespo. 2002. Isolation of nucleic acids from lichens. pp. 381-391. *In: Protocols in Lichenology.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Darriba, D., G.L. Taboada, R. Doallo and D. Posada. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nat. Methods.* 9: 772.
- Edgar, R.C. 2004. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Res.* 32: 1792-1797.

- Eshbaugh, W.H. 2012. The taxonomy of the genus *Capsicum*. pp. 14-28. In: *Peppers: Botany, Production and Uses*. CABI, Wallingford.
- García, C.C., M.H.J. Barfuss, E.M. Sehr, G.E. Barboza, R. Samuel, E.A. Moscone and F. Ehrendorfer. 2016. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Ann. Bot.* 118: 35–51.
- García, C.C., M. Sterpetti, P. Volpi, M. Ummarino and F. Saccardo. 2013. Wild capsicums: identification and *in situ* analysis of Brazilian species. Paper presented at: 15th EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum* and Eggplant (Torino, Italy).
- Ince, A.G., M. Karaca and A.N. Onus. 2010. Genetic relationships within and between *Capsicum* species. *Biochem. Genet.* 48: 83e95.
- Jarret, R. 2008. DNA barcoding in a crop genebank: the *Capsicum annuum* species complex. *Open Biol. J.* 1: 35-42.
- Kaewdoudgdee, N. and T. Tanee. 2013. A molecular marker for in situ genetic resource conservation of *Capsicum annuum* var. *acuminatum* (Solanaceae). *Genet. Mol. Res.* 12 (3): 3529-2539.
- Milerue, N., J. Chunwongse, D. Struss and S. Waseed. 2016. Variation of small erect-fruited chili in Thailand. *Agric. Nat. Resour.* 50: 43e47.
- Ronquist, F., M., Teslenko, P.v.d. Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, B. Larget, L. Liu, M.A. Suchard and J.P. Huelsenbeck 2012. MrBayes 3.2: Efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Syst. Biol.* 61: 539–542.
- Rosario, L.H., J.O.R. Padilla, D.R. Martínez, A.M. Grajales, J.A.M. Reyes, G.J.V. Feliu, B. Van Ee and D. Siritunga. 2019. DNA barcoding of the Solanaceae family in Puerto Rico including endangered and endemic species. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 144 (5): 363–374.
- Rozas, J., A. Ferrer-Mata, J.C. Sanchez-DelBarrio, S. Guirao-Rico, P. Librado, S.E. Ramos-Onsins and A. Sánchez-Gracia 2017. DnaSP 6: DNA sequence polymorphism analysis of large data sets. *Mol. Biol. Evol.* 34 (12): 3299–3302.
- Shiragaki, K., S. Yokoi and T. Tezuka. 2020. Phylogenetic analysis and molecular diversity of *Capsicum* based on rDNA-ITS region. *Horticulturae*. 6(4): 87.
- Sithiwong, K., T. Matsui, S. Sukprakarn, N. Okuda and Y. Kosugi. 2005. Classification of pepper (*Capsicum annuum* L.) accession by RAPD analysis. *Biotechnol. J.* 4: 305e309.

- Stamatakis, A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinf.* 30: 1312-1313.
- Sun, Y-L., I-L. Choi, Y-B. Lee, K.Y. Choi, S-K. Hong and H-M. Kang. 2014. Molecular diversity and phylogentic analysis of *Capsicum annuum* varieties using the nrDNA ITS region. *Sci. Hortic.* 165: 336-343.
- Tamura, K., G. Stecher and S. Kumar. 2021. MEGA11: Molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Mol Biol Evol.* 38(7): 3022-3027.
- White, T.J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. pp. 315-322. In: PCR Protocols: a guide to methods and applications. New York, USA, Academic Press.

โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง : นวัตกรรมจากพืชสู่ความงามที่ยั่งยืน

Hydrolyzed Straw Mushroom Protein : Plant-Based Innovation to Sustainable Beauty

สุรีย์รัตน์ รักเหลือ¹ วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร¹ ปาริชาติ อยู่แพทย์¹ อกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์¹
Sureerat Rukluarh¹ Wimonwan Wattanawichit¹ Parichart Yoopaet¹ Akanit Pisalwatcharin¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าเห็ดฟาง โดยเฉพาะเห็ดฟางดอกบานที่ใกล้หมดอายุการวางจำหน่ายและราคาตกต่ำ ด้วยการผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซต สำหรับเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยศึกษาการใช้เอนไซม์อัลคาเลส ในการย่อยเห็ดฟางที่ระยะเวลาการย่อย 2 3 4 และ 5 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีคุณภาพเหมาะสมที่สุดในการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิว จากการทดลองพบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยเห็ดฟางดอกบานที่ 4 ชั่วโมง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดและสูงกว่าวิตามินซีถึง 30.36% ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งยังพบว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากการย่อยเห็ดฟางดอกตูม 3 ชั่วโมง มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสที่เป็นสาเหตุของความหมองคล้ำสูงที่สุด หรือมีค่า IC_{50} 1.72 ± 0.31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากทั้งสองกรรมวิธียังมีการตกตะกอนต่ำ โกลซีน ซีรีน โพลีน อะลานีน และอาร์จินีนในปริมาณสูง จึงเลือกนำโปรตีนไฮโดรไลเซตจากการย่อยเห็ดฟางดอกบานที่ 4 ชั่วโมง และดอกตูมที่ 3 ชั่วโมง มาผสมใช้ร่วมกันในอัตราส่วน 1:1 เพื่อให้ได้คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในโลชั่นบำรุงผิวที่ความเข้มข้น 0.5% โดยผลิตภัณฑ์โลชั่นที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร โดยมี pH 6.47 ไม่พบสารปนเปื้อนได้แก่ สารหนูปรอท และแบเรียมที่ละลายได้ ไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* และ *Clostridium* spp. ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวผ่านการทดสอบความคงตัวที่สภาวะเร่งแบบเย็นสลับร้อนที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 45 ± 2 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 4 รอบ ได้การยอมรับผลิตภัณฑ์ 80% จากผู้ทดสอบทั้งผู้ฝึกฝนจำนวน 25 คน และได้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความหนืด การซึมสู่ผิว ความเหนียวเหนอะหนะ กลิ่นหลังทา ความชุ่มชื้นหลังทา 5.24 5.16 5.08 5.16 3.92 และ 5.72 คะแนนจาก 7 คะแนน โดยผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตมีต้นทุนการผลิต 53.69 บาทต่อโลชั่น 250 กรัม

คำสำคัญ: สารสกัดจากเห็ดฟาง โปรตีนจากเห็ดฟาง โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง โลชั่นบำรุงผิว

¹ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ตลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Postharvest and Processing Research and Development Division Ladyaw Chatuchak Bangkok 10900

ABSTRACT

Straw mushrooms, especially those that are in full bloom stage, have a short shelf life with unattractive appearance for consumers resulting in low prices. The aim of this study was to increase the value of straw mushroom by processing a hydrolyzed protein as a key substrate in cosmetic products. The straw mushrooms at stages of bud and bloom, were digested by alcalase enzyme for either 2, 3, 4 or 5 hours to find out the high quality hydrolyzed protein. It was found that the four-hour hydrolyzed protein of the bloom straw mushrooms had the highest antioxidant activity which was higher than vitamin C 30.36% comparing to standardized vitamin C at the concentration of 50 mg/L. In addition, the three-hour hydrolyzed protein of the mushroom buds had the highest inhibition of tyrosinase, which causes melanogenesis IC_{50} of 1.72 ± 0.31 mg/ml. Both obtained protein contained high amounts of glutamic acid, glycine, serine, proline, alanine and arginine which were reported as the active ingredients. Therefore, the four-hour hydrolyzed protein of the bloom mushrooms and the three-hour hydrolyzed protein of the mushroom buds were combined at the ratio 1:1 for the high activity of anti-oxidation and tyrosinase inhibition. Then, the mixture was applied in the body lotion at 0.5% concentration. The body lotion conform of TIS 15-2561 standard regarding herbal skin care products with pH 6.47. The heavy metal contaminants viz. arsenic, mercury, soluble barium and pathogens viz. *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* and *Clostridium* spp. were not detected. Moreover, the straw mushroom hydrolyzed protein body lotion has been passed the accelerated storage test of cold and hot cycles of $4 \pm 2^\circ\text{C}$, 24 hours and $45 \pm 2^\circ\text{C}$, 24 hours for 4 cycles. The final product was accepted by 80% from 25 semi-trained testers. The sensory score in terms of color, viscosity, skin absorbed, stickiness, skin odor and skin moisture after application were 5.24, 5.16, 5.08, 5.16, 3.92 and 5.72 of 7 points, respectively. The cost of hydrolyzed straw mushroom protein body lotion was 53.69 baht per 250 grams of lotion.

Keywords: straw mushroom extract, straw mushroom protein, hydrolyzed straw mushroom, body lotion

คำนำ

เห็ดฟางมีปริมาณการผลิตสูงคิดเป็น 75% ของผลผลิตเห็ดทั้งหมดในประเทศไทย (ดำเกิง, 2547) มีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยเฉพาะเห็ดฟางดอกบาน ซึ่งไม่นิยมบริโภค และเน่าเสียได้ง่าย ทำให้เกิดความสูญเสียของผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นการแปรรูปเห็ดฟางจึงเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม เนื่องจากเห็ดฟางมีโปรตีนสูง ประกอบด้วยโปรตีนถึง 32-33 % ในเห็ดฟางแห้ง 1 กรัม มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ทั้งยังประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญต่อผิว ได้แก่ กรดกลูตามิก

(glutamic acid) 43.58 มิลลิกรัม ไกลซีน (glycine) 9.65 มิลลิกรัม โพลีน (proline) 10.59 มิลลิกรัม อะลานีน (alanine) 14.78 มิลลิกรัม และซีรีน (serine) 10.99 มิลลิกรัม (รัฐพล, 2538) ซึ่งกรดกลูตามิก และไกลซีน เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการสร้างกลูตาไธโอนซึ่งทำหน้าที่ในการปกป้องผิวไม่ให้ถูกทำลายโดยสารอนุมูลอิสระ กรดกลูตามิก ไกลซีน โพลีน อะลานีน ซีรีน เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการสร้างคอลลาเจน ช่วยคงความอ่อนเยาว์ และคงโครงสร้างผิว รักษาความชุ่มชื้น และเสริมสร้างความยืดหยุ่นแก่ผิว โดยกรดกลูตามิกที่มีขนาดโมเลกุลเล็กมากจะมีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี จึงรักษาความชุ่มชื้นไว้ที่ผิว นอกจากนี้กรดอะมิโนไกลซีน ยังช่วยในการปกป้องเนื้อเยื่อ และเพิ่มอัตราการฟื้นฟูผิว ส่วนอาร์จินีน (arginine) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการรักษาบาดแผลให้หายเร็ว (Alyssa, 2021) ในการประยุกต์ใช้โปรตีนในเครื่องสำอางซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก จำเป็นต้องทำให้โปรตีนอยู่ในรูปแบบที่ละลายน้ำได้ง่าย และมีอนุภาคขนาดเล็ก จึงต้องใช้เอนไซม์โปรตีเอสในการย่อย ด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส โปรตีนขนาดใหญ่จะถูกตัดพันธะเป็นเปปไทด์และกรดอะมิโนที่ละลายน้ำได้ (Gianfranco, 2008) และเรียกโปรตีนที่ถูกย่อยนี้ว่าโปรตีนไฮโดรไลเซต ซึ่ง Chuan *et al.* (2009) ได้ศึกษาชนิดของเอนไซม์โปรตีเอสในการย่อยสลายโปรตีนจากป่าน เพื่อผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต พบว่า เอนไซม์อัลคาเลส และ เปปซิน ทำให้ปริมาณเปปไทด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตามมาด้วยเอนไซม์โปรโตเมก และนิวเทรล สุดท้าย คือ เฟโวไซม์และทริปซิน เอนไซม์อัลคาเลสจึงเป็นเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต

ผิวหนังมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ในระหว่างวันจะมีการสูญเสียโปรตีนเนื่องจากการเสื่อมสภาพของเซลล์ รังสียูวี และมลภาวะ สามารถทดแทนโปรตีนที่สูญเสียไปด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลเซต โดยโปรตีนไฮโดรไลเซตมีขนาดเล็กมาก จึงยึดเกาะกับน้ำและผิวหน้าได้โดยตรง และสามารถซึมแซมส่วนที่สึกหรอได้ เนื่องจากโปรตีนมีคุณสมบัติในการจับตัวกับน้ำ และจับตัวกับผิวหนังทำให้ผิวมีความชุ่มชื้น เรียบเนียน เพิ่มความยืดหยุ่น ยกกระชับผิว ซึ่งปริมาณของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางเพื่อการดูแลผิว อยู่ที่ 0.1-2% จากงานวิจัยของอภิญาและคณะ (2561) ได้สกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตด้วยวิธีแอลคาไลน์ ทรีตเมนต์ พบว่า มะเขือเทศมีปริมาณกรดกลูตามิกและไลโคปีนสูง ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้ในเครื่องสำอางได้ นอกจากนี้สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร (2564) ได้ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากรำข้าวหอมมะลิและนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เซรั่มบำรุงผิวหน้า เป็นต้น ผลจากการใช้ผลิตภัณฑ์ พบว่า ผิวชุ่มชื้น โดยเครื่องสำอางดังกล่าวช่วยกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนให้ผิวเต่งตึงและเรียบเนียน มีฤทธิ์ช่วยยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส และทำให้ผิวดูกระจ่างใส อ่อนเยาว์ และลดเลือนริ้วรอย Oludemi *et al.* (2016) ได้กล่าวว่าเห็ดมีคุณค่าทางโภชนาการ สรรพคุณทางยา และฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ต่อต้านวัย ต้านจุลชีพ และสารต้านการอักเสบ แก่ไขว้รอย เนื่องจากสารสกัดจากเห็ดมีกรดฟีนอลิก เห็ดจึงเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางจากธรรมชาติ ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ผิวหนังรวมถึงความสามารถป้องกันรังสียูวีได้ และกรดอะมิโนที่ได้จากเห็ดฟางมีคุณสมบัติที่ดีปลอดภัยต่อผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเทคโนโลยีในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง คือ โลชั่นบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมเห็ดฟางดอกตูม และเห็ดฟางดอกบานอบแห้งบดละเอียด

เตรียมเห็ดฟางทั้ง 2 ระยะ ได้แก่ ระยะดอกตูม และระยะดอกบาน ล้างทำความสะอาด ลดขนาดให้มีชิ้นเล็ก อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 10 ชั่วโมง ด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อน (BWS Trading, Model BWS-USC-1) จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (Toshiba, Model BL T100GS) วิเคราะห์ ดังนี้

- องค์ประกอบทางเคมีตามมาตรฐานของ ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตร แห่งเอเชีย ได้แก่ โปรตีน (AOAC (2016) 981.10) ไขมัน (AOAC (2016) 922.06) น้ำ (AOAC (2016) 940.26)
- ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Novasina, Model TH 200
- ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Konica Minolta Chroma meter, Model CR-400
- ปริมาณความชื้น ด้วยวิธี AOAC (2016) 964.22
- ผลผลิตที่ได้
- ปริมาณกรดอะมิโน 15 ชนิด ได้แก่ กรดแอสปาทิก (aspartic acid) ทรีโอนีน (threonine) ซีรีน กรดกลูตามิก โพรลีน ไกลซีน อะลานีน วาลีน (valine) ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (tyrosine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ฮิสทีดีน (histidine) ไลซีน (lysine) และ อาร์จินีน ด้วยวิธีตามมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (AOAC (2019) 978.04 และ 994.12)

2. การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางด้วยการย่อยโดยเอนไซม์อัลคาเลส

คัดเลือกกรรมวิธีการย่อยที่ได้โปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสดีที่สุดในยุคที่ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตสกัดจากเห็ดฟางวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block 8 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (Bu2)
- กรรมวิธีที่ 2 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง (Bu3)
- กรรมวิธีที่ 3 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง (Bu4)
- กรรมวิธีที่ 4 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง (Bu5)
- กรรมวิธีที่ 5 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (Bl2)
- กรรมวิธีที่ 6 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง (Bl3)
- กรรมวิธีที่ 7 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง (Bl4)
- กรรมวิธีที่ 8 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง (Bl5)

นำเห็ดฟางบดละเอียดใส่น้ำกลั่นที่ความเข้มข้นของเห็ดฟาง 5 % โดยน้ำหนัก ให้ความร้อน สารละลายที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปรับ pH เป็น 8.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.0 mol/L กวนผสมตลอดเวลา เติมเอนไซม์อัลคาเลสในอัตราส่วนเอนไซม์ต่อวัตถุดิบเห็ดฟางแห้ง คือ 1:20 ควคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ pH 8.0 ตลอดการย่อย กวนผสมตลอดระยะเวลาตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้

ต้มสารละลายในอ่างน้ำอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 15 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ ทำให้อุณหภูมิเย็นลงจนมีอุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองสารละลายด้วยตะแกรงเพื่อนำกากเห็ดฟางออกและนำสารละลายไปเหี่ยวทิ้งตะกอนด้วยเครื่องเหี่ยวความเร็วสูง (GEAs Westfalia, Model KA 05-00-105) นำส่วน

ที่เป็นของเหลวใส่ไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (LSI, Model Lyodryer LT) ที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แล้วปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูล

- ปริมาณความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี ผลผลิตที่ได้
- ปริมาณกรดอะมิโน 15 ชนิด
- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อเทียบกับวิตามินซีด้วยวิธี DPPH ตามวิธีของ

Aloglu and Oner. (2011)

- ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในหลอดทดลอง โดยใช้ Kojic acid เป็นตัวเปรียบเทียบกับวิธี Dopachrome method ตามมาตรฐานของศูนย์วิจัยสุขภาพและความงามมาโนเซ่ โดยดัดแปลงจาก Chang (2009) และ Manosoi *et al.* (2011)

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิว

นำโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวในปริมาณ 0.5% ของเนื้อโลชั่นทั้งหมด โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block 9 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

Table 1 Components of skin lotions with different methods

Phase	Chemicals	Method								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Carbopol 940	-	-	-	0.05	0.10	0.10	0.15	0.10	0.15
	Distilled water	-	-	-	49.45	49.40	49.40	49.35	49.40	49.35
	Triethanolamine	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B	Distilled water	67.88	72.38	72.38	25.42	25.42	27.67	27.68	28.67	28.68
	Disodium EDTA	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	Glycerine	3.00	1.50	1.50	1.50	1.50	0.75	0.75	0.75	0.75
C	Viscolam at 100P	2.00	2.00	1.50	2.00	2.00	2.00	2.00	0.75	0.75
D	Cetearly alcohol	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	E-wax	3.00	1.00	1.00	1.50	1.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	PEG 40	2.00	1.00	1.50	1.00	1.00	0.50	0.50	0.75	0.75
	Virgin olive oil	3.00	3.00	3.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	Isopropyl Myristate	3.00	3.00	3.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	Vitamin E Acetate	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
E	Niacinamide	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Pantothenic acid	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Sodium Ascorbyl Phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Hydrolyzed mushroom	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Distilled water	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
	Glycolic acid	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02
F	Essential oil	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	Fragrant	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	Microcare (PHC)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

3.1. ขั้นตอนการเตรียมโลชั่น โดยการเตรียมแยกเป็นเฟสต่างๆ ดังนี้

- 1) การเตรียมเฟสน้ำ โดยละลายสารต่างๆ ใน เฟส B เข้าด้วยกัน ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
- 2) การสร้างเนื้อครีม โดยค่อยๆ เติมเฟส B ลงใน เฟส C กวนผสมให้เป็นเนื้อครีมด้วยหัวปั่นเอนกประสงค์ จะได้เนื้อครีมเฟสน้ำ
- 3) การเตรียมเฟสน้ำมัน โดยหลอมองค์ประกอบเฟส D บนหม้ออังไอน้ำ ทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนของแข็งละลายหมด พักไว้ จนอุณหภูมิลงจนเหลือ 40 องศาเซลเซียส
- 4) การทำให้เกิดอิมัลชัน เติมเฟส D ลงในของผสมเฟส B+C จากข้อ 2) ปั่นจนเกิดเนื้อโลชั่น
- 5) สำหรับกรรมวิธีที่ 4 – 9 ใช้เจลผสมในโลชั่นเพื่อให้มีเนื้อสัมผัสบางเบา โดยค่อยๆ ละลาย Carbopol 940 ในน้ำ ปั่นด้วยหัวปั่นเอนกประสงค์จน Carbopol 940 พองตัว เติม triethanolamine กวนผสมให้เข้ากัน จะเกิดเนื้อเจลใสเฟส A เติมเจลลงใน เฟส B+C+D ดัง 4) แล้วปั่นผสมให้เข้ากัน
- 6) ละลายโปรตีนไฮโดรไลเซท และสารในเฟส E ทั้งหมดให้เข้ากันบนหม้ออังไอน้ำ จนถึงอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
- 7) ใส่สารสำคัญจากเฟส E ที่ได้จาก 6) ลงในโลชั่นทุกกรรมวิธี ปั่นผสมให้เข้ากัน
- 8) ใส่สารในเฟส F ลงในโลชั่นจาก 7) จากนั้นปั่นผสมให้เข้ากัน
- 9) วิเคราะห์ค่าสี และ pH ของผลิตภัณฑ์

3.2. การทดสอบความคงตัวแบบเร่ง (accelerated storage test)

เตรียมผลิตภัณฑ์โลชั่นใส่ขวดพลาสติกใสขนาด 100 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปรับอุณหภูมิเป็น 45 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกันจนครบ 4 ครั้ง ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบลักษณะผลิตภัณฑ์ บันทึกผล สี การแยกชั้น pH คัดเลือกตัวอย่างที่ไม่แยกชั้นและมีสภาพปกติ

3.3. ทดสอบความชอบด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในโลชั่นบำรุงผิวที่คัดเลือกจาก 3.2 โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งฝึกฝนจำนวน 25 คน ด้วยวิธี 7 point hedonic scale โดยทดสอบ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเหนียวเหนอะหนะ การซึมสู่ผิว และการยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้วยการทาที่แขน

3.4. วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวตาม มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร ประกอบด้วย ค่าสี pH ความคงตัวในสภาวะแบบเร่งร้อนสลับเย็น สารปนเปื้อน ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท สารหนู และแบคทีเรียที่ละลายได้ ตามมาตรฐานของศูนย์วิจัยสุขภาพและความงามมาโนเช่ (Julshamn et al.,2013) จุลินทรีย์ปนเปื้อน ได้แก่ total aerobic plate count, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* และ *Clostridium* spp. ตามมาตรฐานของศูนย์วิจัยสุขภาพและความงามมาโนเช่ โดยดัดแปลงวิธีของ Erin (2012) และ Ann et al. (2010)

4. คำนวณต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนการผลิตด้านวัตถุดิบของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง และผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเตรียมเห็ดฟางดอกตูมและเห็ดฟางดอกบานอบแห้งบดละเอียด

เห็ดฟางดอกตูมอบแห้งมีน้ำหนัก 9.48% ของน้ำหนักสด มีคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 52.94% โปรตีน 32.87% ไขมันทั้งหมด 2.83% เกลือ 9.34% ปริมาณความชื้น 2.02% a_w 0.14 และมีค่าสีดังนี้ ค่าความสว่าง (L^*) 49.11 ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a^*) 3.48 และค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b^*) 5.62 ตัวอย่างจึงมีลักษณะค่อนข้างสีเหลืองผสมน้ำตาล

เห็ดฟางดอกบานอบแห้งมีน้ำหนัก 7.98% ของน้ำหนักสด มีคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 52.85% โปรตีน 32.05% ไขมันทั้งหมด 3.73% เกลือ 9.12% และปริมาณความชื้น 2.25% a_w มีค่า 0.14 และมีค่าสี L^* a^* และ b^* 42.27 4.30 และ 5.78 ตามลำดับ ตัวอย่างจึงมีลักษณะค่อนข้างสีเหลืองผสมน้ำตาล

2. การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางด้วยการย่อยโดยเอนไซม์อัลคาเลส

การย่อยเห็ดฟางอบแห้งบดละเอียด ด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่ได้มีความชื้นสูงขึ้น เมื่อเทียบกับเห็ดฟางอบแห้งบดละเอียด เนื่องจากโปรตีนไฮโดรไลเซทถูกตัดพันธะ ทำให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงจึงสามารถดูดความชื้นกลับได้เร็ว (เกียรติศักดิ์และบุรฉัตร, 2557) โดยมีความชื้นอยู่ในช่วง 4.29 - 6.73% ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณน้ำอิสระมีค่าที่ 0.16-0.17 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นการย่อยเห็ดฟางดอกตูมที่ระยะเวลาการย่อย 2 ชั่วโมง มีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด เนื่องเป็นการย่อยระยะที่น้อยที่สุดจึงยังคงมีโปรตีนสายยาวอยู่ โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีค่าสีเปลี่ยนแปลงไปจากเห็ดฟางดอกตูมอบแห้งบดละเอียด โดยมีค่าความสว่าง ต่ำลงอยู่ในช่วง 34.24-37.98 มีค่าความเป็นสีแดงสูงขึ้นอยู่ในช่วง 4.54-5.52 มีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำลงอยู่ในช่วง -1.58 ถึง 1.98 ทำให้โปรตีนไฮโดรไลเซทมีสีคล้ำลง (Table 2 และ Figure 1) นอกจากนี้ความชื้นยังส่งผลต่อค่าสี เมื่อความชื้นสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลชนิดไม่มีเอนไซม์ (non enzymetic reaction) หรือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อย เนื่องจากเห็ดฟางยังคงมีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่จึงถูกออกซิไดซ์เป็นสารมีสี โดยมีน้ำ ความร้อน เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Qinchun *et al.*, 2016)

Table 2 Characteristics of hydrolyzed straw mushroom protein (bud and bloom) with different methods

methods	% Yield	% Yield	% Moisture	a_w	Color		
	wet basis	dry basis			L^*	a^*	b^*
Bu2	55.50 ab	51.21 ab	4.29	0.12 a	37.98 a	5.06	0.67 ab
Bu3	61.25 ab	54.95 ab	6.30	0.16 b	35.84 ab	4.54	0.01 ab
Bu4	69.75 a	63.78 a	5.97	0.16 b	36.80 ab	5.52	-0.77 b
Bu5	57.25 ab	51.30 ab	5.95	0.17 b	36.61 ab	5.24	-1.22 b
Bl2	50.25 b	45.13 b	5.12	0.16 b	36.23 ab	4.82	0.08 ab
Bl3	62.00 ab	55.89 ab	6.11	0.17 b	34.24 b	4.84	1.98 a
Bl4	54.00 ab	47.27 ab	6.73	0.17 b	35.27 ab	4.77	-0.83 b
Bl5	64.15 ab	57.91 ab	6.24	0.17 b	35.98 ab	5.44	-1.58 b

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



Figure 1 Hydrolyzed mushroom protein with different methods

ผลผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้ในแต่ละสภาวะมีค่า 45.13-63.78 % โดยน้ำหนัก ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าสี ปริมาณความชื้น แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น กรดอะมิโนส่วนใหญ่ของโปรตีนไฮโดรไลเซตมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการย่อยนานขึ้น (Table 3) ได้แก่ กรดแอสปาร์ติก ทรีโอนีน ซีรีน กรดกลูตามิก โพลีน ไกลซีน อะลานีน วาลีน ไอโซลิวซีน ฮิสทีดีน ส่วน ลิวซีน ไทโรซีน ฟีนอลอะลานีน ไลซีน อาร์จินีน มีแนวโน้มคงที่ สำหรับกรดอะมิโนที่เพิ่มขึ้นสูงมากคือ กรดกลูตามิก โดยเฉพาะในโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางดอกบาน ระยะเวลาในการย่อยจึงมีผลต่อปริมาณกรดอะมิโนที่ได้ สอดคล้องกับ ประพนอม (2556) ที่รายงานการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดด้วยเอนไซม์โบรมิเลนจากเห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม และเห็ดหอม พบว่า มีกรดกลูตามิกมากที่สุด 2048.2 932.5 และ 514.5 มิลลิกรัม/100กรัม ตามลำดับ

จากสมบัติของปริมาณกรดอะมิโนที่มีความสำคัญกับผิวหนัง ได้แก่ กรดกลูตามิก ไกลซีน โพลีน อะลานีน ซีรีน และอาร์จินีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการสร้างกลูตาไธโอน คอลลาเจน คงความชุ่มชื้นไว้ที่ผิว การปกป้องเนื้อเยื่อ และเพิ่มอัตราฟื้นฟูผิว จากการทดลองพบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตจากกรรมวิธีที่ 2 6 และ 7 คือ การย่อยเห็ดฟางดอกตูมที่ 3 ชั่วโมง เห็ดฟางดอกบาน ที่ 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มีปริมาณกรดอะมิโนสำคัญสำหรับผิวหนังสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

Table 3 Amino acid Profiles of Hydrolyzed Straw protein with different methods

Amino acid profile unit (mg/100g)	Dried straw Bud	Dried straw Bloom	Methods							
			Bu2	Bu3	Bu4	Bu5	BL2	BL3	BL4	BL5
Aspartic acid	2,480	2,302	2,653	2,741	2,486	2,676	2,678	2,702	2,677	2,604
Threonine	1,380	1,288	1,510	1,546	1,481	1,462	1,480	1,487	1,548	1,465
Serine	1,413	1,272	1,486	1,509	1,405	1,465	1,457	1,473	1,458	1,473
Glutamic acid	4,775	4,756	5,193	5,460	4,937	5,097	5,710	5,728	5,594	5,583
Proline	1,118	1,041	1,247	1,387	1,242	1,344	1,294	1,313	1,314	1,197
Glycine	1,204	1,140	1,301	1,301	1,242	1,276	1,278	1,311	1,345	1,311
Alanine	1,993	1,861	2,168	2,209	2,156	2,153	2,225	2,213	2,300	2,199
Valine	1,484	1,373	1,752	1,834	1,755	1,828	1,875	1,847	1,801	2,006

Amino acid profile unit (mg/100g)	Dried straw Bud	Dried straw Bloom	Methods							
			Bu2	Bu3	Bu4	Bu5	BL2	BL3	BL4	BL5
Isoleucine	1,191	1,161	1,483	1,433	1,404	1,460	1,421	1,424	1,433	1,423
Leucine	1,472	1,261	1,360	1,351	1,172	1,299	1,600	1,659	1,590	1,639
Tyrosine	751	729	731	769	629	778	737	805	771	813
Phenylalanine	1,104	990	919	917	730	914	929	963	905	898
Hidtidine	454	446	491	580	503	523	581	575	547	467
Lysine	1,607	1,339	1,608	1,642	1,348	1,505	1,401	1,486	1,497	1,475
Arginine	1,421	1,210	1,241	1,288	1,186	1,194	1,177	1,088	1,155	1,035
Total protein	32,870	32,050	32,950	32,900	32,500	32,000	32,900	32,600	31,900	32,400

เมื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ เห็นว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางทุกกรรมวิธี มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซี ซึ่งกรรมวิธีที่ 7 คือ การย่อยเห็ดฟางดอกบานที่ 4 ชั่วโมง มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคือ 32.20% ซึ่งสูงกว่าวิตามินซีถึง 30.36% แต่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำ ($IC_{50} = 144.15$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 คือโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ 3 ชั่วโมง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่ $IC_{50} = 1.72$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Table 4) เมื่อวิเคราะห์ทั้ง 3 ปัจจัยร่วมกัน คือ ปริมาณกรดอะมิโนที่สำคัญต่อผิวหนัง ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส จึงคัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกบานย่อยที่ 4 ชั่วโมงที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง และเสริมฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ 3 ชั่วโมง ในอัตราส่วน 1:1 เพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่มีประสิทธิภาพในการดูแลผิวพรรณครบถ้วน

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิว

การใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิว พบว่า กรรมวิธีที่ 1-3 มี pH อยู่ในค่ามาตรฐานอุตสาหกรรมเอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร (3.5 ถึง 7.5) (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2561) คือ มีค่าอยู่ในช่วง 6.42-6.70 ส่วนกรรมวิธี 4 – 9 มีค่า pH มากกว่า 7.5 เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารก่อเจล triethanolamine ซึ่งเป็นด่าง หากพิจารณาปรับกรดให้มี pH ต่ำกว่า 7.5 จะทำให้เนื้อโลชั่นมีการเปลี่ยนแปลงและเกิดการแยกชั้นได้ สำหรับค่าความสว่างของโลชั่นบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยโลชั่นกรรมวิธีที่ 1-3 ไม่มีส่วนผสมของเจลจึงมีความสว่างมากกว่า ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ยกเว้นตัวอย่างที่ 4-5 มีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำสุด (Table 5)

Table 4 Bioactivity of 50 ppm hydrolyzed straw mushroom protein (DPPH for inhibition of anti-oxidation compared with Vitamin C and Dopachome for tyrosinase inhibition)

Methods	Anti-oxidation (%DPPH Inhibition)	Tyrosinase inhibition IC ₅₀ (mg/mL)
Dried Straw Bud Mushroom	17.92 d	0.70 ± 0.04 b
Dried Straw Bloom Mushroom	25.30 c	1.71 ± 0.27 c
Bu2	29.10 bc	2.64 ± 0.71 d
Bu3	27.41 c	1.72 ± 0.31 c
Bu4	28.57 bc	Not detected
Bu5	27.64 c	Not detected
Bl2	28.64 bc	Not detected
Bl3	29.76 b	Not detected
Bl4	32.20 a	144.15 ± 1.72 f
Bl5	32.00 a	102.72 ± 2.33 e
Vitamin C standard	24.70 c	-
Kojic acid standard	-	0.02 ± 0.00 a

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

Table 5 Color and pH of the hydrolyzed straw mushroom protein body lotion

Method	Color			pH
	L*	a*	b*	
1	50.93 a	1.20 ab	5.19 b	6.47 a
2	51.62 a	1.16 ab	5.58 ab	6.42 a
3	51.33 a	1.27 ab	5.49 ab	6.70 b
4	48.87 b	1.31 b	4.13 c	8.58 d
5	48.74 b	1.07 a	4.49 c	8.31 c
6	49.14 b	1.21 ab	5.20 b	8.35 c
7	49.14 b	1.21 b	5.20 a	8.35 cd
8	48.95 b	1.15 ab	5.40 ab	8.39 cd
9	48.47 b	1.34 b	5.96 a	8.33 c

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

เมื่อทำการทดสอบความคงตัวของโลชั่นที่สภาวะเร่งด้วยอุณหภูมิเย็นสลับร้อน พบว่า กรรมวิธีที่ 1 ผ่านการทดสอบที่สภาวะเร่ง โดยยังมีความคงตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์โลชั่น

มีการแยกชั้น (Figure 2) จึงคัดเลือกกรรมวิธีที่ 1 นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพก่อนและหลังการทดสอบด้วยสภาวะเร่ง ซึ่งไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของโลชั่นสูตรดังกล่าว (Table 6) ดังนั้นจึงเลือกกรรมวิธีที่ 1 เพื่อทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสต่อไป

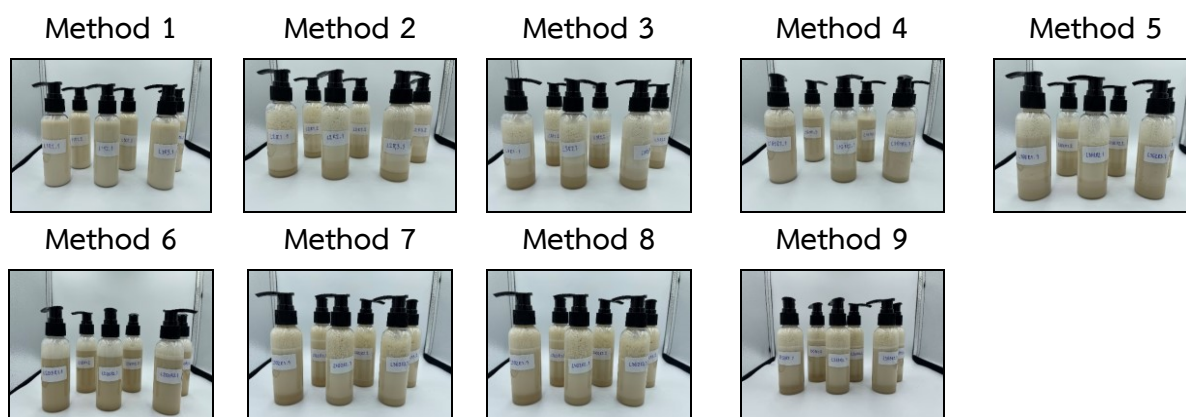


Figure 2 The 4 cycles accelerated storage test of hydrolyzed straw mushroom body lotions

Table 6 Characteristic of hydrolyzed straw mushroom protein before and after test with accelerated storage test

Methods	Color			pH
	L*	a*	b*	
Before Test	50.93 ns	1.20 ns	5.19 ns	6.47 ns
After Test	50.44 ns	1.51 ns	5.60 ns	6.48 ns

Analyzed by one-samples t-test

ผลการทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภคต่อโลชั่นเป็นดังนี้ ความชอบด้านสี 5.24 คะแนน ความหนืด 5.16 คะแนน การซึมสู่ผิว 5.08 คะแนน ความเหนียวเหนอะหนะ 5.16 คะแนน กลิ่นหลังทา 3.92 คะแนน ความชุ่มชื้นหลังทา 5.76 คะแนน และมีการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่ 80% จากจำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด โดยไม่พบผู้แพ้หรือระคายเคือง (Figure 3)

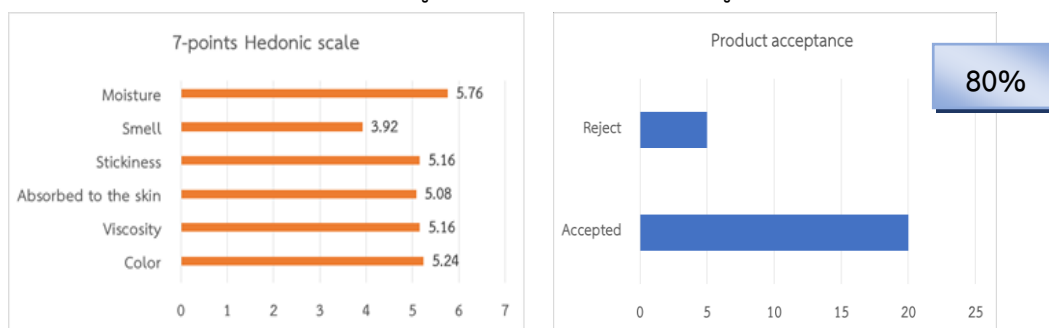


Figure 3 The result of 7-point hedonic scale test and the product acceptance

การทดสอบสารปนเปื้อนต้องห้ามตามมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส 15-2561 ตรวจพบตะกั่วในปริมาณน้อยมากและตรวจไม่พบปรอท สารหนูและแบเรียมที่ละลายได้ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน (Table 7)

Table 7 Heavy metal contaminant test of the hydrolyzed straw mushroom protein body lotion and Thai SMEs standard 15-2561.

Item	Thai SMEs standard 15-2561	Hydrolyzed straw mushroom protein body lotion
Lead (Pb)	20 mg/kg	0.13 mg/kg
Arsenic (As)	5 mg/kg	Not detected
Mercury (Hg)	1 mg/kg	Not detected
Soluble barium	0.05%	Not detected

วิเคราะห์จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง ได้แก่ total aerobic plate count, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* และ *Clostridium* spp. พบจำนวนรวมของแบคทีเรียที่เจริญเติบโตโดยใช้อากาศในปริมาณ 300 CFU/g ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์กำหนด และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคชนิดอื่น (Table 8) ดังนั้นผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตจึงผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร

Table 8 Microbial test of the hydrolyzed straw mushroom protein body lotion and Thai SMEs standard

Item	Thai SMEs standard 15-2561	Hydrolyzed straw mushroom protein body lotion
Total aerobic plate count	1,000 CFU/g	300 CFU/g
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Not detected	Not detected
<i>Staphylococcus aureus</i>	Not detected	Not detected
<i>Candida albicans</i>	Not detected	Not detected
<i>Clostridium</i> spp.	Not detected	Not detected

4. คำนวณต้นทุนการผลิต

โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์โลชั่น ขนาด 250 กรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ 3.16 บาท (Table 9) และผลิตภัณฑ์โลชั่นผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางปริมาณ 250 กรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ 53.69 บาท (Table 10)

Table 9 Cost of the hydrolyzed straw mushroom protein

Hydrolyzed straw mushroom proteins	Quantity (gram)	Finely ground mushroom (gram)	Fresh mushroom (gram)	Cost of fresh mushroom (baht)	Cost of enzyme (baht)	Cost of NaOH (baht)	Cost of distilled water (baht)	Total cost (baht)
Bud	1	1.63	17.19	1.55	0.0815	0.02	0.465	2.12
Bloom	1	1.85	23.18	2.08	0.0925	0.02	0.74	2.93
Mixing hydrolyzed straw mushroom proteins (baht/gram)								2.53

Table 10 Cost of the hydrolyzed straw mushroom protein body lotion

Chemical	Quantity (g)	Cost (baht)
Distilled water	187.20	3.18
Disodium EDTA	0.25	0.08
Glycerine	7.50	0.70
Viscolam at 100P	5.00	9.47
Cetearly alcohol	5.00	0.82
Emulsifying Wax	7.50	2.85
PEG-40 hydrogenated Castor oil	5.00	1.22
Extra virgin olive oil	7.50	2.60
Isopropyl Myristate	7.50	2.21
Vitamin E Acetate	0.50	1.15
Niacinamide	7.50	4.05
Pantothenic acid	2.50	3.75
Sodium Ascorbyl Phosphate	2.50	12.69
Hydrolyzed mushroom	1.25	3.16
Glycolic acid	0.05	0.08
Lavender Essential oil	0.63	2.26
Fragrant (Geranium)	0.63	1.38
Microcare (PHC)	2.00	2.04
Total Cost (Baht/250 g)	250.00	53.69

สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางเพื่อใช้ในโลชั่น เริ่มจากการอบแห้งเห็ดฟางดอกตูม และดอกบานที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดละเอียดแล้วย่อยด้วยเอนไซม์ อัลคาเลส โดยได้คัดเลือกกระบวนการผลิต 2 กรรมวิธี คือ โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางดอกบานที่ ผ่านการย่อย 4 ชั่วโมง ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 32.20% และเสริมฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์

ไทโรซิเนส จากโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางดอกตูมที่ผ่านการย่อย 3 ชั่วโมง ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้ง เอนไซม์ไทโรซิเนสสาเหตุของความหมองคล้ำสูงสุด คือ มีค่า IC_{50} ที่ 1.72 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้ร่วมกันในอัตราส่วน 1:1 เพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางที่มีประสิทธิภาพในการดูแลผิวพรรณ ครบถ้วน ประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชั่นที่ความเข้มข้น 0.5% ได้ผลิตภัณฑ์โลชั่นที่ผ่านมาตรฐาน อุตสาหกรรมเอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร คือ มี pH 6.47 มีความคงตัวที่สภาวะเร่ง เย็นสลับร้อน ไม่พบ สารปนเปื้อนต้องห้าม และคุณภาพจุลินทรีย์เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ได้รับการ ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ 80 % และได้คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี ความหนืด การซึมสู่ผิว ความ เหนียวเหนอะหนะ กลิ่นหลังทา ความชุ่มชื้นหลังทา 5.24 5.16 5.08 5.16 3.92 และ 5.72 จาก 7 คะแนน โดยโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางซึ่งมีต้นทุนการผลิต 2.53 บาท/กรัม ผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุง ผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซตมีต้นทุนการผลิต 53.69 บาทต่อโลชั่น 250 กรัม จากการทดลองดังกล่าวจะ เห็นได้ว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางมีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง เป็นพืชที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อ เพิ่มความสวยงาม ทั้งเรื่องช่วยชะลอความแก่ชราของผิว คงความอ่อนเยาว์ ลดริ้วรอย ผิวหนังชุ่ม ชื่น เนียนกระชับ และลดการผลิตเม็ดสีเมลานิน ทำให้ผิวขาวใส ลดการเกิดฝ้า จุดด่างดำ เป็นวัตถุดิบชั้น ยอดในการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่ม มูลค่าของเห็ดฟางดอกบานที่ใกล้หมดอายุในการวางจำหน่ายซึ่งมีราคาตกต่ำได้

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. จัดทำสื่อวิดีโอเรื่องการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟางและประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ โลชั่นบำรุงผิว เพื่อเตรียมถ่ายทอดให้ผู้ประกอบการบริษัท เบล เอ็นเอ็น บิลเลียน
2. ขอจดอนุสิทธิบัตร เลขรับที่ 2203002829
3. นำเสนอและตีพิมพ์ในหนังสือประมวลบทความในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 17 เรื่อง การวิจัยและนวัตกรรมสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน วันที่ 27 ตุลาคม 2565 เวลา 08.30-16.30 น. ในรูปแบบออนไลน์ และ e-Proceedings หน้า 3182-3192.

เอกสารอ้างอิง

- เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์ และบุรฉัตร ศรีทองแท้. 2557. การดัดแปรสมบัติของโปรตีนโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสและการประยุกต์ใช้. ว.วิทย. มช. 42(2): 274-288.
- ดำเกิง ป้องพาล. 2547. การผลิตเห็ด. เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชา พส 413. ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่. 287 หน้า.
- ประนอม สุขเกื้อ. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางโปรตีนไฮโดรไลเซตเพื่อสุขภาพจากเห็ด. รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 68 หน้า.
- รัฐพล ศรประเสริฐ. 2538. การเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนละครดอะมิโนในเส้นใยและดอกเห็ด. นิติยาสารอาหาร. 25(3): 178-184.

- สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. 2564. ต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดโปรตีนรำข้าวจากงานวิจัย. แหล่งที่มา: <https://kapi.ku.ac.th/kapioku/rice-protein-extract>. สืบค้น: 9 มกราคม 2564.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2561. มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร. กระทรวงอุตสาหกรรม. 11 หน้า.
- อภิษฐา แซ่เต็ง, ญัฐรา เลาหกุลจิตติ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2561. การสกัดกรดกลูตามิกจากมะเขือเทศ. *ว. วิทย. กษ.* 49(พิเศษ 2): 497-500.
- Aloglu, H.S and Z. Oner. 2011. Determination of antioxidant activity of bioactivepeptide fractions obtained from yogurt. *J. Dairy Sci.* 94 : 5305–5314.
- Alyssa, M. 2021. Why Mushroom Skincare Is The Biggest Beauty Trend Of 2020. แหล่งที่มา: <https://editorialist.com/beauty/mushroom-skincare/>. สืบค้น: 12 กรกฎาคม 2021.
- Ann, D., J. Claus, and N. Dorthe. 2010. *A Guidance Document on Microbiological Control of Cosmetic Products*. Kobenhavn: Danish Environmental Protection Agency. 43 p.
- AOAC. 2016. Association of Official Chemists, Official Method of analysis. 20th ed. Washington, D.C.
- AOAC. 2019. Association of Official Chemists, Official Methods of analysis, 21st ed. Washington, D.C.
- Chang, T.S. 2009. An update review of tyrosinase inhibitors. *International Journal of Molecular Science*. 10(6): 2440-2475.
- Chuan, H.T., S.W. Xian and Q.Y. Xian. 2009. Enzymatic hydrolysis of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate by various proteases and antioxidant properties of the resulting hydrolysates. *Journal of Food Chemistry*. 114: 1484-1490.
- Gianfranco, S. 2008. Role of protein in cosmetics. Article in Clinics in Dermatology July 2008.
- Julshamn, K., A. Maage, H.S. Norli, K.H. Grobecker, L. Jorhem, P. Fecher and D. Dowell. 2013. Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead in foods by pressure digestion and inductively coupled plasma / mass spectrophotometry: first action 2013.06. *Journal of AOAC International*. 96(5): 1101-1102.
- Manosoi, A., K. Boonpisuttinant, S. Winitchai, W. Manosoi and J. Manosoi. 2011. Free radical scavenging and tyrosinase inhibition activity of physic nut seed oil entrapped in niosomes. *Current Nanoscience*. 7(5): 825-829.
- Oludemi, T., A.H. Sandrina, C.C. Ricardo, J.A. Maria, B. Lillian, M.F. Barreiro, A.M. González-Paramás C. Isabel and F.R. Ferreira. 2016. Development of mushroom-based cosmeceutical formulations with anti-inflammatory, anti-tyrosinase, antioxidant and antibacterial properties. *Molecules*. 21(10):1372.
- Qinchun, R., A.K. Kamdar and T.P. Labuza. 2016. Storage stability of food protein hydrolysate: A review. *Critical review in Food Science and Nutrition*. 56(7): 1169-1192.

การจัดการปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพต่อการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน

Managing Factors of Production Efficiently on Sustainable Oil Palm Production

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน¹ บุญเหลือ ศรีมงคล² จิราพรรณ สุขจิต¹ เพ็ญศิริ จำรัสฉาย¹

พุดนา รุ่งระวี³ อรรธน์ วงศ์ศรี³

Vichanee Ormzubsin¹ Bunluea Srimungkun² Jiraphan Sukchit¹ Pensiri Jumradshine¹

Puttana Roongrawee³ Onrat Wongsri³

บทคัดย่อ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชอายุยาวที่ให้ผลผลิตต่อเนื่องตลอดปี การผลิตอย่างยั่งยืน ปริมาณผลผลิตต้องสูง คุณภาพดี ต้นทุนการผลิตต่ำ การใช้ดิน-น้ำ และปุ๋ยเคมีต้องมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำและปุ๋ยเคมีต่อการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ดำเนินการระหว่างมกราคม 2554–ธันวาคม 2562 วางแผนการทดลอง split-plot in RCB 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก ให้น้ำ 3 ระดับ อาศัยน้ำฝน ให้น้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำ ปัจจัยรอง ปุ๋ยเคมี 3 ระดับ 75 100 และ 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยน้ำมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าปัจจัยปุ๋ยเคมี การให้น้ำ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มดิบ 4.93 และ 1.47 ตันต่อไร่ต่อปี สูงกว่าอาศัยน้ำฝน 31 และ 46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การให้น้ำ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ ให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มดิบสูงสุด 5.42 และ 1.57 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าอาศัยน้ำฝน 6 และ 11 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 17 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น 19 และ 31 เปอร์เซ็นต์ และศักยภาพการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น 20 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่งผลให้การผลิตปาล์มน้ำมันมีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม

คำสำคัญ: การให้น้ำ การจัดการปุ๋ย ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ผลผลิต รายได้สุทธิ

¹ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี 126 หมู่ที่ 4 ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี 84340

¹ Suratthani Oil Palm Research Center 126 Moo 4 ThaUthae Subdistrict Kanchanadit District SuratThani 84340

² ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี 264 หมู่ที่ 12 ต.ท่าช้าง อ.สว่างวีระวงศ์ จ.อุบลราชธานี 34190

² Ubon Ratchathani Field Crops Research Center 264 Moo 12 Tha Chang Subdistrict Sawang Wirawong District Ubon Ratchathani 34190

³ สำนักที่ปรึกษา กรมวิชาการเกษตร 50 ถ.พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

³ Advisory Office Department of Agriculture 50 Phaholyothin Road Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

ABSTRACT

The effective management of sustainable oil palm production has objectives: to study the influence of water and fertilizer for sustainable oil palm production at Surat Thani Oil Palm Research Center between January 2011 - December 2019. The split plot design in RCB 3 replications was employed with water regimes as main plot and chemical fertilizer as sub-plot. Main plot was rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation while sub-plot was chemical fertilizer 75, 100 and 125 percent of the DOA recommended rate. The results showed that irrigation factors had more influence growth and yield than fertilizer factors. Oil palm that receives 1.2 times of evaporation provided 4.93 tons $\text{rai}^{-1} \text{year}^{-1}$ oil palm production (higher than rainfed 31%) and 1.47 tons crude palm oil (higher than rainfed 46%). While, 1.2 times of evaporation with 125 percent of the DOA recommended rate provided oil palm yield and crude palm oil 5.42 and 1.57 tons $\text{rai}^{-1} \text{year}^{-1}$, respectively. Oil palm that received water 0.8 times of evaporation had lower the total production cost than rainfed 6%. The nutrient use efficiency increased 17% of rainfed, the water use efficiency increased 19% of rainfed, and the land use efficiency increased 20% of rainfed. Oil palm that received water 1.2 times of evaporation had lower the total production cost than rainfed 11%. The nutrient use efficiency increased 28% of rainfed, the water use efficiency increased 31% of rainfed, and the land use efficiency increased 31% of rainfed. All of these were resulting in sustainable and friendly oil palm production.

Key words: Irrigation, fertilizer management, water use efficiency, yield, net income

คำนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีพื้นที่ให้ผลผลิตทั่วประเทศ 6.15 ล้านไร่ ผลผลิตปาล์มน้ำมัน 18.4 ล้านตัน เฉลี่ย 2.99 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) อัตราสกัดน้ำมันเฉลี่ย 18 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ 3.31 ล้านตัน (กรมการค้าภายใน, 2565) อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ปริมาณฝนลดลงหรือทิ้งช่วงนานขึ้น ปริมาณน้ำใช้ภาคเกษตรลดลง แนวโน้มผลผลิตเฉลี่ยของประเทศจึงลดลง โดยในปี พ.ศ. 2561-2563 ผลผลิตเฉลี่ย 2.90 2.89 และ 2.76 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ประกอบกับพื้นที่ปลูกที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้องบริหารจัดการสต็อกน้ำมันปาล์มดิบโดยเน้นส่งออกซึ่งต้องเน้นต้นทุนการผลิตต่ำเพื่อให้แข่งขันกับประเทศเพื่อนบ้านได้ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการลดต้นทุนการผลิตจึงเป็นหัวใจสำคัญที่ต้องปรับตัวให้ได้ในยุคการค้าเสรี เพื่อให้การผลิตมีความยั่งยืนและอยู่รอด ปาล์ม

น้ำมันสามารถให้ผลผลิตได้ต่อเนื่องตลอดปีหากปัจจัยการผลิตเหมาะสม แต่หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและผลผลิตอย่างมาก ซึ่ง Sands and Mulligan (1990) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยจะมีศักยภาพสูงสุดเมื่อพืชไม่อยู่ในสภาวะขาดน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำจะสูงสุดเมื่อไม่ขาดธาตุอาหาร ดังนั้นการจัดการน้ำและปุ๋ยอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นอย่างมากสำหรับปาล์มน้ำมันที่มีอายุให้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 25 ปี ซึ่งการจัดการที่เหมาะสมกับความ ต้องการของปาล์มน้ำมันและพื้นที่ เพื่อเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและปุ๋ย และเพิ่มศักยภาพการใช้ที่ดินได้สูงกว่าการจัดการทั่วไป ซึ่งเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรที่ต้องการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน จึงดำเนินการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการผลิตด้านการให้น้ำและปุ๋ยเคมีต่อการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ split-plot in RCB 3 ซ้ำ หน่วยทดลองละ 28 ต้น ปัจจัยหลัก ให้น้ำด้วยระบบมินิสปริงเกอร์ 3 ระดับในช่วงแล้ง-ฝนทั้งช่วง คือ อาศัยน้ำฝน ให้น้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำ (I0, I1 และ I2) ปัจจัยรอง ให้อปุ๋ยเคมี (21-0-0:0-3-0:0-0-60:กีเซอไรท์:โบเรท) 3 ระดับคือ 75 100 และ 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (F0, F1 และ F2) โดยปีที่ 1 ใส่ 1.55:1:1: 0.5:0.09 ปีที่ 2 ใส่ 3:1.5:2.5:1:0.13 และปีที่ 3 ขึ้นไปใส่ 4.0:1.5:3.0:1.0:0.13 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ตามลำดับ แบ่งใส่ 3 ครั้งต่อปี ดำเนินการในเดือนมกราคม 2554-ธันวาคม 2562 ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี ในชุดดินสายบุรี ซึ่งมีเนื้อดินที่ความลึก 0-23, 23-42 และ 42-60 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วน และดินร่วนเหนียว ตามลำดับ อัตราการไหลซึม น้ำของดินปานกลาง เป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.15) ค่านำไฟฟ้าต่ำมาก (0.04 dS/m) อินทรีย์วัตถุต่ำ (0.62 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (1.2 ppm) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง (74 ppm)

ปลูกปาล์มน้ำมันพันธุ์ลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 เดือนกรกฎาคม 2554 ระยะปลูก สามเหลี่ยมด้านเท่า 9x9x9 เมตร ให้น้ำทุกวันในช่วงแล้งหรือฝนทั้งช่วง ค่าระเหยน้ำเฉลี่ย 7 วันย้อนหลังของสถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี (กลุ่มงานอากาศเกษตร กาญจนดิษฐ์) เริ่มให้น้ำตั้งแต่ปีที่ 1

วิเคราะห์สมบัติดินทางกายภาพ-เคมี และวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบทุกปี ทุกกรรมวิธี ตั้งแต่ปีที่ 3 เพื่อติดตามสถานะของธาตุอาหารในดินและใบสำหรับ การบันทึกการเจริญเติบโตและผลผลิต 10 ต้นต่อซ้ำ ปีละ 1 ครั้ง ตามวิธีการของ Corley and Breure (1981) ประกอบด้วย จำนวนทางใบเพิ่ม จำนวนทางใบทั้งหมด ความยาวทางใบ พื้นที่หน้าตัดแกนทาง พื้นที่ใบ (พื้นที่ใบ = $0.55 \times$ จำนวนใบย่อย $\times$ พื้นที่ใบย่อยเฉลี่ย 6 ใบย่อย) และดัชนีพื้นที่ใบ (ดัชนีพื้นที่ใบ = $\frac{\text{พื้นที่ใบทั้งหมดของต้น}}{\text{พื้นที่ทรงพุ่ม}}$) จำนวนและน้ำหนักทะลาย บันทึกทุกรอบเก็บเกี่ยว 15 วันต่อครั้ง คำนวณผลผลิตโดย ผลผลิต = จำนวนทะลาย $\times$ น้ำหนักทะลาย (หน่วย: ต้นต่อไร่ต่อปี) สำหรับองค์ประกอบทะลาย เก็บตัวอย่างทะลายช่วงเดือนมกราคม-มิถุนายน เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการน้ำต่อคุณภาพทะลายปาล์มน้ำมัน ตลอดเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2560-2562) วิเคราะห์องค์ประกอบทะลาย 12 ทะลายต่อกรรมวิธีต่อปี รวม 324 ทะลาย ตามวิธีการของ Hartley

(1988) ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดำเนินการตามวิธีการของ Ooi (1978) การสกัดน้ำมันใช้วิธี Soxtec และ คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะเลและผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ANOVA ด้วย โปรแกรม IRRISTAT และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยการผลิต และศักยภาพการใช้ที่ดิน

1) ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละกรรมวิธี จากสูตร

ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี = ผลผลิตทะเล (กิโลกรัมต่อไร่)/ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ (กิโลกรัมต่อ ไร่)

2) ประสิทธิภาพการใช้น้ำ หรือรอยเท้า น้ำ (water footprint; WF) ของทะเลปาล์มน้ำมัน 1 ดัน ตามวิธีการของ Hoekstra *et al* (2011) จากสูตร

$$WF = WF_{grey} + WF_{blue} + WF_{green}$$

โดยที่ WF_{green} คือปริมาณความต้องการน้ำในส่วนของการปลูกพืชในรูปของความชื้นในดิน

WF_{blue} คือปริมาณน้ำชลประทานที่ให้พืช

WF_{grey} คือปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในทะเลลายมลพิษให้อยู่ในมาตรฐานตามธรรมชาติ

3) ศักยภาพการใช้ที่ดิน คำนวณโดยคิดฐานจากผลผลิตเฉลี่ย 5 ปี พื้นที่ 20 ไร่ ด้วยกรรมวิธี I2F2 และ เปรียบเทียบกับผลผลิตปาล์มน้ำมันของกรรมวิธีอื่นๆ ว่าต้องใช้พื้นที่เท่าไร หากต้องการให้ได้รับผลผลิตเท่ากับการ จัดการด้วยกรรมวิธี I2F2 จากนั้นจึงเปรียบเทียบศักยภาพการใช้ที่ดินในแต่ละระดับของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

4) ต้นทุน รายรับและรายได้สุทธิ คำนวณต้นทุนระบบให้น้ำ พลังงานที่ใช้ให้น้ำ ค่าปุ๋ยเคมีและ สารปรับปรุงดิน ค่าจ้างใส่ปุ๋ยและเก็บเกี่ยวผลผลิต และรายรับจากผลผลิต ต้นทุนค่าปุ๋ยและต้นทุนทั้งหมด ต่อผลผลิต ต้นทุนต่อไร่ และรายได้สุทธิในการผลิตปาล์มน้ำมันที่จัดการปัจจัยการผลิตแตกต่างกัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

วิเคราะห์ดินและใบทุกปีเพื่อประเมินความเหมาะสมของการจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่ง ภาพรวมอยู่ในระดับที่เหมาะสม และเสนอภาพรวมผลวิเคราะห์ดินเฉพาะปีที่ 8 พบว่า pH ดินมีค่า 4.67 (Figure 1a) ซึ่งต้องปรับ pH ด้วยปูนโดโลไมท์ 3 กิโลกรัมต่อตัน ค่าน้ำไฟฟ้าหรือความเค็มดินน้อยมากไม่ กระทบต่อปาล์มน้ำมัน (Figure 1b) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 26 ppm อยู่ในระดับเหมาะสมสูง (20-25 ppm) และ I0F0 I0F1 และ I0F2 มีค่าสูง 25-71 ppm ซึ่งเป็นผลจากสภาพอาศัยน้ำฝน (Figure 1c) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 126 ppm อยู่ในช่วงเหมาะสมสูง และกรรมวิธี I0F1 และ I0F2 มีค่าสูง มาก 194-195 ppm (Figure 1d) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 55-139 ppm อยู่ในช่วงปานกลางถึง เหมาะสมสูง (Figure 1e) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 307 ppm อยู่ในช่วงเหมาะสม (Figure 1f) และดีต่อ สมดุลธาตุอาหาร อัตราส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมมีค่า 3.86 มีความสมดุล (Figure 1g) อัตราส่วน แมกนีเซียมต่อโพแทสเซียมมีค่า 0.81 มีความสมดุลเช่นกัน (Figure 1h)

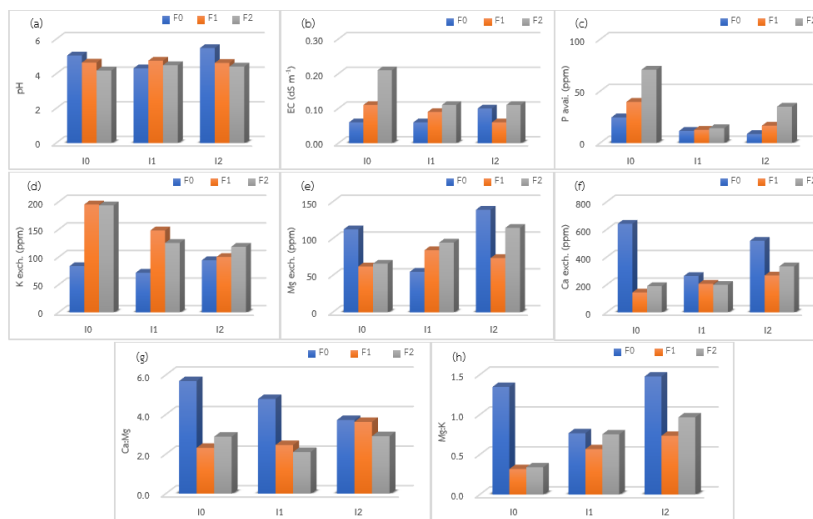


Figure 1 Chemical properties of soil: pH (a) EC. (b) available P (c) exchange K, Mg and Ca (d-f), Ca:Mg (g) and Mg:K (h) at Surat Thani Oil Palm Research Center; April 2019

ปริมาณธาตุอาหารในใบ

ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันปีที่ 8 เปรียบเทียบกับความเหมาะสมของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอายุ 8 ปี ดังนี้ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.38-2.64 ฟอสฟอรัส 0.15-0.17 โพแทสเซียม 0.9-1.1 แมกนีเซียม 0.24-0.26 และแคลเซียม 0.25-1.0 %โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณโบรอนช่วงเหมาะสม 15-25 ppm (Richardson, 1986) พบว่า

ปริมาณไนโตรเจน (N) ในใบเฉลี่ยของการจัดการน้ำ I0 I1 และ I2 มีค่า 2.254 2.251 และ 2.317 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดย I2 สามารถดูดใช้ N ได้สูงกว่า I0 และ I1 และที่ระดับปุ๋ยเคมี F0 F1 และ F2 ปริมาณ N ในใบมีค่า 2.264-2.287 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกันมาก (Figure 2a)

ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในใบเฉลี่ยของการจัดการน้ำและการจัดการปุ๋ยเคมีที่ต่างกันมีค่า 0.143-0.147 โดยน้ำหนักแห้ง (Figure 2b) ซึ่งใกล้เคียงกันมากและต่ำกว่าค่าวิกฤตเล็กน้อย

ปริมาณโพแทสเซียม (K) ในใบเฉลี่ยของการจัดการน้ำ I0 I1 และ I2 มีค่า 0.945 1.047 และ 1.010 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ และอยู่ในระดับที่เหมาะสม สำหรับการจัดการปุ๋ยเคมีต่างกันพบว่า ปริมาณ K ในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น (Figure 2c)

ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ในใบเฉลี่ยของการจัดการน้ำ I0 I1 และ I2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทิศทางเดียวกับปริมาณน้ำที่ได้รับ (0.266 0.280 และ 0.292 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ) สำหรับการจัดการปุ๋ยเคมีต่างกันพบว่า ปริมาณ Mg มีค่า 0.268-0.288 โดยน้ำหนักแห้ง (Figure 2d) เมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของปาล์มน้ำมันพบว่า ปริมาณ Mg มีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมเล็กน้อย

ปริมาณแคลเซียม (Ca) ในใบเฉลี่ยของการจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีที่ต่างกันมีค่า 0.672-0.753 โดยน้ำหนักแห้ง (Figure 2e) ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน

ปริมาณโบรอน (B) ในใบเฉลี่ยของการจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีต่างกันมีค่า 38.2-44.5 ppm (Figure 2f) ซึ่งสูงกว่าค่าที่เหมาะสมประมาณ 50-75%

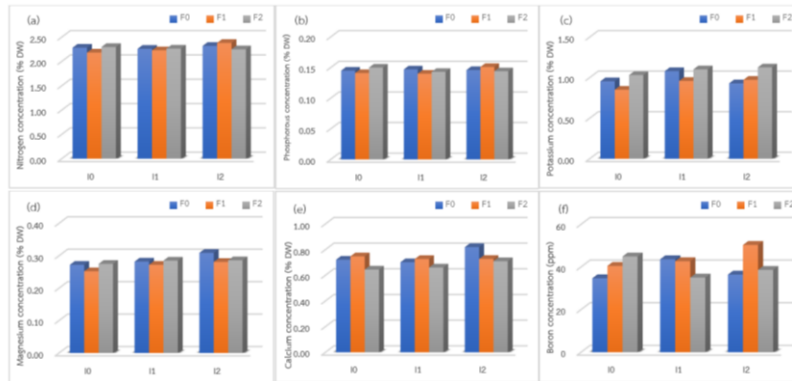


Figure 2 Leaf nutrient concentration: nitrogen (a) phosphorous (b) potassium (c) magnesium (d) calcium (e) and boron (f) of hybrid oil palm “Surat Thani 7” which different of irrigation and fertilizer level at Surat Thani Oil Palm Research Center; April 2019

ความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมัน

ปริมาณความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมัน (CWR) ขึ้นกับค่าระเหยน้ำและปริมาณฝนใช้การ ในปี พ.ศ. 2554-2562 ปริมาณน้ำฝนแปรปรวนมาก 1,519-3,644 มิลลิเมตรต่อปี เฉลี่ย 2,076 มิลลิเมตรต่อปี ค่าระเหยน้ำเฉลี่ย 3.69 มิลลิเมตรต่อวัน สูงสุดช่วงมีนาคม-เมษายน ชั่วโมงแสงแดด เฉลี่ย 5.74 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ ต่ำสุด-สูงสุดเฉลี่ย 22.9 และ 32.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 27.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ต่ำสุด-สูงสุดเฉลี่ย 63.0 และ 95.6 เปอร์เซ็นต์ พิจารณาโดยรวม สภาพภูมิอากาศมีความเหมาะสมกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน ยกเว้นชั่วโมงแสงแดดน้อยกว่าความต้องการของปาล์มน้ำมัน CWR มีค่า 1,251-1,465 มิลลิเมตรต่อปี โดย CWR มีค่าต่ำสุดในปี พ.ศ. 2560 และสูงสุดในปี พ.ศ. 2562

ปริมาณฝนใช้การ ต่ำสุดปี พ.ศ.2558 1,016 มิลลิเมตร และสูงสุดปี พ.ศ. 2560 1,561 มิลลิเมตร IWR หรือค่าการขาดน้ำสูงสุด 595 มิลลิเมตรในปี พ.ศ. 2559 และส่งผลกระทบต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันที่อาศัยน้ำฝน ปี พ.ศ. 2560 IWR มีค่าต่ำสุดเพียง 194 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นผลดีต่อปาล์มน้ำมันที่อาศัยน้ำฝนและประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Figure 4)

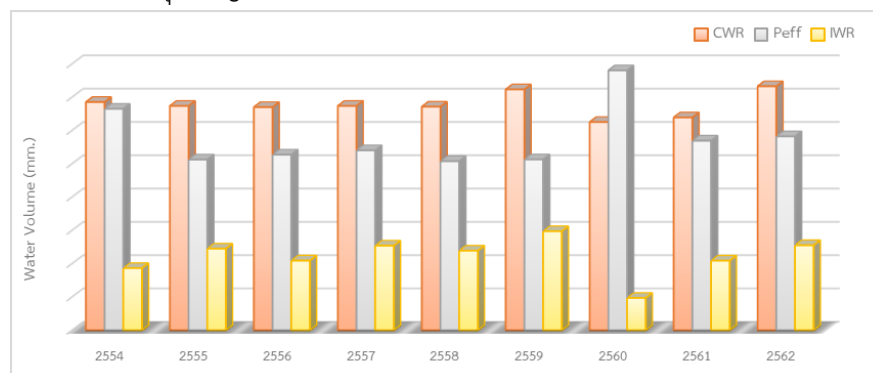


Figure 4 Crop water requirement; CWR, Precipitation efficiency; Peff. and Irrigation water requirement; IWR of hybrid oil palm var. Surat Thani 7 which different of irrigation and fertilizer level at Surat Thani Oil Palm Research Center; January 2554–December 2562

การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

ปัจจัยน้ำ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันทุกดัชนีดังนี้ ทางใบเพิ่มปีที่ 4-8 ทางใบทั้งหมดปีที่ 4-5 ความยาวทางใบปีที่ 6-7 หน้าตัดแกนทางปีที่ 6-8 พื้นที่ใบปีที่ 4 พื้นที่ใบปีที่ 6-8 และดัชนีพื้นที่ใบปีที่ 6 และ 8 (Figure 5 a-l - f-l) การเจริญเติบโตเฉลี่ยปีที่ 8 ทางใบเพิ่ม 23.3-24.5 ทางใบต่อต้น ความยาวทางใบ 5.26-5.47 เมตร หน้าตัดแกนทาง 18.7-21.7 ตารางเซนติเมตร พื้นที่ใบ 8.75-9.34 ตารางเมตร และดัชนีพื้นที่ใบ 6.51-6.69 โดยหน้าตัดแกนทางที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับพื้นที่ใบในทิศทางบวก ซึ่งเป็นผลจากการจัดการปัจจัยการผลิตโดยเฉพาะการให้น้ำ สอดคล้องกับรายงานความสัมพันธ์ระหว่างหน้าตัดแกนทางและพื้นที่ใบของ Gerritsma และ Soebagyo (1999) ดัชนีพื้นที่ใบตั้งแต่ปีที่ 5 มีค่ามากกว่า 6.0 ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Breure (2010) ว่า ปาล์มน้ำมันระยะปลูก 9x9x9 เมตร ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อดัชนีพื้นที่ใบมีค่า 5.5-6.0

ปัจจัยปุ๋ย พบว่า ปุ๋ยเคมีอัตรา I1 และ I2 มีอิทธิพลต่อความยาวทางใบปีที่ 4-5 (Figure 5c-r) และพื้นที่ใบปีที่ 4 (Figure 5e-r) เมื่อเปรียบเทียบกับ ปุ๋ยเคมีอัตรา I0 แสดงว่าการจัดการปุ๋ย 75-125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ มีผลต่อการเจริญเติบโตเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลจากการจัดการน้ำ โดยการให้น้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำ การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันไม่ต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับผลวิเคราะห์สถิติของผลผลิตปาล์มน้ำมันที่จัดการน้ำต่างกัน (Figure 6)

ผลผลิตปาล์มน้ำมัน

องค์ประกอบผลผลิตปีที่ 4-8

ปัจจัยน้ำ มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตทั้งจำนวนทะลาย น้ำหนักทะลายและผลผลิตทะลายสด (Figure 6a-c) และแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในปีที่ 4-6 ปัจจัยปุ๋ยเคมี องค์ประกอบผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 6d-f) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับอิทธิพลของปัจจัยน้ำและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต (Figure 5) สำหรับปีที่ 8 พบปฏิกริยาสัมพันธ์ของผลผลิตทะลายสด โดยกรรมวิธีอาศัยน้ำฝนและให้น้ำ 0.8 เท่าของค่าระเหยน้ำ ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ปุ๋ย 3 อัตรา แต่กรรมวิธีให้น้ำ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำ พบว่า ปุ๋ย 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำให้ผลผลิตสูงสุด 7.12 ตันต่อไร่ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับปุ๋ย 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ (Figure 6g) แสดงว่า การจัดการน้ำที่มากพอต้องการให้ปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เป็นปัจจัยจำกัดต่อศักยภาพการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

องค์ประกอบผลผลิตเฉลี่ย พบว่า การจัดการน้ำมีผลต่อจำนวนทะลายมากกว่าน้ำหนักทะลาย (Figure 7a-b และ Figure 8) ปาล์มน้ำมันที่อาศัยน้ำฝนและได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.75, 4.48 และ 4.93 ตันต่อไร่ต่อปี (Figure 7c) หรือการให้น้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำผลผลิตสูงกว่าอาศัยน้ำฝน 19 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อพัฒนาการทะลายทุกระยะตั้งแต่กำเนิดตาดอก กำหนดเพศ การฝ่อและการแทงของช่อดอก ปาล์มน้ำมัน

ที่ได้รับปุ๋ยอัตราต่างกันให้ผลผลิต 4.27-4.54 ตันต่อไร่ต่อปี ส่วนต่างผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ได้รับปุ๋ย 75 และ 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำมีค่าเพียง 6.3 เปอร์เซ็นต์ (Figure 7)

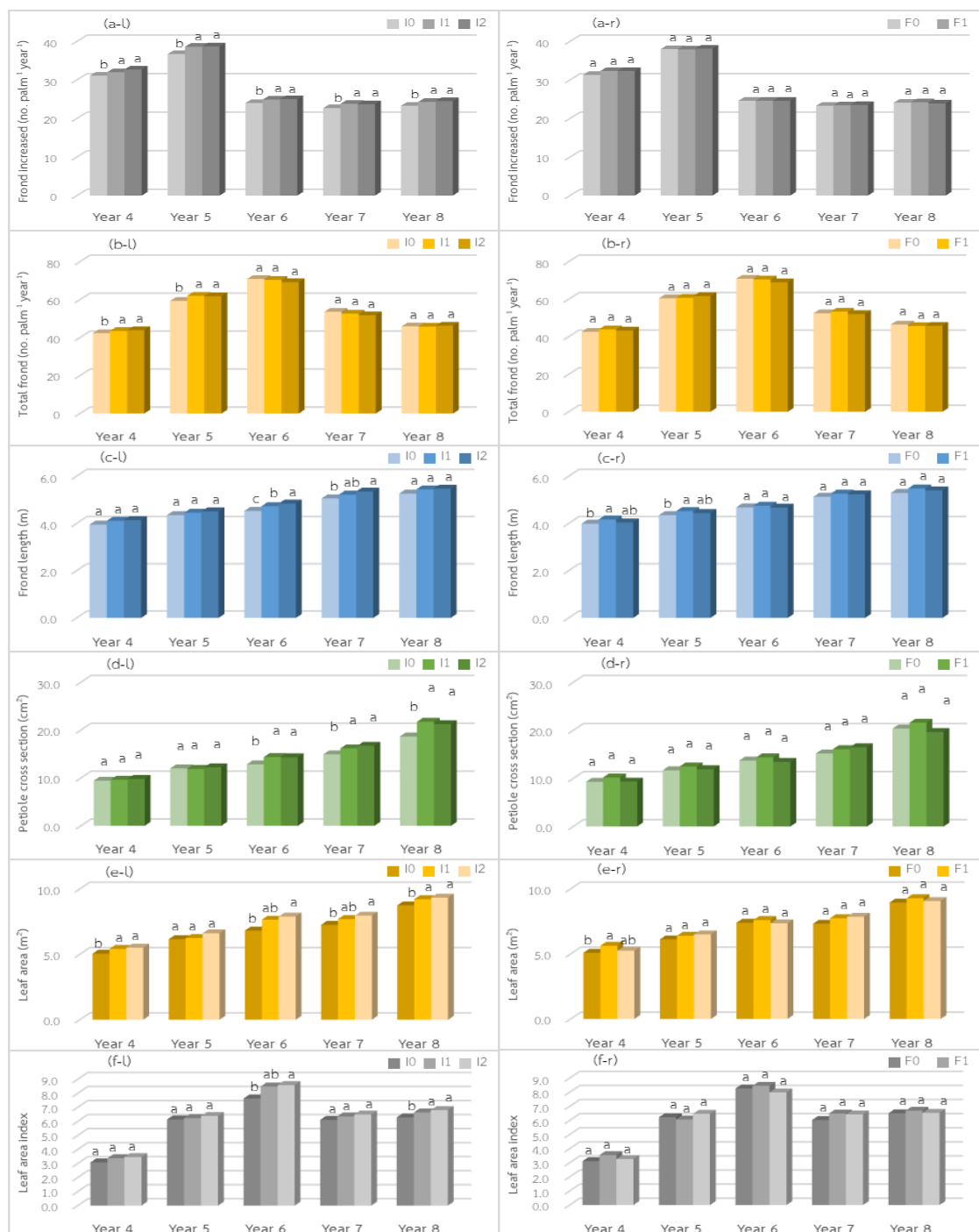


Figure 5 Growth: frond increased (a) total frond (b) frond length (c) petiole cross section (d) leaf area (e) and leaf area index (f) of hybrid oil palm “Surat Thani 7” which different of irrigation (left-l) and fertilizer level (right-r) at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2015-July 2019

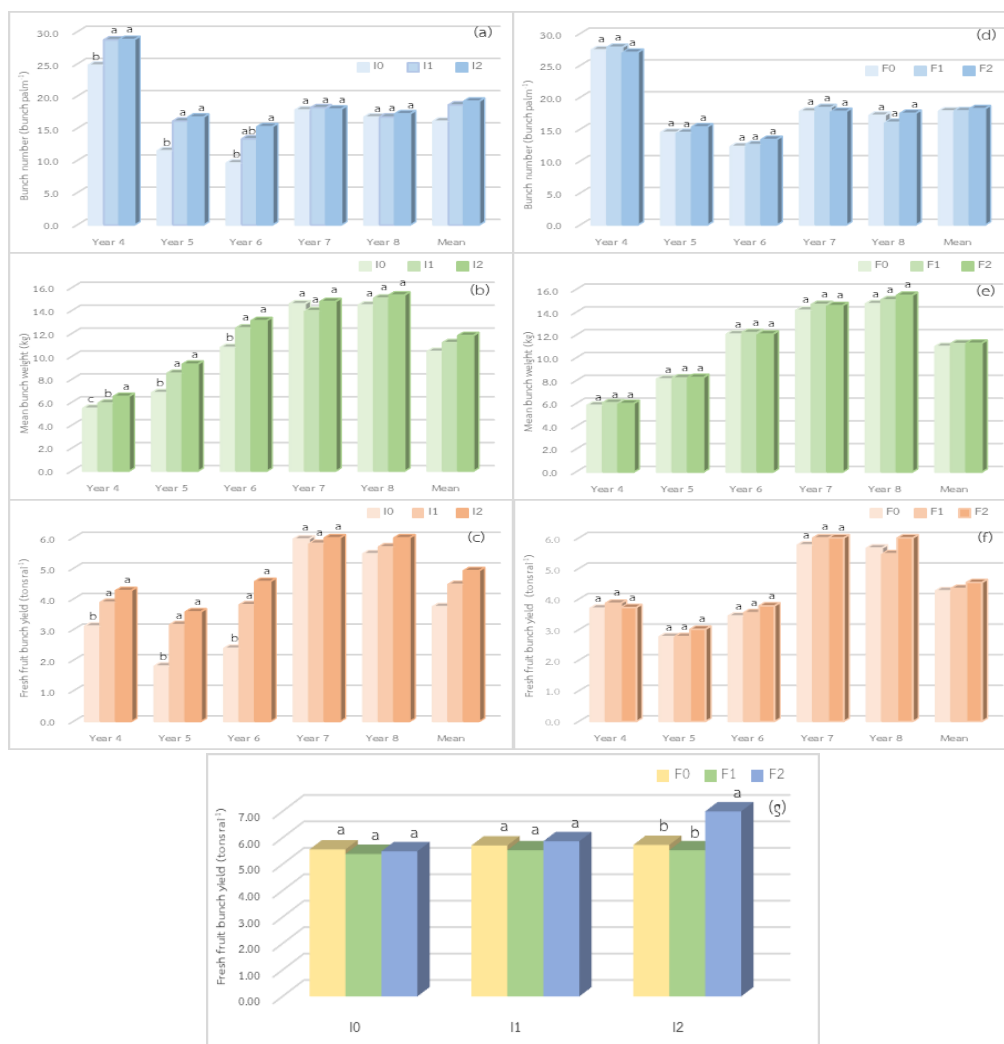


Figure 6 Yield component: bunch number, mean bunch weight and fresh fruit bunch yield (a-c) which rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation and bunch number, mean bunch weight and fresh fruit bunch yield (d-f) which fertilizer 75, 100 and 125 % of DOA recommended rate and fresh fruit bunch yield (year 8) of hybrid oil palm "Surat Thani 7" (g) at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2014-June 2019

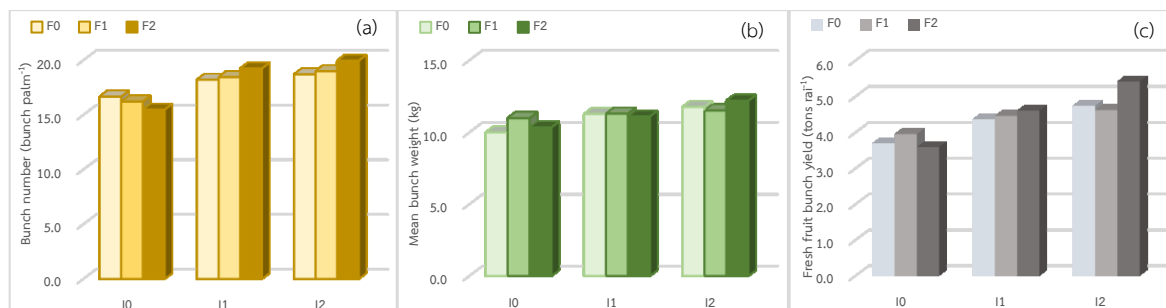


Figure 7 Average yield component (year 4-8): bunch number (a) mean bunch weight (b) and fresh fruit bunch yield (c) of hybrid oil palm "Surat Thani 7" which different of irrigation and fertilizer level at Surat Thani Oil Palm Research Center; 2017-2019



Figure 8 Hybrid oil palm “Surat Thani 7” which irrigation 1.2 times of evaporation and fertilizer 125% of DOA recommended rate at Surat Thani Oil Palm Research Center; December 2017.

คุณภาพทะลายและผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ การจัดการปัจจัยการผลิตต่างกันมีผลต่อคุณภาพทะลาย โดยการให้น้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำ น้ำมันต่อทะลายสูงกว่าอาศัยน้ำฝน 6 และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบสูงกว่าอาศัยน้ำฝน 26 และ 46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การให้ปุ๋ยอัตราต่างกันพบว่า ผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบไม่แตกต่างกัน (Table 1)

Table 1 Oil per bunch and crude palm oil content of hybrid oil palm “Surat Thani 7” which rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation and fertilizer 75, 100 and 125% of DOA recommended rate at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2014-June 2019

Factor production	Oil per bunch (%)				Crude palm oil content (tons rai ⁻¹ year ⁻¹)			
	I0	I1	I2	Mean	I0	I1	I2	Mean
F0	27.2	27.6	30.9	28.6	1.01	1.21	1.47	1.23
F1	27.8	29.4	29.8	29.0	1.10	1.31	1.38	1.26
F2	25.4	28.0	28.9	27.4	0.91	1.29	1.57	1.26
Mean	26.8 (100)	28.4 (106)	29.9 (112)	28.3	1.01 (100)	1.27 (126)	1.47 (146)	1.25

ความยั่งยืนของการผลิตปาล์มน้ำมัน

ต้นทุนการผลิต การผลิตปาล์มน้ำมันจะมีความยั่งยืน ต้นทุนการผลิตต้องต่ำและไม่กระทบต่อผลผลิต คำนวณต้นทุน 2 รูปแบบ 1) ต้นทุนปุ๋ยเคมี ของปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำมีค่า 0.62 และ 0.56 บาทต่ออีโกลกรัม ต่ำกว่าอาศัยน้ำฝน 17 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และต้นทุนปุ๋ยเคมีที่ระดับปุ๋ย 100 และ 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ สูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ 30 และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ 2) ต้นทุนรวม ปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำมีค่า 2.18 และ 2.07 บาทต่ออีโกลกรัม ตามลำดับ ต่ำกว่าอาศัยน้ำฝน 6 และ 11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปุ๋ยเคมีที่ 100 และ 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ ต้นทุนรวมสูงกว่าที่ 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ 18 และ 36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) แสดงว่า การจัดการน้ำช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ หากพิจารณาเฉพาะอัตราปุ๋ยเคมีพบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราเพิ่มขึ้นทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น

รายรับ ต้นทุนการผลิต และรายได้สุทธิ พบว่า รายรับของปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำสูงกว่าอาศัยน้ำฝน 19 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่อัตราปุ๋ยที่ต่างกันมีรายรับไม่ต่างกัน โดยมีต้นทุนการผลิต 6,130 และ 6,388 บาทต่อไร่ สูงกว่าอาศัยน้ำฝน 13 และ 18

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) ทั้งนี้ การพิจารณาต้นทุนการผลิตควรคิดที่ต้นทุนต่อผลผลิตมากกว่า ต้นทุนต่อพื้นที่ เนื่องจากการจัดการที่ดีแม้จะลงทุนสูงแต่ผลผลิตจะสูงตามไปด้วย ปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำมีรายได้สุทธิสูงกว่าอ้ายน้ำฝน 22 และ 37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4) อย่างไรก็ตาม รายได้สุทธิจะมากหรือน้อยขึ้นกับราคาผลผลิตและเหนือการควบคุมหรือการจัดการของ เกษตรกร ดังนั้น การจัดการปัจจัยการผลิตอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต ช่วยให้ เกษตรกรมีรายได้สุทธิสูงขึ้น

Table 2 Fertilizer cost and total production cost of hybrid oil palm “Surat Thani 7” which rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation; I0 I1 I2 and fertilizer 75, 100 and 125 % of DOA recommended rate; F0 F1 F2 at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2011-June 2019

Factor production	Fertilizer cost (baht kg ⁻¹)				Total production cost (baht kg ⁻¹)			
	I0	I1	I2	Mean	I0	I1	I2	Mean
F0	0.57	0.48	0.44	0.50 (100)	1.90	1.86	1.79	1.85 (100)
F1	0.71	0.63	0.61	0.65 (130)	2.22	2.20	2.17	2.19 (118)
F2	0.97	0.76	0.65	0.79 (158)	2.83	2.49	2.24	2.52 (136)
Mean	0.75 (100)	0.62 (83)	0.56 (75)	0.65	2.31 (100)	2.18 (94)	2.07 (89)	2.19

Table 3 Revenue and production cost of hybrid oil palm var. Surat Thani 7 which rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation; I0 I1 I2 and fertilizer 75, 100 and 125 % of DOA recommended rate; F0 F1 F2 at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2011-June 2019

Factor production	Revenue (baht rai ⁻¹)				Production cost (baht rai ⁻¹)			
	I0	I1	I2	Mean	I0	I1	I2	Mean
F0	18,504	21,835	23,720	21,353	4,388	5,088	5,319	4,931
F1	19,786	22,306	23,123	21,738	5,484	6,123	6,274	5,960
F2	17,969	23,040	27,088	22,699	6,348	7,178	7,572	7,032
Mean	18,753	22,394	24,644	21,930	5,406	6,130	6,388	5,975
	(100)	(119)	(131)		(100)	(113)	(118)	

* FFB price 5 baht kg⁻¹

Table 4 Net income of hybrid oil palm “Surat Thani 7” production which rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation and fertilizer 75, 100 and 125% of DOA recommended rate at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2011-June 2019

Factor production	Net income (baht rai ⁻¹)			
	I0	I1	I2	Mean
F0	14,117	16,747	18,401	16,422 (100)
F1	14,302	16,183	16,849	15,778 (96)
F2	11,622	15,862	19,517	15,667 (95)
Mean	13,347	16,264	18,255	21,930
	(100)	(122)	(137)	

ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี การเพิ่มอัตราปุ๋ยเคมีจาก 75 100 และ 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ พบว่า ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีลดลง 24 และ 36 เปอร์เซ็นต์ โดยปุ๋ยเคมี 1 กิโลกรัมให้ผลผลิตปาล์มน้ำมัน 31.1 23.6 และ 20.0 กิโลกรัม ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีมีค่าเพิ่มขึ้นตามปัจจัยน้ำที่ได้รับ โดยปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำ ผลผลิตเพิ่มขึ้น 17 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตโดยอาศัยเฉพาะน้ำฝน หรือผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 21.6 เป็น 25.3 และ 27.7 กิโลกรัมต่อปุ๋ยเคมี 1 กิโลกรัม (Table 5)

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเมื่อปาล์มน้ำมันได้รับปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น โดยการผลผลิตผลิต 1 ตันทะลาย สามารถลดการใช้น้ำจาก 605 เป็น 591 และ 580 ลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้น 2 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณการให้น้ำที่เพิ่มขึ้นพบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยผลผลิต 1 ตันทะลาย สามารถลดการใช้น้ำจาก 683 เป็น 571 และ 521 ลูกบาศก์เมตร หรือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น 19 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ปัจจัยการให้น้ำเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตปาล์มน้ำมันมากกว่าปัจจัยปุ๋ยเคมี (Table 5)

Table 5 Nutrient use efficiency and water use efficiency of hybrid oil palm “Surat Thani 7” production which rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation; I0 I1 I2 and fertilizer 75, 100 and 125 % of DOA recommended rate; F0 F1 F2 at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2011-June 2019

Factor production	Nutrient use efficiency (yield kg ⁻¹ fertilizer)				Water use efficiency (m ³ ton ⁻¹ yield)			
	I0	I1	I2	Mean	I0	I1	I2	Mean
F0	27.1	31.7	34.4	31.1 (100)	691	586	539	605 (100)
F1	21.3	24.2	25.2	23.6 (76)	646	573	553	591 (102)
F2	16.4	20.1	23.6	20.0 (64)	712	555	472	580 (106)
Mean	21.6 (100)	25.3 (117)	27.7 (128)	24.9	683 (100)	571 (119)	521 (131)	592

ศักยภาพการใช้ที่ดิน การผลิตปาล์มน้ำมันใช้เวลานานกว่า 25 ปี การจัดการปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ทำให้เกษตรกรที่มีที่ดินจำกัดสามารถเพิ่มใช้ศักยภาพการใช้ที่ดินได้สูงขึ้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์และมีศักยภาพในการผลิตปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น จากการคำนวณผลผลิตต่อที่ดิน 20 ไร่พบว่า I0F0 และ I2F2 ได้รับผลผลิตเฉลี่ย 74 และ 108.4 ตันต่อปี (ปีที่ 4-8) และหากเกษตรกรมีการจัดการปัจจัยการผลิตดีโดยเฉพาะการจัดการน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหย ศักยภาพการใช้ที่ดินของเกษตรกรจะเพิ่มขึ้น 20 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 6)

Table 6 FFB yield and land potential of hybrid oil palm “Surat Thani 7” production which rainfed, irrigation 0.8 and 1.2 times of evaporation; I0 I1 I2 and fertilizer 75, 100 and 125 % of DOA recommended rate; F0 F1 F2 at Surat Thani Oil Palm Research Center; July 2011-June 2019

Factor production	FFB yield 20 rai (tons)				Land potential (rai)			
	I0	I1	I2	Mean	I0	I1	I2	Mean
F0	74.0	87.3	94.9	85.4	29.3	24.8	22.8	25.7
F1	79.1	89.2	92.5	87.0	27.4	24.3	23.4	25.1
F2	71.9	92.2	108.4	90.8	30.2	23.5	20.0	24.6
Mean	75.0	89.6	98.6	87.7	29.0 (100)	24.2 (120)	22.1 (131)	25.1

สรุปผลการทดลอง

น้ำและปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยหลักในการผลิตปาล์มน้ำมัน ปัจจัยน้ำมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าปัจจัยปุ๋ย ปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มดิบ 4.93 และ 1.47 ตันต่อไร่ต่อปี สูงกว่าปาล์มน้ำมันที่อาศัยน้ำฝนร้อยละ 31 และ 46 ตามลำดับ และการให้น้ำ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำร่วมกับปุ๋ย 125 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ ผลผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มดิบสูงสุด 5.42 และ 1.57 ตันต่อไร่ต่อปี ปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำ 0.8 และ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำ ต้นทุนผลิตรวมต่ำกว่าอาศัยน้ำฝน 6 และ 11 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 19 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้น้ำเพิ่มขึ้น 19 และ 31 เปอร์เซ็นต์ และศักยภาพการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้น 20 และ 31 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปาล์มน้ำมันที่อาศัยเฉพาะน้ำฝน ส่งผลให้การผลิตปาล์มน้ำมันมีความยั่งยืนเนื่องจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติทั้งน้ำและดินอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงช่วยประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงและมีสัดส่วนของต้นทุนการผลิตอย่างน้อย 30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาผลผลิตเฉลี่ยจากผลการวิจัยตลอด 8 ปี พบว่า การจัดการปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมและควรแนะนำแก่เกษตรกรคือ การให้น้ำ 1.2 เท่าของค่าระเหยน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 125 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 5 ปี สูงถึง 5.42 ตันต่อไร่ต่อปี และส่งผลดีต่ออุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มโดยรวมจากปริมาณและคุณภาพของทะลายที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดการได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามปาล์มน้ำมันเป็นพืชอายุยาว จึงควรนำข้อมูลในปีต่อไปมาพิจารณาในการตัดสินใจการเลือกปัจจัยการผลิตในการจัดการสวนปาล์มน้ำมันด้วย เนื่องจากสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากและรุนแรงขึ้น

การนำไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรจำนวน 83 ราย นำความรู้ที่ได้ไปปรับปรุงและยกระดับการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มดิบ ในพื้นที่ 1,532 ไร่ ระหว่างปี พ.ศ.2563-2565 ดังนี้

ผลผลิตปาล์มน้ำมัน เพิ่มขึ้นจาก 2,521 เป็น 4,781 ตัน (89.6 เปอร์เซ็นต์) และรายรับเพิ่มจาก 12.1 เป็น 39.9 ล้านบาท (3.3 เท่า) ผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ เพิ่มขึ้นจาก 555 เป็น 1,195 ตัน (2.15 เท่า) โดยอัตราสกัดน้ำมันเพิ่มจาก 22 เป็น 25 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มูลค่าน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มจาก 13.8 เป็น 55.7 ล้านบาท (4.03 เท่า) ส่วนต่างมูลค่าน้ำมันปาล์มดิบเพิ่มจากการจัดการน้ำ-ธาตุอาหารสูง 41.9 ล้านบาท

2. ลดต้นทุนการผลิตปาล์มน้ำมัน เกษตรกรที่จัดการน้ำและปุ๋ยตามคำแนะนำแต่ไม่ครบถ้วนด้วยข้อจำกัดของเกษตรกร พบว่า ต้นทุนการผลิตลดลงจาก 2.50 เป็น 2.12 บาทต่อกิโลกรัม (15 เปอร์เซ็นต์) สำหรับ แต่เกษตรกรที่จัดการผลิตปาล์มน้ำมันตามคำแนะนำทั้งการจัดการน้ำ-ปุ๋ย-การตัดแต่งทางใบ-การเก็บเกี่ยวปาล์มคุณภาพครบถ้วน เช่น เกษตรกรได้รับผลผลิตเพิ่มจาก 1.20 เป็น 6.06 ตันต่อไร่ สูงกว่าเดิม 5 เท่าตัว และปี 2565 มีรายได้สุทธิ 45,458 บาทต่อไร่ ต้นทุนการผลิต 1.40 บาทต่อกิโลกรัม และ ผลผลิต

เพิ่มจาก 0.97 เป็น 4.85 ต้นต่อไร่ สูงกว่าเดิม 5 เท่าตัว และปี พ.ศ. 2565 มีรายได้สุทธิ 36,973 บาทต่อไร่ ต้นทุนการผลิต 1.31 บาทต่อกิโลกรัม (Figure 9)

3. การผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน การผลิตที่ดีและมีความยั่งยืนต้องใช้ทรัพยากรดินและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกษตรกรใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และผลกระทบทางบวกอีกประการจากคือ ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากจำนวนทางใบและพื้นที่ใบที่เพิ่มขึ้นร่วมกับ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของใบที่ทำงานได้เพิ่มขึ้น

4. การแก้ไขปัญหาคุณภาพ การจัดการน้ำ-ธาตุอาหารที่เหมาะสมช่วยแก้ปัญหาคุณภาพทะลายได้จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทะลายพบว่า น้ำมันต่อทะลายเพิ่มขึ้น 3 เปอร์เซ็นต์ (24 เป็น 27 เปอร์เซ็นต์)

5. การบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม ข้อมูลอุตุณิยมิวิทยาเฉลี่ย 30 ปี 2 ช่วง (ปี พ.ศ. 2529-2558 และ 2535-2564) พบว่า ความต้องการน้ำชลประทานเพิ่มจาก 217 เป็น 471 มิลลิเมตรต่อปี และจำนวน เดือนที่ขาดน้ำเพิ่มจาก 4 เป็น 8 เดือน ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตหากไม่มีการจัดการที่ดี สำหรับ ศักยภาพการใช้ที่ดินมีค่าเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ 1,532 ไร่เพิ่มผลผลิตจาก 2,521 เป็น 4,781 ตัน ในเวลา 3 ปี

6. อบรมให้ความรู้ สร้างความเข้าใจ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกร รวมถึงภาคปฏิบัติด้านการจัดการน้ำ-ธาตุอาหารอย่างแม่นยำตามผลวิเคราะห์ดิน-ใบให้แก่เกษตรกร 95 ราย ใน 17 อำเภอของ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2562-2565 ผ่าน "งบประมาณจังหวัดสุราษฎร์ธานี" จำนวน 14 ล้านบาท



Figure 9 Oil palm production cases that used appropriate irrigation and fertilizer during 2019-2022

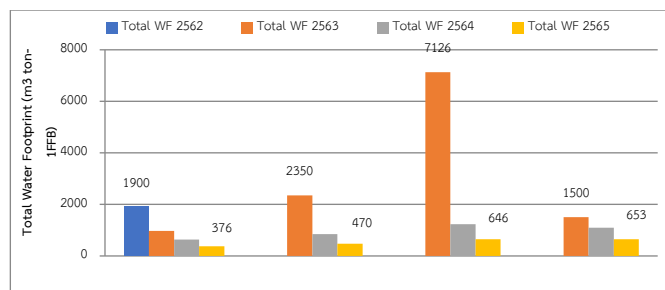


Figure 10 Water use efficiency (water footprint) of oil palm production of 4 farmers that using appropriate irrigation and fertilizer during the year 2019-2022.

คำขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินงานขอขอบคุณที่นักวิจัย พนักงานราชการและลูกจ้างประจำของศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานีที่ได้ร่วมมือ ร่วมแรงและร่วมคิดมาด้วยกันตั้งแต่เริ่มต้น โดยเฉพาะนักวิจัยรุ่นอาวุโสของศูนย์ฯ ที่ให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะและจุดประกายความคิดในการทำวิจัยด้านเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน และขอขอบพระคุณคณะที่ปรึกษา คณะกรรมการวิจัยและพัฒนา สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงานที่ให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน, 2565. ศูนย์ข้อมูลปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ. แหล่งข้อมูล:

<https://palm.dit.go.th/>. สืบค้น: 30 ธันวาคม 2565

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. แหล่งข้อมูล: <http://goo.gl/DUyUaB>.

สืบค้น: 30 ธันวาคม 2565.

Breure, C.J. 2010. Rate of leaf expansion: A criterion for identifying oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) types suitable for planting at high densities. *Journal of Life Sciences*. 57 (2): 141-147.

Corley, R.H.V. and C.J. Breure. 1981. *Measurement in Oil Palm Experiments*. Internal Report, Unilever Plantations, London. 35 p.

Gerritsma, W. and F.X. Soebagyo. 1999. An analysis of the growth of leaf area of oil palms in Indonesia. *Expl. Agric*. 35: 293-308.

Hartley, C.W.S. 1988. *The Oil Palm*. 2nd Longman Publishers Ltd., London. 706 p.

Ooi, S.C. 1978. Variability in the Deli dura breeding population of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). IV. Growth and physiological parameters. *Malay. Agric. J*. 51: 359-365.

Richardson, D.L. 1986. Agronomist Report on Oil Palm Nutrition Consultant Report to UNDP/FAO THA/84/007/A/01/02 Project. Printers Pte.Ltd. Singapore. 111 p.

Sands, R. and D.R. Mulligan. 1990. Water and nutrient dynamics and tree growth. *For. Ecol. Manage*. 30:91-111.

การใช้แทนแ่งแห้งเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีในการผลิตผักสลัดคอส

Substitution of Chemical Fertilizer with Dried Azolla on Cos Lettuce Production

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต¹ ประไพ ทองระอา¹ ณัฐนันท์ ไกรเลิศรัตนชัย¹

วนิดา โนบรรเทา¹ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี¹

Sirilak Kaewsuralikhit¹ Praphai Thongra-ar¹ Nattanan Krailertrattanachai¹

Wanida Nobuntou¹ Suphakarn Luanmanee¹

บทคัดย่อ

ปุ๋ยเคมีมีราคาแพงต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ จำเป็นต้องหาแหล่งธาตุอาหารทดแทนเพื่อให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้ แทนแ่งเป็นทรัพยากรชีวภาพที่มีศักยภาพให้ธาตุอาหารพืชสูง แต่การนำแทนแ่งสดไปใช้ในการผลิตพืชผักยังมีข้อจำกัดเนื่องจากมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูง จึงดำเนินการวิจัยและพัฒนาการใช้แทนแ่งแห้งในการจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับพืชผักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของแทนแ่งแห้งโดยการบ่มในดินในสภาพห้องปฏิบัติการ และศึกษาผลของการใช้แทนแ่งแห้งต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดคอสในสภาพเรือนทดลอง และในแปลงทดลอง พบว่า แทนแ่งแห้งสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 36 กรัมต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดหลังบ่ม 42 วัน และมีอัตราการปลดปล่อยสูงสุด 12 กรัมต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวันภายใน 1 วันหลังบ่ม สำหรับการปลดปล่อยฟอสฟอรัส พบว่า เกิดขึ้นสูงสุด 15 กรัมต่อ 100 กรัมฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังบ่ม 35 วัน และมีอัตราการปลดปล่อยสูงสุด 12 กรัมต่อ 100 กรัมฟอสฟอรัสทั้งหมดต่อวันภายใน 1 วันหลังบ่ม ส่วนการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า เกิดขึ้นสูงสุด 33 กรัม ต่อ 100 กรัมโพแทสเซียมทั้งหมดภายใน 1 วันหลังการบ่ม ซึ่งเป็นอัตราการปลดปล่อยสูงสุด เมื่อทำการศึกษาผลของแทนแ่งแห้งต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดคอสในเรือนทดลอง พบว่า การใส่แทนแ่งแห้ง 35 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ผักสลัดคอสมีการเจริญเติบโตสูงสุด โดยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 736 เปอร์เซ็นต์ และ 286 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่แทนแ่งแห้ง ส่วนการทดลองในพื้นที่ปลูกผักสลัดคอสจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2563 พบว่า การใส่แทนแ่งแห้ง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 69 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 9.4 กรัมไนโตรเจนต่อตารางเมตร และเมื่อใช้แทนแ่งแห้ง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรร่วมกับปุ๋ยเคมี 7.1 กรัมไนโตรเจนต่อตารางเมตร พบว่า ผักสลัดคอสให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงสุด 115 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แทนแ่งแห้ง, ผักสลัดคอส, ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี

¹ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

¹ Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture

ABSTRACT

Chemical fertilizers are expensive because they have to rely on imports from abroad. Therefore, it is necessary to find an alternative plant nutrient source to substitute chemical fertilizers for farmers in order to be self-sufficient. Azolla is a biological resource with a high potential for plant nutrients. However, the use of fresh azolla in vegetable production is still limited due to its high water content. Therefore, research and development on the use of dried azolla in plant nutrient management have been conducted to make it possible to apply it efficiently to vegetables. The release of nutrients from dried azolla was studied by incubating it in soil under laboratory conditions. The effect of using dried azolla on the growth of cos lettuce was also studied in a greenhouse and in a field experiment. It was found that dried azolla can release up to 36 grams of nitrogen per 100 grams of total nitrogen after 42 days of incubation, and the maximum release rate was 12 grams of nitrogen per 100 grams of total nitrogen per day within a day after incubation. For phosphorus release, it was found to occur up to 15 grams per 100 grams of total phosphorus after 35 days of incubation, and the maximum release rate was 12 grams of phosphorus per 100 grams of total phosphorus per day within a day after incubation. The release of potassium was found to occur up to 33 grams per 100 grams of total potassium within a day of incubation, which is the highest release rate. When the effect of dried azolla on the growth of cos lettuce was studied in a greenhouse, it was found that the maximum growth of cos lettuce was obtained when 35 grams of dried azolla were applied per kilogram of soil. The fresh weight and dry weight of cos lettuce increased by 736 and 286%, respectively, compared with the treatment without dried azolla. The field experiment in Nakhon Ratchasima province was carried out in 2023. It was found that applying 0.5 kilograms of dried azolla per square meter increased the yield by 69% compared with the method using a chemical fertilizer of 9.4 grams of nitrogen per square meter. When 0.5 kilograms of dried azolla per square meter was combined with chemical fertilizer of 7.1 grams of nitrogen per square meter, the maximum yield increase of cos lettuce was 115%.

Keywords: dried azolla, cos lettuce, chemical fertilizer substitution

คำนำ

ปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาแพง เนื่องจากประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปีละ 5.1 ล้านตัน ซึ่งในปี พ.ศ. 2565 ราคานำเข้าปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2563-2564 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ทำให้เกษตรกรต้องแบกรับภาระต้นทุนปุ๋ยเคมีที่สูงขึ้น และอาจลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของประเทศได้ เนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการเพาะปลูกพืชให้ได้ผลผลิตสูง ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้ จึงจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรชีวภาพที่มีภายในประเทศมาใช้ในการจัดการธาตุอาหารพืชทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี โดยแหนแดง (*Azolla* sp.) เป็นทรัพยากรชีวภาพชนิดหนึ่งที่มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อาศัยอยู่ภายในโพรงใบ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนโรงงานผลิตปุ๋ยไนโตรเจน และเป็นแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนที่เกษตรกรสามารถผลิตใช้เองได้ง่าย ใช้ต้นทุนน้อย และสามารถผลิตได้ต่อเนื่อง

แหนแดง (*A. microphylla*) มีศักยภาพในการผลิตชีวมวลสูง สามารถเพิ่มปริมาณน้ำหนักรวดเร็วถึง 40 เท่า ภายในระยะเวลาเพียง 2 สัปดาห์ (Jumadi *et al.*, 2014) และสามารถผลิตได้หลายรอบต่อปี ประกอบกับแหนแดงมี C/N ratio เฉลี่ย 9 – 13 (Watanabe *et al.*, 1980) จึงสามารถเน่าสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้อย่างรวดเร็ว (Jumadi *et al.*, 2014) ท้นต่อความต้องการของพืชรับประทานใบซึ่งเป็นพืชอายุสั้น นอกจากนี้แหนแดงยังประกอบด้วยสารเพิ่มประสิทธิภาพพืช เช่น กรดอะมิโนต่างๆ และสารคล้ายฮอร์โมนพืช (El-Araby *et al.*, 2010) จึงช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต และยังช่วยปรับปรุงบำรุงดินในระยะยาวทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น (Subedi and Shrestha, 2015) เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารในการผลิตพืชผักรับประทานใบให้มีคุณภาพได้มาตรฐานทั้งในระบบการผลิตพืชอินทรีย์และการผลิตพืชตามระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (good agricultural practice, GAP) ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแหนแดงแห้งสำหรับเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชในการผลิตผักสลัดคอส เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตผักรับประทานใบชนิดอื่นๆ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับเป้าประสงค์ของการสร้างเศรษฐกิจในแนวทาง BCG ทั้ง ในด้าน คือ เศรษฐกิจชีวภาพ (bioeconomy) ที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพอย่างคุ้มค่า โดยแหนแดงสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เกษตรกรสามารถสร้างขึ้นเองได้ และเศรษฐกิจสีเขียว (green economy) มุ่งแก้ไขปัญหาหมอกพิษ แหนแดงเป็นอินทรีย์วัตถุที่มีศักยภาพในการกักเก็บธาตุอาหาร ช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารหรือปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้ ลดการถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ เป็นการลดผลกระทบต่อโลกอย่างยั่งยืน ด้วยการเกษตรสร้างมูลค่า เกษตรชีวภาพ และเกษตรปลอดภัย สู่คุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมແໜແດງແຫ່ງ

เพาะเลี้ยงແໜແດງชนิด *A. microphylla* โดยนำแม่พันธุ์ແໜແດງจากบ่อพันธุ์มาขยายเพิ่มปริมาณในกระชังที่มีน้ำลึกประมาณ 1 เมตร หว่านแม่พันธุ์ແໜແດງในอัตรา 300–450 กรัมต่อตารางเมตร จากนั้นปล่อยให้ແໜແດງเจริญเติบโตเต็มที่ มีขนาดลำต้นใหญ่และหนาต้นเริ่มขึ้นเบียดซ้อนกันแน่นผิวน้ำ ใช้เวลาหลังหว่านแม่พันธุ์ประมาณ 20 วัน (Figure 1A) ตักແໜແດງจากกระชังขึ้นมาตากให้แห้ง โดยการเกลี่ยແໜແດງบางๆ ให้กระจายบนพื้น (Figure 1B และ C) หลังจากนั้นรวบรวมແໜແດງใส่กระสอบนำไปเก็บในที่ร่ม สภาพแห้งและสามารถระบายอากาศได้ดี



Figure 1 Azolla cultured in pond (A), drying azolla (B) and dried azolla (C)

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของແໜແດງແຫ່ງ

สุ่มเก็บตัวอย่างແໜແດງແຫ່ງ จำนวน 0.5 กิโลกรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจนแห้ง บดให้ละเอียดแล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี micro Kjeldahl ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธีการย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรดผสม $\text{HClO}_4:\text{HNO}_3$ (1:2) และวัดปริมาณโดยวิธี Molybdo-vanadate ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดโดยวิธีการย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรดผสม $\text{HClO}_4:\text{HNO}_3$ (1:2) และวัดปริมาณโดยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) และวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน โดยวิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1947)

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ในการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองที่สถานีวิจัยพืชสวนปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา แบบผสมรวม (composite samples) ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร นำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley and Black ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยวิธีการสกัดดินด้วย NH_4OAc pH 7 วัดด้วยเครื่อง AAS พบว่า ดินเป็นกลางมีค่า pH 7.23 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง 2.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก 277 และ 401 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูงและปานกลาง 2,165 และ 236 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4. การปลดปล่อยธาตุอาหารของແໜແດງແຫ້ງ

เตรียมตัวอย่างโดยการชั่งดินที่บดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละ 10 กรัม จำนวน 3 ข้ำ ใส่ແໜແດງແຫ້ງบดละเอียด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับความชื้นให้ได้ 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) ผสมดินคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปิดฝาขวดที่บรรจุดินและปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำนำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ คือ 1 3 7 14 21 28 35 42 56 70 84 98 112 และ 126 วัน เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปแอมโมเนียมและไนเตรท ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยธาตุอาหารและระยะเวลาที่ใช้ในการบ่ม รูปแบบการปลดปล่อยธาตุอาหาร และอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืช

5. ผลของແໜແດງແຫ້ງต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดคอสในโรงเรือน

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block จำนวน 9 กรรมวิธี 5 ข้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 (T1) ไม่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 (T2) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 5 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 3 (T3) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 10 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 4 (T4) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 15 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 5 (T5) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 20 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 6 (T6) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 25 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 7 (T7) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 30 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 8 (T8) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 35 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

กรรมวิธีที่ 9 (T9) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ 40 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม

ดินจากแปลงทดลองที่สถานีวิจัยพืชสวนปากช่อง นำมาตากให้แห้ง ย่อยและผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ใส่ແໜແດງແຫ້ງในปริมาณตามกรรมวิธีที่ 2 – 9 ผสมคลุกเคล้ากับดินที่เตรียมไว้ให้เข้ากันดี บรรจุลงในถุงปลูกถุงละ 5 กิโลกรัม ย้ายกล้าผักสลัดคอสอายุ 15 วันลงปลูกในถุงปลูก เมื่อผักสลัดคอสอายุ 45 วัน บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของลำต้นส่วนเหนือดิน นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

6. ทดสอบการใช้ແໜແດງແຫ້ງร่วมกับปุ๋ยทางดินต่อผลผลิตของผักสลัดคอสในแปลงทดลอง

ดำเนินการที่สถานีวิจัยพืชสวนปากช่อง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 โดยใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำสำหรับผักรับประทานใบ (กรมวิชาการเกษตร, 2552) ตามค่าวิเคราะห์ดินในข้อ 3 คือ ปุ๋ยไนโตรเจน 15 กิโลกรัมต่อไร่ หรือใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตร โดยไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทช เนื่องจากดินมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในระดับเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block จำนวน 10 กรรมวิธี 3 ข้ำ ได้แก่

- กรรมวิธีที่ 1 (T1) ไม่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
- กรรมวิธีที่ 2 (T2) ไม่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 5 กรัมต่อตารางเมตร
- กรรมวิธีที่ 3 (T3) ไม่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 10 กรัมต่อตารางเมตร
- กรรมวิธีที่ 4 (T4) ไม่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 15 กรัมต่อตารางเมตร
- กรรมวิธีที่ 5 (T5) ไม่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตร
- กรรมวิธีที่ 6 (T6) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
- กรรมวิธีที่ 7 (T7) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 5 กรัมต่อตารางเมตร
- กรรมวิธีที่ 8 (T8) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 10 กรัมต่อตารางเมตร
- กรรมวิธีที่ 9 (T9) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 15 กรัมต่อตารางเมตร
- กรรมวิธีที่ 10 (T10) ใส่ແໜແດງແຫ້ງ+ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตร

ในการเตรียมแปลงทดลองกรรมวิธีที่ใส่ແໜແດງແຫ້ງ ทำการใส่ແໜແດງແຫ້ງอัตรา 0.5 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร แล้วสับกลบ ปลุกผักสลัดคอสมอสในพื้นที่แปลงย่อย ขนาด 1.5×3 เมตร ระยะปลูก 0.25×0.25 เมตร หลังจากย้ายกล้าลงปลูกในแปลง 10 วัน ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตราต่างๆ ตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยแบ่งใส่จำนวน 2 ครั้ง ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทช ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อผักสลัดคอสมอสมีอายุ 45 วัน โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 1×1.25 เมตร บันทึกข้อมูลน้ำหนักสดของผลผลิต วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT รวมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจาก อัตราส่วนระหว่างมูลค่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้นต่อมูลค่าต้นทุนของปุ๋ย (value cost ratio: VCR) ถ้า $VCR > 1$ แสดงว่ากรรมวิธีทดสอบมีผลประโยชน์มากกว่ากรรมวิธีที่เปรียบเทียบ ถ้า $VCR < 1$ แสดงว่ากรรมวิธีทดสอบมีผลประโยชน์น้อยกว่าต้นทุนกรรมวิธีเปรียบเทียบ ถ้า $VCR = 1$ แสดงว่ากรรมวิธีทดสอบมีผลประโยชน์เท่ากับต้นทุนกรรมวิธีเปรียบเทียบ ซึ่งจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ແໜແດງແຫ້ງต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หากค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Sommer *et al.*, 2013)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของແໜແດງ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของແໜແດງที่ใช้ในการศึกษา พบว่า มีปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมด 4.58 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน 9.95 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.64 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 5.08 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 2.59 เปอร์เซ็นต์และมีปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด 0.39 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) สอดคล้องกับ Watanabe and Ramirez (1990) รายงานว่าจากการเก็บตัวอย่างແໜແດງ 5 ชนิด ทั้งหมด 232 ตัวอย่าง ใน 11 เขต พบว่า แໜແດງมีค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน 4.5 เปอร์เซ็นต์ โดย *A. microphylla* มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 4.5 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ *A. pinnata* var *pinnata* มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 2.8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าແໜແດງในจังหวัด Tarlac และ Sultan Kudarat มีค่าเฉลี่ยของไนโตรเจน 6.5 และ 6.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Table 1 Chemical composition of dried azolla

Organic carbon (%)	Total-N (%)	C/N ratio	Total-P (%)	Total-K (%)	Total-Ca (%)	Total-Mg (%)
45.6	4.58	9.95	0.64	5.08	2.59	0.39

2. การปลดปล่อยธาตุอาหารของແຫນແຕງແຫ້ງ

ແຫນແຕງແຫ້ງสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงสุด 36 กรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดหลังบ่ม 42 วัน และมีอัตราการปลดปล่อยสูงสุด 12 กรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวัน ภายใน 1 วันหลังบ่ม เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมากับระยะเวลาบ่ม พบว่า มีรูปแบบการปลดปล่อยไนโตรเจนของແຫນແຕງ (y) ที่เหมาะสม คือ $y = -0.0031x^2 + 0.5095x + 17.087$ เมื่อระยะเวลาหลังบ่ม (x) เปลี่ยนแปลงไป 1 วัน การปลดปล่อยไนโตรเจนของແຫນແຕງ จะปลดปล่อยออกมา 17.5934 กรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด และเมื่อระยะเวลาบ่ม ผ่านไปสักระยะหนึ่งปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนจะค่อนข้างคงที่และจะลดลงเมื่อระยะเวลาบ่มผ่านไปนานขึ้น (Figure 2A) ส่วนอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงในระยะเวลาแรก แล้วลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อบ่มผ่านไปไม่นาน และค่อนข้างคงที่ในอัตรา 0.3 - 1.4 กรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวัน ตั้งแต่ 14 วันหลังการบ่ม โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยไนโตรเจน (y) และระยะเวลาในการบ่ม (x) ดังสมการ $y = 13.637x^{-0.779}$ - (Figure 2B)

สำหรับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสของແຫນແຕງ พบว่า เกิดขึ้นสูงสุด 15 กรัมฟอสฟอรัสต่อ 100 กรัมของฟอสฟอรัสทั้งหมด หลังบ่ม 35 วัน สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมา (y) และระยะเวลาบ่ม (x) ดังสมการ $y = -0.0006x^2 + 0.1155x + 9.863$ โดยระยะเวลาหลังบ่มเปลี่ยนแปลงไป 1 วัน การปลดปล่อยฟอสฟอรัสของແຫນແຕງจะปลดปล่อยออกมา 9.863 กรัมฟอสฟอรัสต่อ 100 กรัมของฟอสฟอรัสทั้งหมด (Figure 3A) ซึ่งการปลดปล่อยฟอสฟอรัสของແຫນແຕງมีแนวโน้มของพฤติกรรมที่ปลดปล่อยเช่นเดียวกับไนโตรเจน คือ เพิ่มขึ้นในระยะแรก จากนั้นจะปลดปล่อยออกมาคงที่สักระยะหนึ่งและค่อยๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป การวิเคราะห์อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส พบว่า อัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัส สูงสุด 12 กรัมฟอสฟอรัสต่อ 100 กรัมของฟอสฟอรัสทั้งหมด ใน 1 วันหลังบ่ม จากนั้นอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจะลดลงและค่อนข้างคงที่ในอัตรา 0.1-0.8 กรัมฟอสฟอรัสต่อ 100 กรัม ของฟอสฟอรัสทั้งหมดต่อวัน ตั้งแต่ 14 วันหลังการบ่ม โดยมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยฟอสฟอรัส (y) และระยะเวลาในการบ่ม (x) ดังนี้ $y = 31.111x^{-1.007}$ (Figure 3B)

ส่วนการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า เกิดขึ้นสูงสุด 33 กรัมโพแทสเซียมต่อ 100 กรัมโพแทสเซียมทั้งหมดภายใน 1 วันหลังการบ่ม (Figure 4 A) ซึ่งเป็นอัตราการปลดปล่อยสูงสุด จากนั้นอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมจะลดลงและค่อนข้างคงที่ในอัตรา 0.2 - 2.2 กรัมโพแทสเซียมต่อ 100 กรัมของโพแทสเซียมทั้งหมดต่อวัน ตั้งแต่ 14 วันหลังการบ่ม (Figure 4 B) ปริมาณการปลดปล่อย

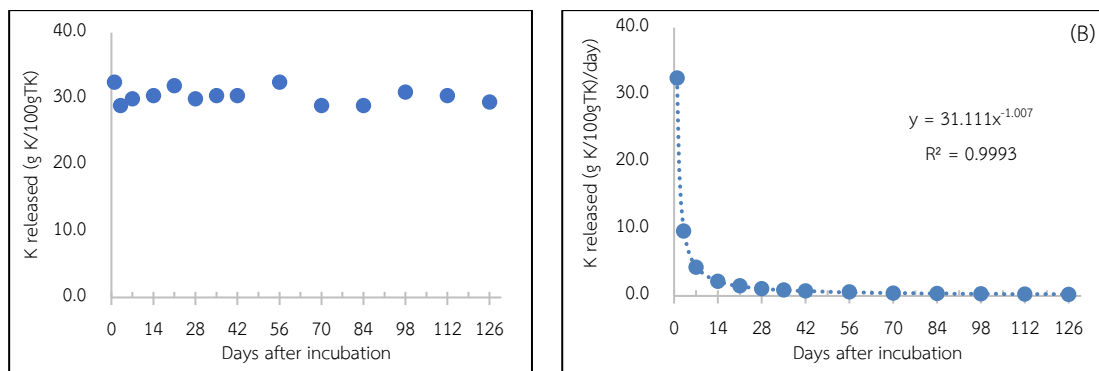


Figure 4 Potassium released (A) and mineralization rate (B) from dried azolla after incubation in soil

3. ผลของแหนแดงแห้งต่อน้ำหนักสดและแห้งของผักสลัดคอสมิ์ในโรงเรือน

การใส่แหนแดงแห้งอัตราต่างๆ ตั้งแต่ 15 - 35 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ผักสลัดคอสมิ์มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่แหนแดงแห้งซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุม โดยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระหว่าง 49.44 - 119.15 และ 4.31 - 8.72 กรัมต่อดิน ตามลำดับ และพบว่าการใช้แหนแดงแห้งที่อัตรา 35 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ต้นผักสลัดคอสมิ์น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผักสลัดคอสมิ์น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม 736 และ 286 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในทางกลับกัน หากใส่แหนแดงเพิ่มขึ้นถึงอัตรา 40 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม พบว่า ผักสลัดคอสมิ์มีการเจริญเติบโตลดลง (Table 2, Figure 5) ทั้งนี้เนื่องจากการใส่แหนแดงแห้งในอัตราดังกล่าวส่งผลทำให้สมบัติทางกายภาพของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดคอสมิ์ ดินมีการอุ้มน้ำไว้มากเกินไป สอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ และคณะ (2558) ที่รายงานว่า แหนแดงแห้งมีความหนาแน่นรวม 0.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้สามารถอุ้มน้ำได้มาก หากใส่แหนแดงแห้งในปริมาณมากจะทำให้สภาพดินปลูกแฉะเกินไป

Table 2 Effects of azolla application on fresh weight of cos lettuce at 45 days after sowing

Azolla application rate	Fresh weight (fwt.) (g/plant)	% fwt. increase as compared to T1	Dry weight (dwt.) (g/plant)	% dwt. increase as compared to T1
T1: Control	14.25 d	-	2.26 d	-
T2: 5 g/kg soil	18.14 d	27	2.68 d	19
T3: 10 g/kg soil	28.26 d	98	2.93 d	30
T4: 15 g/kg soil	55.26 c	288	4.55 cd	101
T5: 20 g/kg soil	49.44 c	246	4.31 cd	91
T6: 25 g/kg soil	61.53 c	331	5.74 bc	154
T7: 30 g/kg soil	89.97 b	531	7.50 ab	232
T8: 35 g/kg soil	119.15 a	736	8.72 a	286
T9: 40 g/kg soil	107.07 ab	651	7.18 ab	218
Average	60.34		5.10	
CV.(%)	10.26		15.60	

Means in a same column followed by different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by DMRT

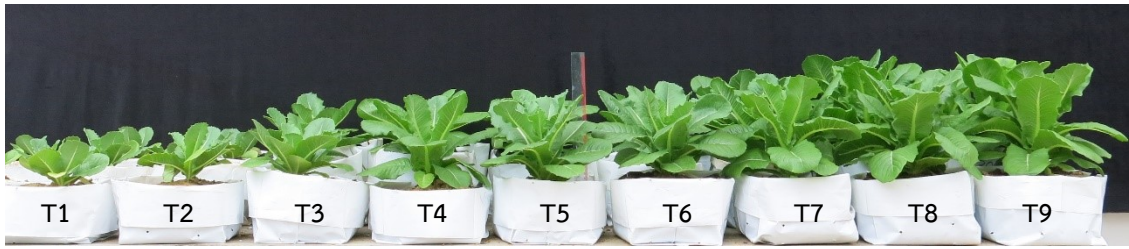


Figure 5 Effects of dried azolla application on growth of cos lettuce at 45 days after sowing

4. ผลทดสอบการใช้แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยทางดินต่อผลผลิตของผักสลัดคอสในแปลงทดลอง

ผลการปลูกผักสลัดคอสเมื่อใช้แหนแดงแห้งอย่างเดียว อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตผักสลัดคอสสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิต 2,603 กิโลกรัมต่อไร่ หรือให้ผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราแนะนำ 69 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากแหนแดงมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง และมีธาตุอาหารพืชชนิดอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่แคบ (9.95) ทำให้สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่ผักสลัดคอสซึ่งเป็นพืชอายุสั้นได้ทันกับความต้องการ นอกจากนี้แหนแดงยังมีสารคล้ายฮอร์โมนพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น IAA, ไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลิน (El-Araby *et al.*, 2010; ศิริลักษณ์, 2558) และกรดอะมิโนที่ทำหน้าที่เป็นสารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งทำให้พืชมีศักยภาพในการเจริญเติบโตหรือพัฒนามากขึ้นทั้งส่วนรากและส่วนเหนือดิน และสามารถดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น (ยงยุทธ, 2557)

ดังนั้น แหนแดงแห้งสามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารทดแทนปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ผลิตพืชผักระบบอินทรีย์ได้ เนื่องจากแหนแดงแห้ง 1 กิโลกรัม สามารถปลดปล่อยไนโตรเจนให้พืชได้ใช้ประโยชน์ประมาณ 16 กรัม ในระยะแรก แต่ก็ยังสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้เรื่อย ๆ ทุกวัน เป็นระยะเวลายาวนาน ถึงแม้ว่าปริมาณที่ปลดปล่อยจะไม่มากก็ตาม (Figure 2) นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ที่เป็นประโยชน์กับพืช รวมถึงเพิ่มอินทรีย์วัตถุเกิดขึ้น ในขณะที่ปุ๋ยยูเรีย 20 กรัม มีไนโตรเจน 9.4 กรัม เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ เมื่อใช้แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยยูเรียอัตรา 5 10 15 และ 20 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าทุกกรรมวิธีทำให้ผลผลิตผักสลัดคอสเพิ่มสูงขึ้นแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทุกอัตราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 2,686 2,765 3,304 และ 3,264 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ หรือให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตร เฉลี่ย 75 80 115 และ 112 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น การใช้แหนแดงแห้งร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ผลิตพืชผักตามมาตรฐานการผลิตพืช GAP (Table 3)

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้แหนแดงแห้งในการผลิตผักสลัดคอส พบว่า มีค่า VCR อยู่ระหว่าง 68.88-87.62 เมื่อเทียบกับการมวิธีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (อัตรา 20 กรัมต่อตารางเมตร) หมายถึงกรรมวิธีที่ใส่แหนแดง (กรรมวิธีที่ 6-9) มีประสิทธิภาพการลงทุนสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำอย่างมาก การใส่แหนแดงแห้งอย่างเดียว ให้ค่า VCR สูงกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา

แนะนำ 81.14 เท่า และการใส่แหนดงแห้งร่วมกับปุ๋ยยูเรีย 15 กรัมต่อตารางเมตรให้ค่า VCR สูงที่สุด 87.62 แสดงว่าประสิทธิภาพของการใช้เงินลงทุนสูงสุด (Table 3) ซึ่งพบว่า แหนดงแห้ง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำถึง 69 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาวิเคราะห์ VCR จึงให้ค่าที่สูง เหมาะสมในการที่จะมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ แหนดงจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นปัจจัยการผลิตที่ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชผักรับประทานใบ โดยเกษตรกรสามารถผลิตแหนดงได้จากการใช้เทคโนโลยีการผลิตแหนดงของกรมวิชาการเกษตร และสามารถนำความรู้จากงานวิจัยนี้ไปปฏิบัติได้ ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชผักรับประทานใบและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ นอกจากนี้แหนดงแห้งยังสามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารทดแทนปุ๋ยเคมีให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อการผลิตผักตามมาตรฐานการผลิตพืช GAP ได้

Table 3 Effect of different treatments on fresh weight increase as compare to T5 of cos lettuce and value cost ratio (VCR) of urea and azolla application

Treatment	Fresh weight (kg/rai)	Yield increase		Value increase (Baht)	Cost (Baht)			VCR
		(%)	(kg/rai)		Urea	Azolla	Total	
T1: Control	659 c	-57	-879					
T2: 5 g Urea/m ²	909 c	-41	-629					
T3: 10 g Urea/m ²	1,099 c	-29	-439					
T4: 15 g Urea/m ²	1,355 c	-11	-183					
T5: 20 g Urea/m ²	1,538 bc	-	-	-	750.0	-	750.0	-
T6: Az	2,603 ab	69	1,065	85,200	-	1,050	1,050.0	81.14
T7: Az+5 g Urea/m ²	2,686 a	75	1,148	91,840	187.5	1,050	1,237.5	74.21
T8: Az+10 g Urea/m ²	2,765 a	80	1,227	98,160	375.0	1,050	1,425.0	68.88
T9: Az+15 g Urea/m ²	3,304 a	115	1,766	141,280	562.5	1,050	1,612.5	87.62
T10: Az+20 g Urea/m ²	3,264 a	112	1,726	138,080	750.0	1,050	1,800.0	76.71
Average	2,018							
CV.(%)	18.24							

Means in a same column followed by different letters are significantly different at $p \leq 0.05$ by DMRT

Note*: Chemical fertilizer recommendation rate of 15-0-0 kgN-P₂O₅-K₂O/rai

Urea's price = 24,100 Baht/ton, Cos lettuce's price = 80 Baht/kg, Dried azolla's price = 1.31 Baht/Kg

สรุปผลการทดลอง

1. แหนแดงแห้งมีไนโตรเจน 4.58% ฟอสฟอรัส 0.64% และโพแทสเซียม 5.08% มี C/N ratio 9.95 หลังบ่ม 42 วันสามารถปลดปล่อยไนโตรเจน 36 กรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด และมีอัตราการปลดปล่อยสูงสุด 12 กรัมไนโตรเจนต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด ภายใน 1 วันหลังบ่ม สามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัส 15 กรัมฟอสฟอรัส ต่อ 100 กรัมของฟอสฟอรัสทั้งหมด หลังบ่ม 35 วัน และปลดปล่อยโพแทสเซียม 33 กรัมโพแทสเซียมต่อ 100 กรัมของโพแทสเซียมทั้งหมด ภายใน 1 วันหลังการบ่ม ซึ่งเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารให้แก่พืชผักรับประทานใบ
2. การใส่แหนแดงแห้ง 35 กรัมต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ผักสลัดคอสที่ปลูกในกระถางมีการเจริญเติบโตสูงสุด โดยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีควบคุม 736 เปอร์เซ็นต์ และ 286 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
3. การใส่แหนแดงแห้ง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในแปลงปลูกผักสลัดคอส สามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กรัม ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 69 เปอร์เซ็นต์

การนำไปใช้ประโยชน์

ในปี พ.ศ. 2565 ได้ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและการใช้แหนแดงให้แก่เจ้าหน้าที่สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 2 6 7 และ 8 กรมวิชาการเกษตร จำนวน 200 ราย และกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 974 ราย เครือข่ายเกษตรกร จำนวน 8 เครือข่าย เครือข่ายผู้ผลิต 251 เครือข่าย เกษตรกร จำนวน 8,437 ราย ในพื้นที่กว่า 3,451 ไร่ โดยนำไปใช้ประโยชน์ผลิตพืชผักผสมผสาน พืชผักอินทรีย์ ไม้ผล นาข้าว และปศุสัตว์ เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ขยายผลการใช้แหนแดงในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 8 จังหวัด ประกอบด้วย เครือข่ายเกษตรกร 8 เครือข่าย เกษตรกร 616 ราย พื้นที่ 301 ไร่ หน่วยงานราชการ 1 หน่วยงาน คือ กรมส่งเสริมการเกษตร
2. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขยายผลการใช้แหนแดงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 11 จังหวัด ประกอบด้วย เครือข่ายผู้ผลิต (เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร) 95 เครือข่าย เกษตรกร 2000 ราย พื้นที่ 1,000 ไร่ ได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าว ไม้ผล เกษตรผสมผสาน พืชผัก และใช้ในการเลี้ยงสัตว์
3. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ขยายผลการใช้แหนแดงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง 9 จังหวัด ประกอบด้วย เครือข่ายผู้ผลิต (เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร) 134 เครือข่าย เกษตรกร 2,500 ราย พื้นที่ 1,500 ไร่ ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชผักและพืชผสมผสาน
4. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ขยายผลการใช้แหนแดงในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก 19 จังหวัด ประกอบด้วย สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 และศวพ. จังหวัด 7 แห่ง เกษตรกรแปลงต้นแบบจำนวน 60 แปลง เกษตรกร 1,300 ราย พื้นที่ 650 ไร่ ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชผัก นาข้าว และปศุสัตว์

5. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ขยายผลการใช้แผนแดงในพื้นที่ภาคตะวันออก 8 จังหวัด ประกอบด้วย เครือข่ายผู้ผลิต (เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร) 22 เครือข่าย เป็นเกษตรกรผู้ผลิตพืชผักผสมผสานและพืชอินทรีย์ เกษตรกร 821 ราย

6. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 ขยายผลการใช้แผนแดงในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง 7 จังหวัด ประกอบด้วย ศูนย์ชีวภัณฑ์ชุมชน (เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร) 20 ศูนย์ เกษตรกร 1,200 ราย ชนิดพืช ได้แก่ กลุ่มพืชผัก พืชผสมผสาน ไม้ผล

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร. 122 หน้า
- กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. *คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช*. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 164 หน้า.
- ประพิศ แสงทอง และพิชิต พงษ์สกุล. 2536. ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากแผนแดง. *ว. ดินและปุ๋ย*. 15: 173-181.
- ยงยุทธ โอสภสกา. 2557. การใช้สารเร่งเชิงชีวภาพเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช. *ว. ดินและปุ๋ย*. 36: 27-54.
- ศิริลักษณ์ แก้วสุริยิต ประไพ ทองระอา กัลยาณี สุวิทวัส กานดา ฉัตรไชยศิริ นิศารัตน์ ทวีนุต ภาสณฑ์ สารทูลทัต และพิมพ์นิภา เพ็งช่าง. 2558. การใช้แผนแดงเป็นวัสดุดินผสมเร่งการเติบโตของต้นอ่อนกล้วยน้ำว้าปากช่อง 50 จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. *ว. เกษตรพระจอมเกล้า*. 33 (พิเศษ 1): 589-595.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. ปริมาณและการนำเข้าปุ๋ยเคมี. แหล่งข้อมูล : <https://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH#>. สืบค้น: 28 พฤษภาคม 2566.
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- El-Araby, M.M.I., R.M. El-Shahate, E.W Eweda and M.N. El-Berashi. 2010. Enhancement of growth and endogenous phytohormones of *Azolla pinnata* in response to tryptophan. *Aus. J. Basic App. Sci.* 4(12): 6598-6604.
- Ito, O. and I. Watanabe. 1985. Availability to rice plants of nitrogen fixed by azolla. *Soil Sci. Plant Nutr.* 31: 91-104.
- Jumadi, O., F. Hiola, Y. Hala, J. Norton and K. Inubushi. 2014. Influence of azolla (*Azolla microphylla* Kaulf.) compost on biogenic gas production, inorganic nitrogen and growth of upland kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk.) in a silt loam soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 60: 722-730.

- Pervaiz Z., K. Hussain, S.S.H. Kazmi and K.H. Gill. 2004. Agronomic efficiency of different N:P ratios in rain fed wheat. *Int. J. Agri. Biol.* 6(3): 455–457.
- Sommer R., D. Bossio, L. Desta, J. Dimes, J. Kihara, S. Koala, N. Mango, D. Rodriguez, D. Thierfelder and L. Winowiecki. 2013. Profitable and sustainable nutrient management systems for East and Southern African smallholder farming systems - challenges and opportunities: a synthesis of the Eastern and Southern Africa situation in terms of past experiences, present and future opportunities in promoting nutrients use in Africa. CIAT, The University of Queensland, Australia, 91 p.
- Subedi, P. and J. Shrestha. 2015. Improving soil fertility through azolla application in low land rice: A review. *Azar. J. Agri.* 2(2): 35-39.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Sci. Amer. Proc.* 63: 257.
- Wang, X., H. Ma, C. Guan and G. Guan. 2022. Decomposition of rapeseed green manure and its effect on soil under two residue return levels. *Sustainability* 14, 11102.
- Watanabe, I., N.S. Berja and D.C. Del Rosario. 1980. Growth of azolla in paddy field as affected by phosphorus fertilizer. *Soil Sci. Plant Nutr.* 26: 301-307.
- Watanabe, I., and C. Ramirez. 1990. Phosphorus and nitrogen contents of azolla growth in the Philippines. *Soil Sci Plant Nutr.* 36(2): 319-331.
- Zhou, G., D. Chang, S. Gao, T. Liang, R. Liu and W. Cao. 2021. Co-incorporating leguminous green manure and rice straw drives the synergistic release of carbon and nitrogen, increases hydrolase activities, and changes the composition of main microbial groups. *Biol. Ferti. Soils.* 57(4): 1-15.

สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 เพื่ออุตสาหกรรมแปรรูป Pineapple: Phetchaburi 2 for Processing Industry

มัลลิกา นวลแก้ว¹ นรีรัตน์ ชูช่วย¹ เกียรติศักดิ์ ชาตปรีดี²
ยุทธ หนโม๊ะ³ สมบัติ บวรพรเมธี⁴ เครือวัลย์ บุญเงิน⁵ อารดา มาสรี⁵
Mallika Nualkaew¹ Nareerat Choochuay¹ Kriengsak Chartpreedee²
Yoot Thonmo³ Sombut Bowornpornmetee⁴ Kruawan Boonngoen⁵ Arada Masari⁵

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า และนำรายได้เข้าประเทศ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียใช้ปลูกเป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปมาเป็นเวลานาน ปัจจุบันมีความแปรปรวนทาง พันธุกรรมทำให้ผลผลิตต่ำ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรีจึงได้ปรับปรุงพันธุ์สับปะรดพันธุ์ เพชรบุรี 2 ซึ่งเป็นพันธุ์สำหรับแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องผ่านการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2562 การปรับปรุงพันธุ์สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 เริ่มดำเนินการในปี พ.ศ. 2533 โดยได้รับสับปะรดกลุ่ม Smooth cayenne จากประเทศออสเตรเลียจำนวน 4 clone ได้แก่ Clone 8 10 13 และ 30 ปลูกทดลองที่สถานีทดลองพืชสวนเพชรบุรี พบว่า Clone 10 ผลเป็นทรงกระบอก ตาตื้น และแกนเล็กเหมาะสำหรับเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูป ปี พ.ศ. 2537 ขยายพันธุ์ด้วยการ เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ปี พ.ศ. 2540-2543 ศึกษาการปรับตัวในสภาพแวดล้อมพร้อมกับคัดเลือกแบบหมู่ ปี พ.ศ. 2544-2547 ปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ปัตตาเวีย และนางแล พบว่า มีลักษณะดีเด่นเหมาะสม สำหรับนำไปแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องดีกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ต่อมาปี พ.ศ. 2554-2562 นำไปทดสอบ พันธุ์ในแหล่งปลูกที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง พบว่า ผลผลิตเฉลี่ย 9.04-9.53 ตัน/ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ปัตตาเวียที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 9.61- 9.72 ตัน/ไร่ แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 2.17-2.87 เซนติเมตร เล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย (2.56- 3.31 เซนติเมตร) คิดเป็นร้อยละ 17 ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะสมต่อการนำไปแปรรูป

คำสำคัญ: สับปะรด ปรับปรุงพันธุ์ พันธุ์เพชรบุรี 2 ผลผลิตแปรรูป สับปะรดกระป๋อง

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี ต.สามพระยา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120

² Phetchaburi Agricultural Research and Development Center, Sampraya, Cha-am, Phetchaburi

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

⁴ Pathum Thani Agricultural Research and Development Center, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani

⁵ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง ต.ห้วยโป่ง อ.เมืองระยอง จ.ระยอง

³ Rayong Agricultural Research and Development Center, Huai Pong, Mueang Rayong, Rayong

⁴ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี ต.เขาขวางทอง อ.หนองฉาง จ.อุทัยธานี

⁴ Uthai Thani Agricultural Research and Development Center, Khao Kwang Thong, Nong Chang, Uthai Thani

⁵ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ต.บางหลวง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท

⁵ Office of Agricultural Research and Development Region 5, Bang Luang, Sappaya, Chainat

ABSTRACT

The pineapple processing industry are making value added product and bringing income into the country. Pattavia variety pineapple has been grown as a raw material for processing a long time. Therefore, the genetic variation is causing low yield. Phetchaburi Agricultural Research and Development Center developed Phetchaburi 2 cultivar pineapple which is suitable for processing into canned pineapple. Phetchaburi 2 cultivar pineapple was certified by Department of Agriculture on August 30, 2019. Phetchaburi 2 cultivar pineapple breeding began operations in 1990, receiving 4 clones of smooth cayenne pineapple from Australia: Clone 8, 10, 13 and 30. Experimental planting at the Phetchaburi Horticultural Experiment Station found that the characteristics of Clone 10 are shaped cylinders, shallow eyes, and small cores. These characteristics are suitable for pineapple processing. In 1994, tissue culture techniques used pineapples propagation. During 1997-2000, environment adaptation and selection of mass selection studied. From 2001-2004, comparisons of Clone 10, Pattavia and Nang Lae varieties showed that Clone 10 have characteristics of canned pineapple more than Pattavia variety. During 2011-2019, Regional trial tested 2 locations at Phetchaburi Agricultural Research and Development Center and Rayong Agricultural Research and Development Center. The results show the average yield is 9.04-9.53 tons/rai, not significant difference from the Pattavia variety that average yield is 9.61-9.72 tons/rai. The core diameter is 2.17-2.87 cm. smaller than the Pattavia variety (2.56-3.31 cm.). Clone 10 is smaller than the Pattavia variety about 17%, but it is suitable for processing.

Key words: pineapple, breeding, Phetchaburi 2 cultivar, processed products, canned pineapple

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกสับปะรดที่สำคัญของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565ก) และเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศเนื่องจากเป็นผลไม้ที่เป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมผลไม้แปรรูปของไทย สร้างรายได้ให้ประเทศไม่น้อยกว่าหมื่นล้านบาทต่อปี ในปี พ.ศ. 2564 มีมูลค่าการส่งออก 19,959 ล้านบาท ส่วนใหญ่ส่งออกเป็นสับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรด ปี พ.ศ. 2564 พื้นที่ปลูกสับปะรดทั้งประเทศ 465,000 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 459,000 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) การวิจัยและพัฒนาสับปะรดของไทยที่ผ่านมามุ่งเน้นด้านการเกษตรกรรมและการอารักขาพืช ส่วนงานวิจัยและพัฒนาพันธุ์ที่มีศักยภาพที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูป

รียังมีจำกัด พันธุ์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบแปรรูปยังคงเป็นพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งปริมาณผลผลิตต่อไร่ต่ำ เฉลี่ย 3.92 ตัน/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565ก) ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับผู้ผลิตประเทศคู่แข่ง เช่น อินโดนีเซีย คอสตาริกา ฟิลิปปินส์ที่มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 20.4 10.5 6.5 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565ข) เนื่องจากการพัฒนาผลในฟิลิปปินส์มีระยะเวลานานกว่าในประเทศไทยประมาณ 30 วัน (นิรนาม., 2554) และอีกทั้งการใช้พันธุ์เดิมปลูกติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้เกิดลักษณะไม่พึงประสงค์มากขึ้น เช่น ผลขนาดเล็กลง รูปทรงไม่เป็นทรงกระบอก สีเนื้อไม่สม่ำเสมอ มีหนามตลอดทั้งใบ และอ่อนแอต่อโรคเหี่ยวสับประรด (มัลลิกา, 2563)

การปรับปรุงพันธุ์สับประรดด้วยการผสมพันธุ์ใช้เวลา 10-20 ปี เช่น พันธุ์ MD2 เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961-1975 ในบราซิลประสบปัญหาโรคเน่าจากเชื้อรา *Fusarium subglutinans* ทำให้ผลผลิตเสียหาย 30- 40% ส่วนขยายพันธุ์เสียหาย 20% การปรับปรุงพันธุ์จึงเน้นให้พันธุ์ต้านทานต่อโรค จากการผสมระหว่างพันธุ์ ‘Perola’ × smooth cayenne ใช้เวลา 10 ปี จึงได้สับประรดที่ต้านทานต่อโรค (Ventura et al., 2009) การคัดเลือกสายต้น (clonal selection) เป็นแนวทางการปรับปรุงพันธุ์อย่างหนึ่งที่ใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการปรับปรุงพันธุ์ด้วยการผสมพันธุ์ การคัดเลือกสายต้นนั้นเริ่มออกสตรเลียว บราซิล คิวบา อินเดีย มาเลเซีย เม็กซิโก แอฟริกาใต้ และได้หวัน เริ่มจากการคัดเลือกสับประรดกลุ่ม Smooth cayenne โดยมุ่งคัดเลือกลักษณะกลายพันธุ์ออก และเลือกสายต้นที่มีลักษณะดีเด่นกว่า ลักษณะพันธุ์เดิมส่งผลต่อลักษณะทางปริมาณ ปี ค.ศ. 1950 เริ่มดำเนินการคัดเลือกสายต้นสับประรดกลุ่ม smooth cayenne ในแหล่งปลูกสับประรดรัฐควีนส์แลนด์ได้ 100 สายต้น และนำมาคัดเลือกต่อจนสามารถคัดเลือกได้ 4 สายต้น ได้แก่ Clone 8 10 13 และ 30 (Joy and Anjana, 2015) ในปี พ.ศ. 2533 กรมวิชาการเกษตรได้รับต้นสับประรดกลุ่ม smooth cayenne มาจาก Mr. Keith Chapman จำนวน 4 สายต้น ได้แก่ Clone 8 10 13 และ 30 จึงนำมาดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ในครั้งนี้โดยมุ่งคัดเลือกสายต้นสับประรดกลุ่ม smooth cayenne ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีลักษณะเนื้อแน่นตาตื้น และใช้ประโยชน์เพื่อแปรรูปเพื่อให้ได้พันธุ์สับประรดที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปที่มีลักษณะผลเป็นทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางแกนผลเล็ก ตาตื้น อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อ : น้ำหนักผลสูง มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการของโรงงาน และให้ผลผลิตไม่น้อยกว่าพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การปรับปรุงพันธุ์โดยใช้การคัดเลือกสายต้นสับประรดกลุ่ม smooth cayenne ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ (Figure 1) และการทดสอบการบรรจุกระป๋อง

1. การปรับปรุงพันธุ์สับประรด ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การประเมินและคัดเลือกพันธุ์ การเปรียบเทียบพันธุ์ และการทดสอบพันธุ์ในแหล่งผลิต ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ (Figure 1)

1.1 การประเมินและคัดเลือกพันธุ์ สายต้นสับประรดกลุ่ม smooth cayenne รวบรวมจากแหล่งต่างๆ ประกอบด้วย สายต้นที่ได้รับมาจาก Mr. Keith Chapman จำนวน 4 สายต้น ได้แก่ Clone 8 10 13 และ 30 และกลุ่ม smooth cayenne ของประเทศไทย จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่

ปัตตาเวีย และนางแล รวม 6 สายต้น/พันธุ์ ดำเนินการปลูกประเมินพันธุ์สับปะรด ในปี พ.ศ. 2534-2543 จำนวน 2 ฤดูกาลผลิต สายต้น/พันธุ์ละ 50 ต้น โดยศึกษาการปรับตัวกับสภาพแวดล้อม ลักษณะ และคุณภาพผลผลิตที่สถานีทดลองพืชสวนเพชรบุรี มีเกณฑ์การคัดเลือกจากสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตดีเทียบเท่ากับพันธุ์ของประเทศไทย ผลมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ตาตื้นกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย และเส้นผ่านศูนย์กลางผลเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย จากนั้นขยายพันธุ์สายต้นที่ผ่านการคัดเลือก คือ Clone 10 ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนำมาปลูกและคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) จำนวน 2,000 ต้นและคัดเลือกต้นที่มีลักษณะผิดปกติจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อออกให้เหลือเฉพาะต้นที่ตรงตามพันธุ์

1.2 การเปรียบเทียบพันธุ์ ปี พ.ศ. 2544-2547 ดำเนินการเปรียบเทียบสับปะรด Clone 10 พันธุ์นางแล และพันธุ์ปัตตาเวีย วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block ; RCB) 7 ซ้ำ 3 กรรมวิธี ปลูกสับปะรดระบบแถวคู่ระยะปลูก 25×50×100 เซนติเมตร จำนวน 192 ต้น/แปลงย่อย แปลงย่อยขนาด 6×6 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 4×4 เมตร ที่ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตเพชรบุรี บันทึกน้ำหนักผล ขนาดผล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน ความลึกตา ความหวาน และปริมาณกรด

1.3 การทดสอบพันธุ์ในแหล่งผลิต ปี พ.ศ. 2554-2563 ดำเนินการทดสอบสับปะรดปัตตาเวียสายต้นคัดเลือกจากปี พ.ศ. 2549-2553 จำนวน 3 สายต้น (4/9C3 8/6C4 13/17C2) Clone 10 และพันธุ์ปัตตาเวีย วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ 4/9C3 8/6C4 13/17C2 และ Clone 10 และพันธุ์ปัตตาเวียเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง รวม 2 สถานที่ ปลูกสับปะรดระบบแถวคู่ระยะปลูก 25×50×100 เซนติเมตร จำนวน 192 ต้น/แปลงย่อย แปลงย่อยขนาด 6×6 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 4×4 เมตร ใส่ปุ๋ยสูตร 15-5-20 หลังปลูก 3 และ 6 เดือน อัตรา 20 กรัม/ต้น บริเวณกาบใบล่าง และมีการให้น้ำในช่วงแล้ง บังคับให้ออกดอกเมื่อต้นสับปะรดมีน้ำหนักประมาณ 2 กิโลกรัมด้วยเอทธิฟอน 48% w/v SL อัตรา 7 มิลลิลิตร ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 300 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ต้นละ 60-75 มิลลิลิตร เก็บเกี่ยวสับปะรดที่ความสุก 25 เปอร์เซ็นต์ วิเคราะห์ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล ความยาวผล เส้นผ่านศูนย์กลางผลบริเวณหัว กลาง และท้ายผล ความลึกตา เส้นผ่านศูนย์กลางแกน ความแน่นเนื้อ สีเปลือก สีเนื้อ ความหวาน และปริมาณกรด

วิเคราะห์คุณภาพสีเนื้อด้วยเครื่องวัดสีระบบ spectrophotometer ยี่ห้อ Hunter รุ่น MiniScan EZ ตามมาตรฐาน CIELAB color scale โดย L คือ ค่าความสว่างมีค่า 0-100 (0 หมายถึง วัตถุสีเข้ม; 100 หมายถึงวัตถุสีอ่อน) a (+ หมายถึงวัตถุสีแดง, - หมายถึง วัตถุสีเขียว) และ b (+ หมายถึงวัตถุสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุสีน้ำเงิน) วัดสีเนื้อสับปะรดซึ่งผ่าครึ่งผลตามแนวตั้ง และใช้หัววัดสีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 ซม. วัดสีเนื้อบริเวณส่วนกลางผลจำนวน 2 จุด/ผล

2. การทดสอบการบรรจุกระป๋อง ผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามรูปร่างของชิ้นสับปะรด เช่น สับปะรดทั้งผลตัดแต่งเป็นรูปทรงกระบอก (whole) สับปะรดเต็มแฉ่หรือวงแหวน (slices or rings) และสับปะรดครึ่งแฉ่ (half slides) ในปี พ.ศ. 2547 ทดสอบการ

บรรจุกะป๋องโดยบริษัท โดล ไทยแลนด์ จำกัด แบบสั้บประดทั้งผลตัดแต่งเป็นรูปทรงกระบอก ทดสอบคุณภาพวัตถุดิบสำหรับแปรรูปเป็นสั้บประดกระป๋องด้วยการบันทึกแบ่งขนาดผลตามมาตรฐานของโรงงาน ทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนใช้วิธีการปาดหัว-ท้าย หลังจากเจาะเปลือก และแกนออก แล้วบันทึกน้ำหนักส่วนเนื้อสำหรับบรรจุกะป๋องเพื่อหาอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อ : น้ำหนักผลของสั้บประดบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลส่วนโคนผล และปลายผล น้ำหนักผลรวม และน้ำหนักเนื้อ หลังการปอกเปลือกและเจาะแกนสำหรับประกอบการพิจารณาความเหมาะสมของพันธุ์ต่อการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการบรรจุกะป๋อง

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินและคัดเลือกพันธุ์

การประเมินพันธุ์สั้บประด การปรับตัวในสภาพแวดล้อม ลักษณะและคุณภาพผลผลิต พบว่าสายต้น Clone 10 มีการเจริญเติบโตได้ดี ผลมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ตาตื้นกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย และเส้นผ่านศูนย์กลางผลเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย จึงดำเนินการเพิ่มปริมาณต้นพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ Clone 10 และอนุบาลต้นอ่อนจนกระทั่งมีน้ำหนัก 500 กรัม แล้วจึงนำไปการคัดเลือกหมู่ในกลุ่มประชากรสายต้น Clone 10 โดยคัดเลือกให้คงเหลือกลุ่มประชากรที่มีลักษณะตรงตามสายต้น Clone 10 ได้แก่ต้นที่มีการปรากฏหนามเฉพาะบริเวณปลายใบ ผลมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ตาตื้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนเล็ก

การเปรียบเทียบพันธุ์

การเปรียบเทียบพันธุ์ Clone 10 นางแล และพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่า สั้บประดมีขนาดผลไม่แตกต่างทางสถิติทั้งน้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลางผลและความยาวผล ขณะที่ Clone 10 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน และความลึกตา 2.18 และ 0.66 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยแตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ปัตตาเวีย ด้านคุณภาพผลผลิต พบว่า Clone 10 มีความหวาน 15.8 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวียที่มีความหวาน 14.9 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์นางแล และปัตตาเวีย (Table 1)

Table 1 The yield components and fruit qualities of pineapple clones at Phetchaburi Technical and Production Resources Service Center in 2004

Clones and Cultivar	Fruit			Core diameter (cm)	Eye depth (cm)	Sweetness (°Brix)	Acidity (%)
	Weight (kg)	Diameter (cm)	Length (cm)				
Clone 10	1.45	12.6	16.5	2.18 a	0.66 a	15.8 b	0.45
Nang Lae	1.41	13.1	14.7	2.83 b	0.77 ab	17.1 a	0.44
Pattavia	1.43	12.8	16.0	2.72 b	0.80 b	14.9 c	0.41
C.V. (%)	7.1	2.1	6.9	3.3	8.3	2.0	8.1

Mean followed by the same letter with in a column are not significantly different by LSD.

การทดสอบพันธุ์ในแหล่งผลิต

การเจริญเติบโตก่อนการบังคับออกดอก

ปี พ.ศ. 2560 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี พบว่า พันธุ์ปัตตาเวียมีความสูงต้น ความกว้างต้น ความกว้างใบ และความยาวใบเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 101.0 99.0 5.5 และ 73.2 ซม. ตามลำดับ ส่วนสายต้น 4/9C3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แตกต่างจากสายต้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเฉลี่ยความสูงต้น ความกว้างต้น ความกว้างใบ และความยาวใบ 38.6 54.9 2.5 และ 36.5 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่สายต้น 8/6C4 13/17C2 และ Clone 10 มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น ความกว้างต้น ความกว้างใบ และความยาวใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ส่วนพื้นที่ทดสอบศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง พบว่า สายต้น 13/17C2 มีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด 59.0 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ส่วนสายต้น 4/9C2 8/6C3 และ Clone 10 มีความสูงต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกับพันธุ์ปัตตาเวีย การเจริญเติบโตด้านความกว้างต้น และความกว้างใบทุกสายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความยาวใบ 4/9C2 8/6C4 Clone 10 และปัตตาเวียมีค่าเฉลี่ยสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 8/6C4 ที่มีความยาวใบเฉลี่ย 58.3 ซม. มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติกับ 13/17C2 ที่มีความยาวใบเฉลี่ย 52.8 ซม. ซึ่งเป็นความยาวใบเฉลี่ยต่ำสุด (Table 2)

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ปี พ.ศ. 2560 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี ผลผลิตพันธุ์ปัตตาเวียสูงสุดเฉลี่ย 9.61 ตัน/ไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ 4/9C2 8/6C4 และ Clone 10 ที่มีผลผลิตเฉลี่ย 6.43 9.39 และ 9.04 ตัน/ไร่ ส่วนองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผลเฉลี่ย และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลให้ผลไปในทำนองเดียวกันกับผลผลิตเฉลี่ย ส่วนความยาวผล Clone 10 มีความเฉลี่ยสูงสุด 15.3 ซม. แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ 8/6C4 และพันธุ์ปัตตาเวียที่มีความยาวผลเฉลี่ย 14.0 และ 14.9 ซม. ตามลำดับ ลักษณะผลสำหรับบรรจุกระป๋องที่ดีควรที่มีลักษณะเป็นทรงกระป๋องเพื่อให้มีส่วนแปรรูปสูง canning ratio เป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลส่วนโคน : ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายผล โดยค่า canning ratio 0.90-1.00 ผลจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอก (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2560) จากค่า canning ratio จากพื้นที่ทดสอบนี้ทุกสายต้นทดสอบให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ปัตตาเวียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า length ratio เป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล : ความยาวผล ซึ่งมาตรฐานสับปะรดต้องมีความยาวผลมากกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลซึ่งต้องมีค่า length ratio มากกว่า 1.0 ทุกสายต้นทดสอบมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 1.0 แต่ Clone 10 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 1.27 แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ปัตตาเวียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่มีค่าเฉลี่ย 1.20 ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนซึ่ง Clone 10 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนเล็กตั้งแต่ในขั้นตอนการประเมิณผลเมื่อนำมาทดสอบพันธุ์ในแหล่งผลิต Clone 10 ยังคงมีค่าเฉลี่ยต่ำ 2.17 ซม. แตกต่างกับพันธุ์ปัตตาเวียที่มีค่าเฉลี่ย 2.56 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความลึกตา 13/17C2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 0.65 ซม. ในขณะที่ 4/9C2 8/6C4 และ Clone 10 ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ปัตตาเวีย ด้านคุณภาพ

ผลผลิต 4/9C2 มีความหวานเฉลี่ยสูงสุด 18.4 องศาบริกซ์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ 8/6C4 13/17C2 Clone 10 และปัตตาเวีย ด้านปริมาณกรดพันธุ์ปัตตาเวียมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 0.66% และ 8/6C4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง พบว่าผลผลิต น้ำหนักผล ขนาดผล และ canning ratio ทุกสายต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน length ratio 8/6C2 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1.0 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานสับปะรด และไม่แตกต่างทางสถิติกับ 4/9C3 ที่มีค่าเฉลี่ย 1.03 สายต้น 13/17C2 Clone10 และปัตตาเวียมีค่าเฉลี่ย 1.10 1.13 และ 1.11 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8/6C4 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 2.48 ซม. แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ Clone 10 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.87 ซม. ด้านความลึกตา 8/6C2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ส่วน 13/17C2 Clone 10 และปัตตาเวียมีความลึกตาสูงสุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านคุณภาพผลผลิต Clone 10 มีความหวานและปริมาณกรดสูงสุด โดยมีความหวานเฉลี่ย 17.9 องศาบริกซ์ แตกต่างกับสายต้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณกรดเฉลี่ย 0.83% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ 13/17C2 และปัตตาเวียที่มีค่าเฉลี่ย 0.74 และ 0.70% ตามลำดับ (Table 4)

ในทั้ง 2 พื้นที่ Clone 10 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 9.04 และ 9.53 ตัน/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ปัตตาเวีย ด้านคุณภาพ น้ำหนักผล ขนาดผล canning ratio length ratio และความลึกตามีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ปัตตาเวียทั้ง 2 พื้นที่ทดสอบ (Table 3 และ 4) ในพื้นที่ทดสอบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกน Clone 10 มีเส้นผ่านศูนย์กลางแกน 2.17 เซนติเมตร ซึ่งเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย (Table 3) แต่พันธุ์ปัตตาเวียมีปริมาณกรด 0.66 % ซึ่งสูงกว่า Clone 10 ที่มีปริมาณกรด 0.50 % (Table 3) ส่วนผลผลิตพื้นที่ทดสอบศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางแกน ความลึกตา และปริมาณกรดสับปะรด Clone 10 และพันธุ์ปัตตาเวียไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ความหวานสับปะรด Clone 10 มีค่าเฉลี่ย 17.9 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย (Table 4)

คุณภาพสีเนื้อ

สีเนื้อของผลผลิต พบว่า สายต้น Clone 10 ที่เก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยองปี พ.ศ. 2560 มีสีเหลืองอ่อน ค่า $L = 63.48$ $a = -0.36$ $b = 20.87$ และ $L = 65.03$ $a = -0.41$ $b = 17.28$ ตามลำดับ และพันธุ์ปัตตาเวียมีสีเหลืองอ่อน ค่า $L = 64.90$ $a = -0.67$ $b = 21.48$ และ $L = 67.12$ $a = -0.49$ $b = 17.73$ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยสีสับปะรดสำหรับการบรรจุกระป๋องไม่ควรไม่แตกต่างกับสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในปัจจุบัน

การทดสอบการบรรจุกระป๋อง

การเปรียบเทียบสับปะรด Clone 10 และพันธุ์ปัตตาเวีย เมื่อทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนใช้วิธีการปาตหัว-ท้าย พบว่า สับปะรด Clone 10 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวียในผลทุกขนาดทั้งส่วนหัว และท้าย โดยส่วนหัวเล็กกว่าร้อยละ 12.5 7.7 และ 3.8 ส่วนท้ายเล็กกว่าร้อยละ 8.3 22.2 และ 14.8 ตามลำดับ (Table 5) อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อ : น้ำหนักผลของ

สับปะรด Clone 10 เปรียบเทียบกับพันธุ์ปัตตาเวีย พบว่า Clone 10 ขนาดผล 2 และ 2¼ สูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย แต่ขนาดผล 2½ อัตราส่วนไม่แตกต่างกัน (Table 6)

สับปะรด Clone 10 มีคุณลักษณะเด่นได้แก่ ผลทรงกระบอก canning ratio 0.96 (canning ratio ที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋อง 0.90-1.00) แขนเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางแกน 2.35 ซม. เล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวียร้อยละ 17 มีอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อ : น้ำหนักผลเฉลี่ย 0.29 สูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวียร้อยละ 26 ตาตื้น ความลึกตาเฉลี่ย 0.72 ซม. จึงมีลักษณะเหมาะสมสำหรับการแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องทดแทนพันธุ์ปัตตาเวีย จึงเสนอขอรับรองพันธุ์เป็นสับปะรดสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋อง โดยผ่านการรับรองพันธุ์ประเภทพันธุ์แนะนำในชื่อ สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 เมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2562

การปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียผลผลิตเฉลี่ยปี พ.ศ. 2560-2564 3.92 ตัน/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565ข) เกษตรกรมีรายได้ 24,300 บาท/ไร่ คิดเป็นมูลค่าราคาที่เกษตรกรขายได้ 11,190 ล้านบาท หากปลูกพันธุ์เพชรบุรี 2 ทดแทนพันธุ์ปัตตาเวียเกษตรกรจะมีรายได้ไร่ละ 56,000-59,000 บาท/ไร่ (ราคาซื้อเฉลี่ยปี พ.ศ. 2560-2564 หน้าโรงงาน 6.20 บาท/กก.) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565ก) ซึ่งเกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้น 130-143% ปี พ.ศ. 2563 พื้นที่ปลูก 460,262 ไร่ คิดเป็นมูลค่าที่เกษตรกรขายได้ 25,805-27,203 ล้านบาท จากอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อ : น้ำหนักผลพันธุ์เพชรบุรี 2 น้ำหนัก 1 กก. สามารถแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องได้ 0.29 กก. โรงงานแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องได้ 1,206-1,272 ล้านบาท (ราคาส่งออกเฉลี่ยปี 2560-2564 สับปะรดกระป๋อง 33.07 บาท/กก.) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565ก) คิดเป็นมูลค่านำรายได้เข้าประเทศ 39.90-42.07 หมื่นล้านบาท จากอัตราส่วนน้ำหนักเนื้อ : น้ำหนักผลพันธุ์ปัตตาเวีย น้ำหนัก 1 กก. แปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องได้ 0.23 กก. โรงงานแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องได้ 415 ล้านบาท คิดเป็นมูลค่านำรายได้เข้าประเทศ 13.72 หมื่นล้านบาท หากเปรียบเทียบการใช้วัตถุดิบของโรงงานแปรรูปสับปะรดกระป๋องระหว่างพันธุ์เพชรบุรี 2 และพันธุ์ปัตตาเวียประเทศจะมีรายได้จากการส่งออกเพิ่มขึ้น 26,180-28,342 ล้านบาท

สรุปผลการทดลอง

สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 เป็นพันธุ์สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบแปรรูปเป็นสับปะรดกระป๋องทดแทนการใช้พันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งมีลักษณะเด่น ดังนี้

- ผลทรงกระบอก canning ratio 0.96
- แขนเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางแกน 2.35 ซม. เล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวียร้อยละ 17
- ความหวานเฉลี่ย 15.9 องศาบริกซ์
- อัตราส่วนน้ำหนักเนื้อ : น้ำหนักผลเฉลี่ย 0.29 สูงกว่าพันธุ์ปัตตาเวียร้อยละ 26
- ตาตื้น ความลึกตาเฉลี่ย 0.72 ซม.

การนำไปใช้ประโยชน์

สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ส่งเสริมการปลูกสับปะรดกลุ่ม 1 ตามยุทธศาสตร์สับปะรด ปี พ.ศ. 2560-2569 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดสุพรรณบุรี, 2562) และผลผลิตสามารถใช้บริโภคผลสดได้ จากการสำรวจความต้องการหน่อพันธุ์ของเกษตรกรผ่านสำนักงานเกษตรจังหวัด สหกรณ์ชาวไร่สับปะรดสามารถขยายอดจำกัด และสมาคมชาวไร่สับปะรดไทย พบว่าเกษตรกรมีความต้องการหน่อพันธุ์สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 จำนวน 2,843,000 หน่อ (Table 7) ซึ่งในปี พ.ศ. 2563 พื้นที่ปลูกพันธุ์ปัตตาเวีย 460,262 ไร่ อัตราปลูก 7,000-8,000 ต้น/ไร่ จะต้องใช้หน่อพันธุ์ 3.22-3.68 พันล้านหน่อ ปี พ.ศ. 2564-2566 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรีได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการพัฒนาศักยภาพกระบวนการผลิตสินค้าเกษตรเพื่อผลิตหน่อพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจำนวนรวม 55,000 หน่อ

ปี พ.ศ. 2565 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรีส่งมอบต้นพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อให้กองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร เพื่อนำไปขยายพันธุ์ในกิจกรรมความร่วมมือรัฐ-เอกชน และภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในการกระจายพันธุ์เพชรบุรี 2 ภายใต้แผนปฏิบัติการด้านสับปะรดปี พ.ศ. 2564-2565 ซึ่งกองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร อยู่ระหว่างการขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และได้ส่งมอบต้นพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อให้กับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลำปาง เพื่อขยายพันธุ์สนับสนุนเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดลำปาง แต่จากการดำเนินการที่ผ่านมาจำนวนหน่อที่ผลิตได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกร

ปี พ.ศ. 2566 ได้รับงบประมาณสนับสนุนโครงการการสร้างกลุ่มเครือข่ายผลิตพันธุ์สับปะรด “เพชรบุรี 2” เพื่อกระจายพันธุ์ดีสู่เกษตรกรและกลุ่มเป้าหมายโดยจัดให้มีจัดทำแปลงต้นแบบการผลิตหน่อพันธุ์โดยการตัดช่อดอกอ่อน การฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการสับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 และการขยายพันธุ์อย่างง่าย และจัดงานวันถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต (field day) พร้อมทั้งจัดเสวนาเรื่องโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมสับปะรดเพื่อการแปรรูป โดยมีเป้าหมายเป็นเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร เจ้าหน้าที่ส่งเสริมจากโรงงานแปรรูปสับปะรด และผู้สนใจจำนวนรวมทั้งสิ้น 180 ราย เพื่อประชาสัมพันธ์และถ่ายทอดเทคโนโลยี เตรียมความพร้อมเกษตรกรเพื่อดำเนินการขยายผลการสร้างเครือข่ายผลิตหน่อพันธุ์สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 ในปีงบประมาณ 2568-2570 ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณท่าน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพืชสวน ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และสนับสนุนการดำเนินการทดลอง นักวิชาการทุกท่านของศูนย์วิจัยต่างๆ ที่ให้ความร่วมมือแนะนำ และช่วยเหลือร่วมดำเนินการวิจัย และบริษัท โดล ไทยแลนด์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ทดสอบการบรรจุกระป๋อง ไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- นิรนาม. 2554. ประเทศไทยจะเป็นผู้นำส่งออกสับปะรดโลกต่อไปได้อย่างไร. *วารสารเคหะการเกษตร*. 35(5): 96-119.
- มัลลิกา นวลแก้ว. 2563. *โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์สับปะรดระยะที่ 2*. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 81 หน้า.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. 2560. การจัดการการผลิตสับปะรดคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 184 หน้า.
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุพรรณบุรี. 2562. ข้อมูลเพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตรรายสินค้าของจังหวัดสุพรรณบุรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 สับปะรด. สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุพรรณบุรี. 41 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565ก. *แผนพัฒนาสับปะรด พ.ศ. 2566-2570*. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ การจัดทำแผนพัฒนาสับปะรด พ.ศ. 2566-2570. สัมมนาผ่านระบบออนไลน์, 67 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565ข. *แนวทางการจัดทำเขตส่งเสริมการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 392 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2565*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ 194 หน้า.
- Joy, P.P. and R. Anjana. 2015. Evolution of pineapple. Available at : https://www.researchgate.net/publication/295858780_Evolution_of_pineapple Accessed: September 3, 2023.
- Ventura, J.A., H. Costa, J.R.S. Cabral and A.P. de Matos. 2009. 'VITÓRIA': New pineapple cultivar resistant of fusariosis. *Acta Hort.* 822, 51-56. Available at : <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.822.4>. Accessed: May 15, 2021.

Table 2 Vegetative growth of pineapple the induction of flower prior during 2016-2017

Clones and Cultivar	Phetchaburi Agricultural Research and Development Center				Rayong Agricultural Research and Development Center			
	Plant height	Plant width	D-leaf width	D-leaf length	Plant height	Plant width	D-leaf width	D-leaf length
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
4/9C3	38.6 c	54.9 c	2.5 d	36.5 c	68.4 a	93.8	4.6	60.3 a
8/6C4	61.3 b	76.1 b	4.6 bc	57.1 b	67.5 a	91.1	5.1	58.3 ab
13/17C2	62.9 b	78.1 b	4.2 c	56.7 b	59.0 b	86.9	5.6	52.8 b
Clone10	68.5 b	76.7 b	4.8 b	60.5 b	73.8 a	95.7	5.4	62.7 a
Pattavia	101.0 a	99.0 a	5.5 a	73.2 a	68.9 a	92.8	5.1	60.3 a
C.V. (%)	7.6	8.3	7.4	8.6	7.4	5.5	12.2	6.5

Mean followed by the same letter with in a column are not significantly different ($P < 0.05$) by DMRT.

Table 3 The yield components and fruit qualities of pineapple clones in a field trial at Phetchaburi Agricultural Research and Development Center in 2017

Clones and Cultivar	Yield (ton/rai)	Fruit			Canning Ratio	Length Ratio	Core diameter (cm)	Eye depth (cm)	Sweetness (°Brix)	Acidity (%)
		Weight (kg)	Diameter (cm)	Length (cm)						
4/9C3	6.43 ab	0.79 ab	11.3 ab	11.4 c	0.99	1.00 c	2.01 a	0.74 b	18.4 a	0.46 b
8/6C4	9.39 a	1.15 a	12.1 a	14.0 a	0.94	1.15 b	2.68 b	0.77 b	14.3 b	0.52 b
13/17C2	5.57 b	0.68 b	10.5 b	11.7 bc	0.90	1.11 b	2.04 a	0.65 a	13.9 b	0.32 c
Clone10	9.04 a	1.11 a	12.1 a	15.3 a	0.93	1.27 a	2.17 a	0.81 b	13.9 b	0.50 b
Pattavia	9.61 a	1.20 a	12.0 a	14.9 a	0.88	1.20 ab	2.56 b	0.77 b	14.6 b	0.66 a
C.V. (%)	25.8	25.8	5.8	11.0	5.7	6.2	8.4	7.6	10.3	13.8

Mean followed by the same letter with in a column are not significantly different ($P < 0.05$) by DMRT.

Table 4 The yield components and fruit qualities of pineapple clones in a field trial at Rayong Agricultural Research and Development Center in 2017

Clones and Cultivar	Yield (ton/rai)	Fruit			Canning Ratio	Length Ratio	Core diameter (cm)	Eye depth (cm)	Sweetness (°Brix)	Acidity (%)
		Weight (kg)	Diameter (cm)	Length (cm)						
4/9C3	8.84	1.08	12.5	12.9	1.00	1.03 bc	3.13 b	0.62 b	14.1 b	0.65 b
8/6C4	7.12	0.87	12.0	11.6	1.01	0.97 c	2.48 a	0.55 a	13.1 b	0.58 b
13/17C2	8.53	1.05	11.7	13.0	1.01	1.10 ab	3.19 b	0.71 c	13.8 b	0.74 ab
Clone10	9.53	1.17	12.2	13.8	0.99	1.13 a	2.87 ab	0.73 c	17.9 a	0.83 a
Pattavia	9.72	1.19	12.5	13.8	0.99	1.11 ab	3.31 b	0.73 c	13.1 b	0.70 ab
C.V. (%)	13.1	13.1	3.5	7.6	2.0	5.5	9.6	5.2	9.7	13.5

Mean followed by the same letter with in a column are not significantly different ($P < 0.05$) by DMRT.

Table 5 The core diameter (measured at the top and bottom cut) of Clone 10 and Pattavia variety by Dole Thailand Company Limited

Fruit size ^{1/}	Top cut (cm)			Bottom cut (cm)		
	Clone 10	Pattavia	differences (%)	Clone 10	Pattavia	differences (%)
2	2.10	2.40	12.5	2.20	2.40	8.3
2 ¼	2.40	2.60	7.7	2.10	2.70	22.2
2 ½	2.50	2.60	3.8	2.30	2.70	14.8
Average	2.33	2.53	8.0	2.20	2.60	15.1

^{1/}standard fruit sizes at Dole Thailand factory

Table 6 The comparison of canning quality between Clone 10 and Pattavia variety by Dole Thailand Company Limited

Fruit size ^{1/}	Fruit weight (kg)		Pulp weight (kg)		Ratio of pulp to fruit weight	
	Clone 10	Pattavia	Clone 10	Pattavia	Clone 10	Pattavia
2	6.8	8.7	2.3	1.8	0.34	0.21
2 ¼	7.3	5.9	1.8	1.1	0.25	0.19
2 ½	5.0	3.6	1.4	1.0	0.28	0.28
Average					0.29	0.23

^{1/} standard fruit sizes at Dole Thailand factory

Table 7 Demand of pineapple suckers Phetchaburi 2 cultivar for factory pineapple growers

Groups/Cooperatives/Associations	Number (suckers)
Phetchaburi Provincial Agricultural Extension Office (Large Scale Pineapple Production)	1,314,000
Prachuap Khiri Khan Provincial Agricultural Extension Office (Large Scale Pineapple Production)	100,000
Nakhonphanom Provincial Agricultural Extension Office	70,000
Samroi yod Pineapple Growers CO.OP. LTD.	297,000
Samroi yod Fairtrade Pineapple Growers Group	90,000
Thai Pineapple Growers Association (Prachuap Khiri Khan Province)	720,000
Thai Pineapple Growers Association (Lampang Province)	252,000
Total	2,843,000

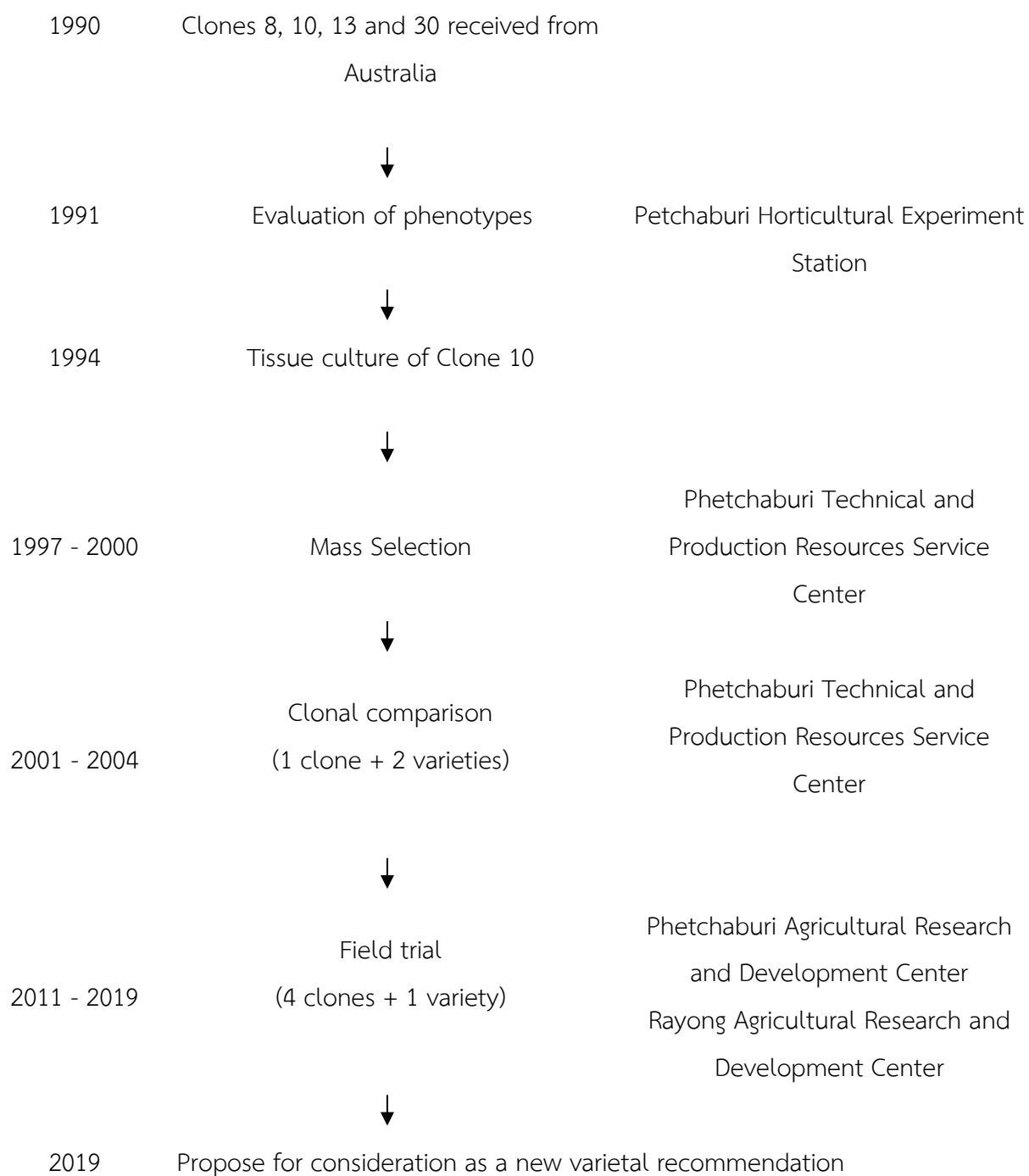


Figure 1 Flowchart of Breeding Phetchaburi 2 cultivar pineapple



Figure 2 Characteristics of leaves (a), plant (b), fruits (c) and pulp (d) of Phetchaburi 2 cultivar

ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 Hybrid Oil Palm Variety “Surat Thani 9”

สุจิตรา พรหมเชื้อ¹ อรรัตน์ วงศ์ศรี² เกริกชัย ธนรักษ์³ สุวิมล กลศึก¹ ชุมพล เชาวนะ¹
ยิ่ณนิยม รียาพันธ์¹ เพ็ญศิริ จำรัสฉาย¹ เตือนจิตร เพ็ชรธูณ¹ จิราพรรณ สุขชิต¹ วรกร สิทธิพงษ์¹
วิชนีย์ ออมทรัพย์สิน¹ สุรกิตติ ศรีกุล⁴ ศรุต สุทธิอารมณ²

Sujittra Promchuea¹ Omrat Wongsri² Kerkchai Thanarak³ Suvimol Kolasuek¹
Chumpol Chawana¹ Yingniyom Riyapan¹ Pensiri Jumradshine¹ Tuenjit Petchrrun¹ Jirapan
Sukchit¹ Worakorn sitthiphong¹ Vichanee Ormuzsin¹ Surakitti Srikul⁴ Sarute Sudhi-Aromna²

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันของกรมวิชาการเกษตรมีเป้าหมายสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การปฏิรูปปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มทั้งระบบ ดำเนินการโดยใช้วิธีการคัดเลือกวงจรสลับแบบประยุกต์ ซึ่งการเปรียบเทียบคู่ผสมเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพ่อแม่ (combining ability) มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกคู่ผสมที่ให้ผลผลิตทะลายสดและผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบสูง จากการปลูกทดสอบจำนวน 5 คู่ผสม โดยใช้พันธุ์สุราษฎร์ธานี 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2560 ผลการทดลองพบว่า ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 หรือคู่ผสม 303 จากการผสมข้ามระหว่างแม่พันธุ์ 68/374D กลุ่มเดลิคูรา พ่อพันธุ์ 125/154T กลุ่มแอมโปรส คู่ผสม 303 ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย (อายุ 3-10 ปี) 3,773 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี หรือ 165.5 กิโลกรัมต่อตันต่อปี สูงกว่าพันธุ์สุราษฎร์ธานี 3 เท่ากับ 31.4 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนทะลายเฉลี่ย 13.5 ทะลายต่อตันต่อปี น้ำหนักทะลายเฉลี่ย 12.8 กิโลกรัมต่อทะลาย เปลือกนอกสดต่อผล ทะลายต่อผล เนื้อในต่อผล และน้ำมันต่อทะลาย 86.0 7.5 6.6 และ 25.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปาล์มน้ำมันคู่ผสม 303 ได้รับการรับรองเป็นพันธุ์แนะนำจากกรมวิชาการเกษตรในชื่อพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ในปี พ.ศ. 2561 มีการนำไปใช้ประโยชน์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 จนถึงปี พ.ศ. 2565 ผลิตพันธุ์เพื่อใช้ประโยชน์จำนวน 430,234 เมล็ดงอก/ตันกล้า มูลค่าจากการจำหน่ายต้นกล้า 17 ล้านบาท คิดเป็นพื้นที่ปลูก 14,341 ไร่ มูลค่าจากผลผลิตปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น 13,696 ตัน (ร้อยละ 33.9) เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร 55 ล้านบาทต่อปี ทั้งนี้ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานีมีแผนการผลิตพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 อย่างต่อเนื่อง ดังนั้น

¹ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84160

¹ Suratthani Oil Palm Research Center, Kanjanadit, Surat Thani, 84160

² สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

² Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

³ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร อำเภอสวี จังหวัดชุมพร 86130

³ Chomphon Horticulture Research Center, Sawi, Chumphon, 86130

⁴ สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

⁴ Office of Agriculture Expert and Development, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

ผลลัพธ์ของงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันจึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อความก้าวหน้าทางวิชาการ
เพิ่มรายได้และลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกร และลดการนำเข้าเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศ

คำหลัก : ปาล์มน้ำมัน ปรับปรุงพันธุ์ แอปพรอส

ABSTRACT

The goal of oil palm breeding program of Department of Agriculture corresponds to the oil palm and palm oil reform strategy The oil palm breeding program was carried out by using modified reciprocal recurrent selection. The progeny test is an important step in studying the combining ability of the parents. The objective of this study was to select an oil palm variety producing high fresh fruit bunch and oil yield. Five progeny crosses were grown using Surat Thani 3 as standard cross at the Suratthani Oil Palm Research Center in 2001–2017. The results showed that Surat Thani 9 hybrid or cross 17 derived from maternal 68/374D of Deli Dura crossed with the parental 125/154T of AVROS provided fresh fruit bunch (3-10 years old) 3,773 kg/rai/year or 165.5 kg/palm/year which was higher than Surat Thani 3 by 31.4%. Bunch number was 13.5 bunch/palm. The Bunch weight was 12.8 kg/bunch. Fresh mesocarp/fruit, shell/fruit, kernel/fruit and oil/bunch were 86.0 7.5 6.6 and 25.5%, respectively. The cross 303 has been determined as recommended variety of Department of Agriculture named Surat Thani 9 in 2018. The Utilization as germinated seeds or seedling, from 2018-2022, was 430,234 seedling/germinated seeds related to 55 million baht of income and 14,341 rai of plantation area, which resulted in an increase of yield by 13,696 ton (33.9%) and an increase of income of farmers by 55 million baht/year. Surat Thani 9 has been continuously produced. Overall, the outcome of oil palm breeding research benefits the academic progress, increase income and reduce production cost of farmer, and reduce imported seeds.

Key words : oil palm, breeding, AVROS

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญทั้งในภาคอุตสาหกรรมเพื่อการบริโภค แปรรูปผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงหรือโอเลโอเคมี และการผลิตไบโอดีเซลสำหรับใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยในปี พ.ศ. 2563 น้ำมันปาล์มมีสัดส่วนในระบบการค้าน้ำมันพืช ร้อยละ 36.3 จากยุทธศาสตร์การปฏิรูปอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มปี พ.ศ. 2561-2580 กำหนดให้การผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มต้องได้รับการพัฒนาประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิตให้สามารถแข่งขันได้ มุ่งเน้นให้ปริมาณผลผลิตปาล์ม

น้ำมันที่ผลิตได้มีความสมดุลกับปริมาณความต้องการใช้ โดยเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยของประเทศจาก 2.5 ตันต่อไร่ต่อปี เป็น 3.5 ตันต่อไร่ต่อปี ภายในปี พ.ศ. 2580

การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันของกรมวิชาการเกษตรเริ่มในปี พ.ศ. 2530 ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก UNDP/FAO จัดซื้อเชื้อพันธุ์กรรมปาล์มน้ำมันจากบริษัท Agriculture Service and Development (ASD) สาธารณรัฐคอซตาริกา เพื่อดำเนินการตามโครงการวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมันแห่งประเทศไทย (THA/84/007) ซึ่งเชื้อพันธุ์ปาล์มน้ำมันเหล่านี้ บริษัท ASD ได้รวบรวมไว้ตั้งแต่ พ.ศ. 2511 โดยการแลกเปลี่ยนเชื้อพันธุ์มาจากแหล่งรวบรวมในหลายประเทศ ได้แก่ Chermara Harrisons และ PORIM (สหพันธรัฐมาเลเซีย) Dami (รัฐเอกราชปาปัวนิวกินี) Socfin และ AVROS (สาธารณรัฐอินโดนีเซีย) Lobe (สาธารณรัฐแคเมอรูน) สาธารณรัฐโกตดิวัวร์ (ไอวอรีโคสต์) และสาธารณรัฐชาอีร์ (Escobar and Blaak, 1990) ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ได้ดำเนินงานโครงการปรับปรุงพันธุ์ รอบที่ 1 ในปี พ.ศ.2541–2547 ได้พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมดีเด่น 6 พันธุ์ ได้แก่ สุราษฎร์ธานี 1 2 3 4 5 และ 6 มีศักยภาพในการให้ผลผลิตทะลายสดไม่ต่ำกว่า 3.5 ตันต่อไร่ต่อปี และน้ำมันต่อทะลายไม่ต่ำกว่า 24 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่าอัตราการสกัดน้ำมันปาล์มดิบของโรงงาน (oil extraction rate, OER) ไม่ต่ำกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีผลผลิตสูงและเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง พัฒนาพันธุ์ที่มีความหลากหลายและมีฐานพันธุกรรมกว้างขึ้น จึงดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน รอบที่ 2 ในปี พ.ศ. 2548–2560 โดยคัดเลือกพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์จากแปลงรวบรวมเชื้อพันธุ์กรรมที่มีลักษณะดีและมีประวัติการให้ลูกผสมดีเด่น คัดเลือกรายต้นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ (individual selection) ที่มีลักษณะดีได้ตามมาตรฐาน ได้ต้นพ่อพันธุ์เทเนอร่า (T) กลุ่มพันธุ์ AVROS, Tanzania, Yangambi, LaMe, Ghana, Ekona, Calabar, Calabar-AVROS, La Me-AVROS, La Me-Calabar, DAMI-AVROS, Nigeria-Yangambi, Nigeria-AVROS และ Yangambi-AVROS และต้นแม่พันธุ์ดูรา (D) กลุ่มพันธุ์ Deli Dura, Kazemba (African Dura) และ Deli-Ekona composite มาใช้ในการสร้างคู่ผสม D x T จำนวน 69 คู่ผสม ปลูกทดสอบโดยใช้พันธุ์สุราษฎร์ธานี 1 (Deli x Calabar) สุราษฎร์ธานี 2 (Deli x La Me) และ สุราษฎร์ธานี 3 (Deli x DAMI) เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ทั้งนี้เพื่อคัดเลือกคู่ผสมดีเด่นที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เดิม หรือมีลักษณะอื่นๆ ดีกว่าเดิม เหมาะสมสำหรับปลูกในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย นอกจากนี้ได้พันธุ์ใหม่แล้วยังเป็นการเพิ่มจำนวนต้นพ่อพันธุ์และต้นแม่พันธุ์ให้มากขึ้นตามไปด้วย สามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมได้ในปริมาณมากขึ้นและเพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร ช่วยให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตลดลงจากการซื้อต้นกล้าพันธุ์ปาล์มน้ำมันในราคาถูก ลดการนำเข้าเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศ และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมันทั้งระบบ

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการรวบรวมและพัฒนาสายพันธุ์พ่อและแม่พันธุ์ปาล์มน้ำมัน คัดเลือกพ่อและแม่พันธุ์สร้างคู่ผสม ปลูกทดสอบรุ่นลูก และเพิ่มประชากรต้นแม่และพ่อของคู่ผสม และประเมินลักษณะทางการเกษตร ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ (Figure 1)

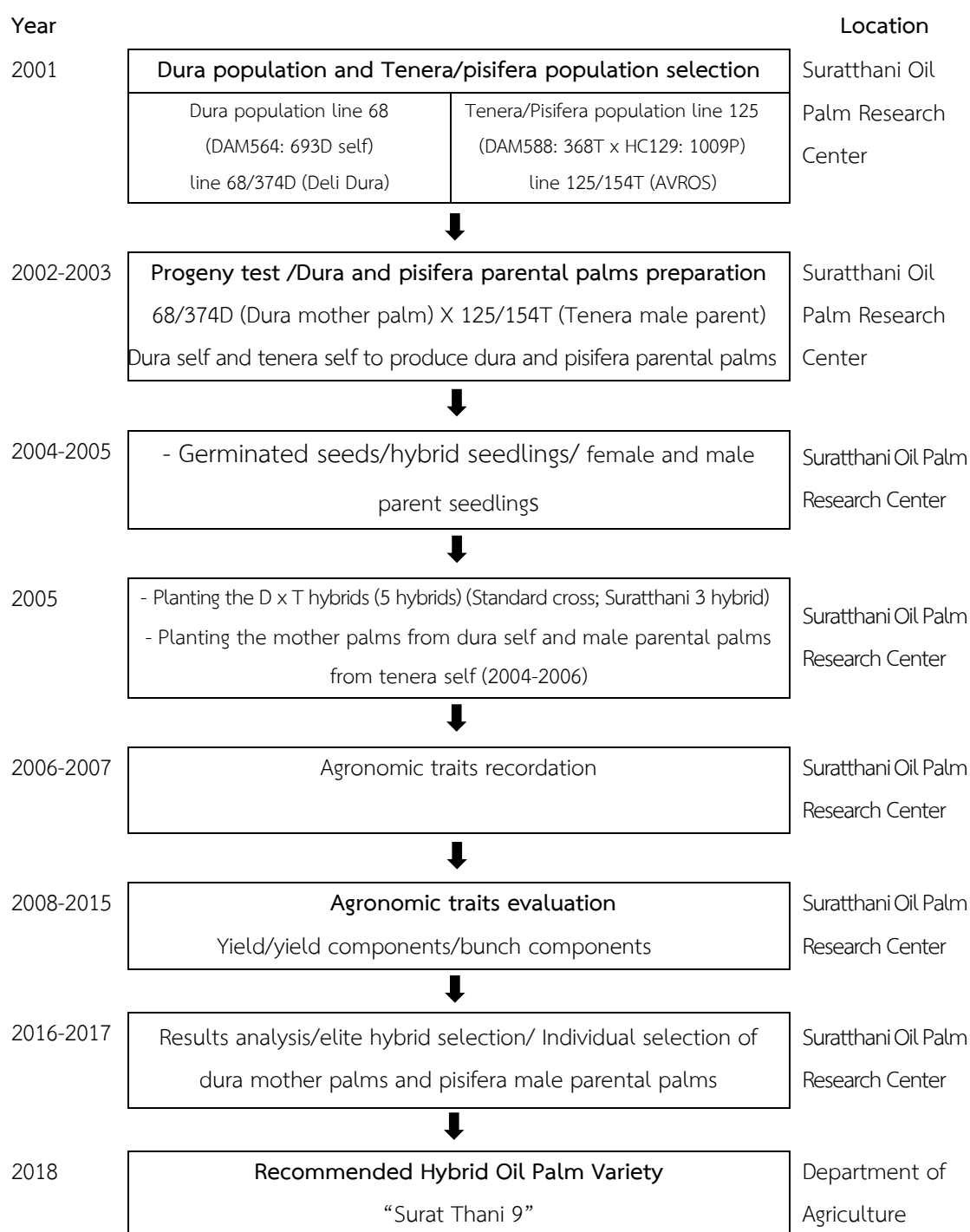


Figure 1 Oil palm breeding program : Surat Thani 9 varietal

1. การคัดเลือกแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์

คัดเลือกสายพันธุ์แม่จากประชากรดुरา (Dura population) และสายพันธุ์พ่อจากประชากรเทเนอรา/พิสิเฟอรา (Tenera/Pisifera population) พิจารณาตามหลักการคัดเลือกจากประชากรของแต่ละสายพันธุ์ จากนั้นคัดเลือกต้นพันธุ์พ่อและต้นพันธุ์แม่ ต้นที่คัดเลือกได้มีลักษณะดีเด่นและลักษณะประจำพันธุ์ในเอกสาร Thailand Oil Palm Breeding Program (Escobar and Blaak, 1990) และ

ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของการคัดเลือกแม่ดูรา (D) และพ่อพันธุ์ฟิสิเฟอรา (P) เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ และผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเทเนอรา (DxT) (Escobar *at al*, 1996; อรรถรัตน์ และคณะ, 2559) สามารถ คัดเลือกแม่พันธุ์ดูรา (D) ได้จำนวน 15 สายพันธุ์ ได้แก่ 63/544D 73/49D 84/941D 65/239D 75/1319D 91/1617D 66/314D 77/132D 98/239D 67/521D 78/193D KB/68D 68/374D 79/339D และ 69/912D และพ่อพันธุ์เทเนอรา (T) จำนวน 16 สายพันธุ์ ได้แก่ 125/154T 139/520T 159/398T 141/235T 140/102T 122/1446T 132/1415T 133/1433T 129/1426T 101/49T 136/71T 138/391T 112/427T 117/88T 105/65T และ 114/197T เพื่อเป็นแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ในรอบที่ 2

2. การสร้างคู่ผสม ปลุกทดสอบรุ่นลูก และเพิ่มประชากรต้นแม่และพ่อของคู่ผสม

การสร้างคู่ผสม กำหนดคู่ผสมข้ามระหว่างแม่ดูรากับพ่อเทเนอราเพื่อสร้างคู่ผสม (DxT) ดำเนินการโดยให้แม่ดูราแต่ละสายพันธุ์จับคู่กับพ่อเทเนอราอย่างน้อย 3 สายพันธุ์ และเทเนอราแต่ละสายพันธุ์จับคู่กับดูราอย่างน้อย 3 สายพันธุ์ ในลักษณะแบบสุ่ม ได้คู่ผสมจำนวน 69 คู่ผสม ทำการผสม เกสรเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ของคู่ผสม และผสมตัวเองต้นแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์เพื่อเพิ่มประชากรต้นแม่และพ่อของคู่ผสม จากนั้นผลิตเมล็ดงอกและต้นกล้า ดูแลรักษาต้นกล้าในแปลงเพาะกระทั่งได้เป็นต้นกล้า พร้อมปลูก (อายุ 8-12 เดือน) ปลูกลงแปลงตามแผนการทดลองที่วางไว้ โดยแบ่งคู่ผสมเป็น 6 กลุ่มปลูก ในแปลงทดสอบ BRD 031 041 043 044 051 และ 062 ตามลำดับ

2.1 การเปรียบเทียบคู่ผสมหรือทดสอบรุ่นลูก (progeny test, D x T) การทดสอบคู่ผสมกลุ่มที่ 5 (BRD 051) วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ได้แก่ คู่ผสมจำนวน 5 คู่ผสม และพันธุ์เปรียบเทียบ 1 พันธุ์ ดังนี้ คู่ผสม 303 (Deli x AVROS) คู่ผสม 307 (Deli-Composite x AVROS) คู่ผสม 309 (Deli-Composite x La Me-AVROS) คู่ผสม 313 (Deli-Composite x AVROS) คู่ผสม S (Kazamba x La Me) และพันธุ์เปรียบเทียบสุราษฎร์ธานี 3 (ST3) ปลูกทดสอบแต่ละกรรมวิธีจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 16 ต้น ต่อแปลงย่อย ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

2.2 การเพิ่มจำนวนประชากรต้นแม่-พ่อพันธุ์ของคู่ผสม ทำการผสมตัวเองของต้นพ่อพันธุ์เทเนอราและต้นแม่พันธุ์ดูราของแต่ละคู่ผสม เก็บบันทึกข้อมูลและคัดเลือกเป็นรายต้นตามเกณฑ์ มาตรฐานการประเมินสายพันธุ์และต้นพันธุ์ดี (family selection and individual selection) ดำเนินการในศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ระยะเวลาอย่างน้อย 5 ปี โดยดำเนินการในช่วงเวลาเดียวกับการทดสอบคู่ผสม โดยปลูกศึกษาประชากรแม่พันธุ์และพ่อพันธุ์ที่ผสมตัวเอง แม่พันธุ์ที่ผสมตัวเอง (D-self) จำนวน 15 คู่ผสม ปลูกในแปลง BRD 033 ส่วนพ่อพันธุ์ผสมตัวเอง (T-self) จำนวน 16 สายพันธุ์ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ปลูกในแปลง BRD 034 BRD 045 และ BRD 061

3. การประเมินลักษณะทางการเกษตร ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี

3.1 การเจริญเติบโต เมื่ออายุปาล์มน้ำมัน 2 ปี เป็นต้นไป บันทึกการเจริญเติบโตต่างๆ ปีละครั้ง ตามวิธีการของ Corley and Breure (1988) โดยทำการวัดการเจริญเติบโต ในแต่ละคู่ผสม จำนวน 16 ต้นต่อแปลงย่อย ดังนี้

- พื้นที่ใบ เริ่มวัดเมื่อปาล์มน้ำมันอายุ 2 ปี โดยใช้ทางใบที่ 1 เป็นตัวแทน (ทางใบที่ 1 หมายถึง ทางใบใหม่ ที่มีใบย่อยคลี่และเจริญเต็มที่) วัดความกว้างและความยาวของใบย่อยจำนวน 3 คู่ โดยใช้ใบที่ยาวที่สุดซึ่งอยู่ประมาณกึ่งกลางของทางใบ คำนวณค่าเฉลี่ย และคูณด้วยจำนวนใบย่อยทั้งหมด และคูณด้วยค่า correction factor 0.55 โดยดัดแปลงจาก Corley and Tinker (2003)

- ความยาวทางใบ เริ่มวัดเมื่ออายุ 2 ปี โดยใช้ทางใบที่ 1 วัดจากจุดที่เริ่มมีใบย่อยที่โคนแกนทางใบ (lowest rudimentary leaflets) ถึงปลายสุดของแกนทางใบ (tip of rachis)

- พื้นที่หน้าตัดแกนทาง เริ่มวัดเมื่ออายุ 2 ปี วัดความกว้าง และความลึกของก้านแกนทางตรงตำแหน่ง ที่เริ่มมีใบย่อยของโคนแกนทางของทางใบที่ 1

- ความสูง วัดครั้งแรกเมื่ออายุ 6 ปี โดยใช้ทางใบที่ 41 นับจากยอดเป็นฐานครั้งแรก วัดความสูงจากพื้นดินถึงตำแหน่งทางใบที่ 41 และในปีต่อไป วัดความสูงจากพื้นดิน (เดิม) ถึงตำแหน่งทางใบที่ 41 (ใหม่)

- จำนวนทางใบเพิ่ม ทำเครื่องหมายทางใบที่ 1 ในปีแรก นับจำนวนทางใบที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบปี

3.2 ผลผลิตทะลายนสดและองค์ประกอบผลผลิต เก็บเกี่ยวทะลายนสดปาล์มน้ำมัน เมื่อทะลายนสดแก่พอดี กำหนดรอบการเก็บเกี่ยวทุก 15 วัน ตลอดทั้งปีอย่างต่อเนื่อง บันทึกข้อมูลรวม 8 ปี

- ผลผลิตทะลายนสดต่อตัน เก็บเกี่ยวและชั่งน้ำหนักทะลายน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว (จำนวน 16 ตันต่อแปลงย่อย) หาค่าเฉลี่ยต่อตัน และคำนวณเป็นผลผลิตทะลายนสดต่อไร่

- จำนวนทะลายนสดต่อตัน นับจำนวนทะลายนแต่ละครั้งที่เก็บเกี่ยว (จำนวน 16 ตันต่อแปลงย่อย) และคำนวณเป็นจำนวนทะลายนต่อตัน

3.3 องค์ประกอบทะลายน สุ่มตัวอย่างทะลายนปาล์มน้ำมันจากแต่ละคู่ผสม/สายพันธุ์ เป็นทะลายนที่สมบูรณ์ปกติไม่มีแมลงหรือโรคทำลาย ตันละ 3-4 ทะลายนต่อปี หรือแต่ละแปลงย่อยจำนวน 10-15 ทะลายนต่อแปลงย่อยต่อปี เก็บเกี่ยวเมื่อทะลายนสุก (สังเกตจากมีผลร่วง 1-10 ผล) รวบรวมทะลายนปาล์มน้ำมันที่สุ่มตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการ ซึ่งขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดำเนินการตามวิธีการของ Ooi (1978) โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และสกัดน้ำมันดิบโดยวิธี Soxtec ซึ่งข้อมูลองค์ประกอบทะลายนที่ศึกษาประกอบด้วย ก้านทะลายน การติดผล (%) น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม) เปลือกนอกสดต่อผล (%) กะลาต่อผล (%) เนื้อในต่อผล (%) และน้ำมันต่อทะลายน (%)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การประเมินลักษณะทางการเกษตร

1.1 การเจริญเติบโต

พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 หรือคู่ผสม 303 (Deli x AVROS) ได้จากการผสมระหว่างแม่พันธุ์ 68/374D กลุ่มเดลิ dura (Deli Dura) กับพ่อพันธุ์ 125/154T กลุ่มแอส (AVROS) ผลการประเมินการเจริญเติบโตของสุราษฎร์ธานี 9 ที่อายุ 10 ปี มีจำนวนทางใบ 38.6 ทางใบต่อต้นต่อปี ซึ่งไม่แตกต่างกับพันธุ์เปรียบเทียบกับ มีความยาวทางใบ พื้นที่ใบ และพื้นที่หน้าตัดแกนทางมากกว่าและ

แตกต่างกันสถิติกับทุกคู่ผสมและพันธุ์เปรียบเทียบ โดยมีค่าเฉลี่ย 643.3 เซนติเมตร 13.1 ตารางเมตร และ 47.7 ตารางเซนติเมตรตามลำดับ สำหรับความสูงพบว่า สุราษฎร์ธานี 9 มีความสูงต้นใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ ที่อายุ 10 ปีมีความสูง 330.0 เซนติเมตร (Table 1)

Table 1 Growth and its components of oil palm crosses and their standard crosses recorded in 2015 at Suratthani Oil Palm Research Center.

Cross /variety	Type	Frond production (frond/palm/year)	Frond length (cm)	Leaf area (m ²)	Petiole cross section (cm ²)	Height (cm)
303 (ST9)	Deli x AVROS	38.6 a	643.3 a	13.1 a	43.7 a	330.0 a
307	Deli-Composite x AVROS	39.1 a	603.3 b	11.5 b	38.6 bc	309.0 a
309	Deli-Composite x La Me-AVROS	39.3 a	545.4 d	10.7 c	36.4 cd	267.1 b
313	Deli-Composite x AVROS	38.7 a	526.6 d	9.3 d	28.7 e	227.3 c
S	Kazamba x La Me	34.6 b	586.3 bc	10.4 c	34.2 d	281.3 b
ST3	Deli x DAMI	40.0 a	571.2 c	10.2 c	39.9 b	330.2 a
C.V. (%)		3.2	2.8	4.4	5.6	4.9

Note: Means within the same column with the same letter are not significantly different at p= 0.05 from Duncan's Multiple Range test DMRT).

Source: Modified from Wongsri *et al.* (2016)

1.2 ผลผลิตทะลายสดและองค์ประกอบผลผลิต

การเปรียบเทียบคู่ผสมปาล์มน้ำมันเพื่อคัดพันธุ์ลูกผสม พบว่า คู่ผสม 303 หรือสุราษฎร์ธานี 9 ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย (อายุ 3-10 ปี) 165.5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี หรือ 3,773 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สูงกว่าทุกคู่ผสมและสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบสุราษฎร์ธานี 3 ซึ่งให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 2,872 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็น 31.4 เปอร์เซ็นต์ (Table 2 และ Figure 2) และยังให้ผลผลิตทะลายสดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของการคัดเลือกลูกผสมทนเอนราของกรมวิชาการเกษตร (3.4 ตันต่อไร่ต่อปี) (Kushairi and Rajanaidu, 2000; Ooi, 1986) โดยในช่วงอายุ 3-10 ปี คู่ผสม 303 หรือสุราษฎร์ธานี 9 ให้ผลผลิตทะลายสด 32.9 134.5 140.0 157.8 234.0 320.5 191.9 และ 112.1 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี หรือ 0.8 3.1 3.2 3.6 5.3 7.3 4.4 และ 2.6 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ (Table 3) และในช่วงที่ต้นปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตเต็มที่ (6-10 ปี) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3,773 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) นอกจากนี้สุราษฎร์ธานี 9 ยังให้ผลผลิตสูงกว่าทุกคู่ผสมและพันธุ์เปรียบเทียบทุกปีอย่างสม่ำเสมอ (อรรถน์ และคณะ, 2559) แสดงถึงความสามารถในการปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน เนื่องจากปลูกทดสอบโดยอาศัยน้ำฝน บางปีมีช่วงแล้งยาวนานมากกว่า 3 เดือน ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้ องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนทะลายต่อต้นและน้ำหนักทะลายของสุราษฎร์ธานี 9 สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบอย่างสม่ำเสมอ โดยมีจำนวนทะลายเฉลี่ย 13.5 ทะลายต่อต้นต่อปี สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบลูกผสมสุราษฎร์ธานี 3 ซึ่งให้จำนวนทะลายเฉลี่ย 11.0 ทะลายต่อต้นต่อปี (Table 2 และ 3) จำนวนทะลายเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแต่ละปี เป็นการตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม ในช่วงปี พ.ศ.2555-2558 ปาล์มน้ำมันขาดน้ำติดต่อกันมากกว่า 4

เดือนหลายช่วง (Table 3) ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันในทุกช่วงของการพัฒนาตั้งแต่ตาดอกถึงทะลาย การกระทบแล้งในช่วงกำหนดเพศดอกส่งผลให้ช่อดอกเพศเมียลดลง 86 เปอร์เซ็นต์ ผลกระทบที่ตามมาคือ จำนวนทะลายลดลงมากกว่า 91 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตลดลง 88.46 เปอร์เซ็นต์ (Gawankar *et al.*, 2003) นอกจากนี้ยังเป็นผลจากอายุของปาล์มน้ำมัน เมื่อปาล์มน้ำมันอายุเพิ่มขึ้นจะมีจำนวนทะลายน้อยลง แต่ขนาดทะลายมีน้ำหนักมากขึ้น สำหรับน้ำหนักทะลาย พบว่า สุราษฎร์ธานี 9 ให้น้ำหนักทะลายเฉลี่ย 12.8 กิโลกรัมต่อทะลาย (Table 2 และ 3)

Table 2 Fresh fruit bunch and yield components of oil palm crosses and their standard cross recorded in 2008-2015 at Suratthani Oil Palm Research Center.

Cross /variety	Type	Bunch number (no. palm/year)	Fresh fruit bunch (kg/palm/year)	Average bunch weight (kg/bunch)	Fresh fruit bunch (kg/rai/year)
303 (ST9)	Deli x AVROS	13.5 b	165.5 a	12.8 ab	3,773 a
307	Deli-Composite x AVROS	11.0 b	129.9 bc	12.6 ab	2,961 bc
309	Deli-Composite x La Me-AVROS	8.6 c	107.9 c	13.5 a	2,460 c
313	Deli-Composite x AVROS	9.6 c	95.4 c	9.8 c	2,176 c
S	Kazamba x La Me	17.4 a	155.7 a	10.0 c	3,551 a
ST3	Deli x DAMI	11.6 c	126.0 b	11.5 b	2,872 b
C.V. (%)		8.6	9.3	5.4	9.3

Note: Means within the same column with the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ from Duncan's Multiple Range test DMRT).

Source: Modified from Wongsri *et al.* (2016)

สุจิตราและคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 7 8 และ 9 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ในช่วงที่ต้นปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตเต็มที่ (อายุ 6-16 ปี) พันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์สุราษฎร์ธานี 7 โดยให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 4,593 และ 4,617 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีตามลำดับ สูงกว่าพันธุ์สุราษฎร์ธานี 8 ที่ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 4,241 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ทั้งนี้ผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้ง 3 พันธุ์ มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2564 (อายุมากกว่า 10 ปี) เนื่องจากได้รับผลกระทบจากสภาวะแห้งแล้ง โดยปริมาณฝน การกระจายตัวของฝน และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 และในรอบปีมีช่วงเดือนที่ปาล์มน้ำมันขาดน้ำเพิ่มขึ้น (ค่า IWR มีค่าสูงและขาดน้ำต่อเนื่อง 3-6 เดือน) จึงทำให้ปาล์มน้ำมันทั้ง 3 พันธุ์ไม่สามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้เต็มที่ ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ยในแต่ละเดือน (คำนวณจากค่าเฉลี่ยผลผลิตรายเดือนสะสมมากกว่า 10 ปี) พบว่า การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน ในช่วงต้นปีเดือนมกราคมถึงพฤษภาคมพบว่า สุราษฎร์ธานี 9 ให้ผลผลิตสูงกว่าสุราษฎร์ธานี 7 และ 8 จากนั้นผลผลิตเริ่มลดลงและเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงปลายปีเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม เมื่อพิจารณาในรอบปีปาล์มน้ำมันทั้ง 3 พันธุ์ มีช่วงให้ผลผลิตสูง 2 ช่วง ช่วงแรกเดือนเมษายนปาล์มน้ำมันลูกผสมทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิตทะลายสดสูงเฉลี่ย 511.4 405.5 และ 556.5 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือนตามลำดับ ในช่วงที่สองพันธุ์สุราษฎร์ธานี 7 และ 8 ให้ผลผลิตสูงในเดือน

สิงหาคมและกันยายน มีผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 481.7 และ 455.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 มีผลผลิตสูงในช่วงปลายปีเดือนพฤศจิกายนมีผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 481.7 กิโลกรัมต่อไร่ต่อเดือน (Figure 3) จึงเห็นได้ว่าเมื่อมีการจัดการสวนปาล์มน้ำมันที่ดีและสภาพแวดล้อมเหมาะสมมีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต พันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 สามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับสุราษฎร์ธานี 7 และ 8

Table 3 Annual fresh fruit bunch yield, bunch number, average bunch weight of cross 303 and its standard cross (ST3) monthly rainfall and irrigation water requirement (IWR) at Suratthani Oil Palm Research Center.

Cross/ variety	year								Average
	2008 (3 year)	2009 (4 year)	2010 (5 year)	2011 (6 year)	2012 (7 year)	2013 (8 year)	2014 (9 year)	2015 (10 year)	
rainfall and irrigation water requiredment (IWR)									
Rainfall	2,639	1,202	2,318	3,369	1,695	998	1,053	1,584	
IWR	289.9	402.9	429.2	155.8	460.6	385.6	526.7	415.1	
Fresh fruit bunch (kg/palm/year)									
303	32.9 a	134.5 a	140.0 a	157.8 a	234.0 a	320.5 a	191.9 a	112.1 a	165.5 a
ST3	21.0 b	107.3 b	83.2 b	121.2 b	190.4 b	247.2 b	155.6 b	82.0 b	126.0 b
C.V. (%)	18.9	15.8	15.5	7.9	12.9	12.7	8.4	15.7	9.3
Bunch number (no./palm/year)									
303	1.3 a	19.5	14.4 a	12.3 a	11.7	18.8 a	14.2 a	6.0 a	13.5
ST3	7.1 b	20.9	9.1 b	10.3 b	12.1	16.6 b	12.5 b	4.5 b	11.6
C.V. (%)	14.0	13.4	15.4	12.1	11.1	14.1	9.7	13.9	
Average bunch weight (kg/bunch)									
303	2.8	7.1 a	9.9	13.0 a	20.4 a	17.3 a	13.8 a	18.4	12.8
ST3	2.8	5.2 b	9.6	11.8 b	15.8 b	15.0 b	12.7 b	19.0	11.5
C.V. (%)	12.6	10.3	11.0	8.1	6.3	5.8	6.9	7.5	

Note: Means within the same column with the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ from Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Source: Modified from Wongsri *et al.* (2016)

Suratthani meteorological station

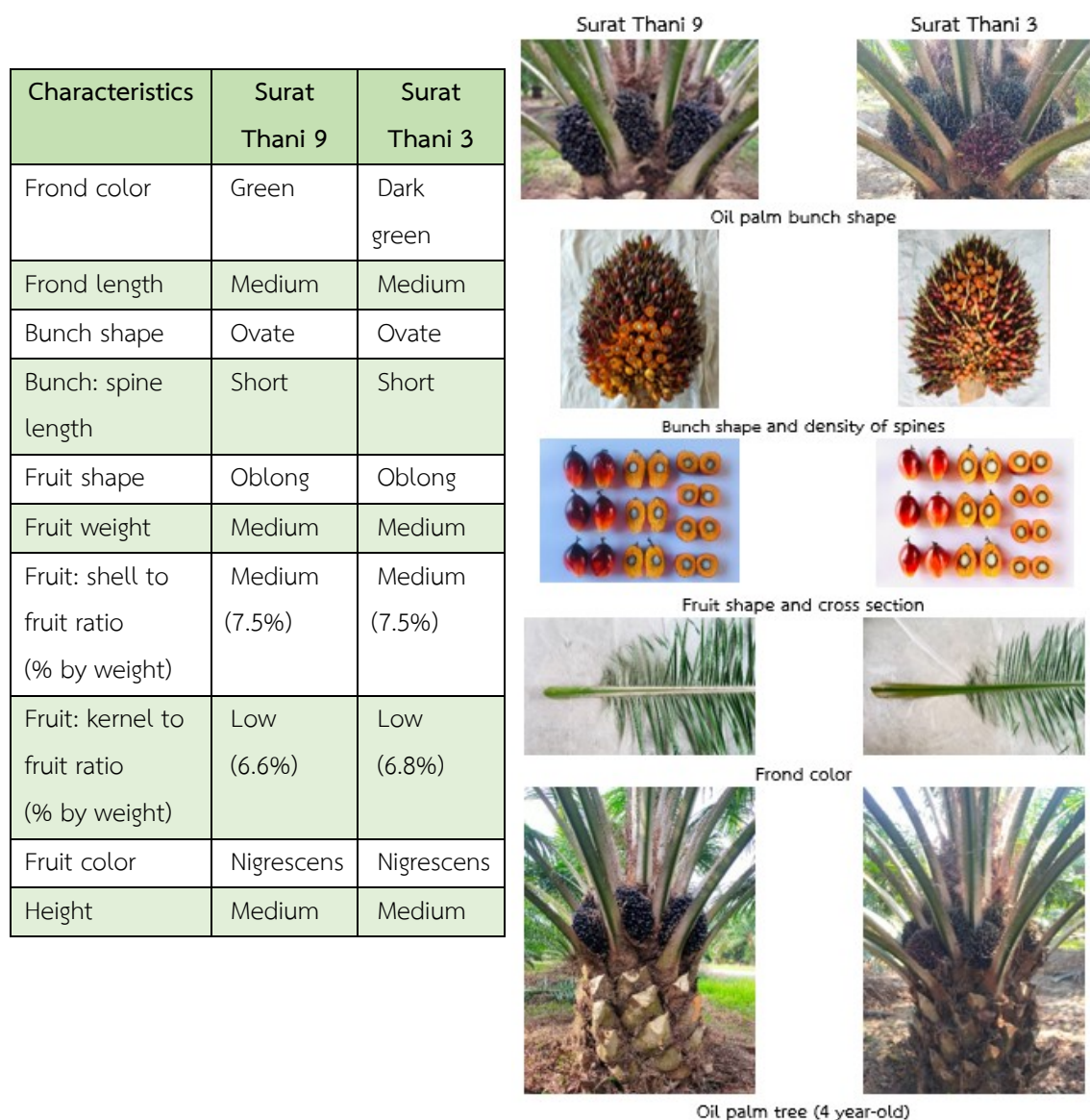
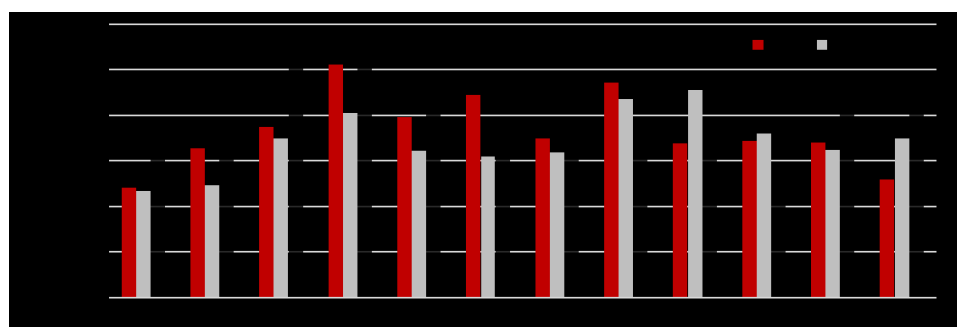


Figure 2 Characteristics of Surat Thani 9 variety compared with Surat Thani 3



Source: Modified from Promchuea et al. (2021)

Figure 3 Monthly record of average fresh fruit bunch of Surat Thani 7 and Surat Thani 8 varieties recorded from January 2009-December 2022 (6-18 years old) and Surat Thani 9 recorded from January 2011-December 2022 (6-16 years old) in Surat Thani province.

1.3 องค์ประกอบทะลาย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทะลาย พบว่า สุราษฎร์ธานี 9 มีน้ำมันต่อทะลาย 25.5 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของการคัดเลือกกลุ่มสมเทศเนอราของกรมวิชาการเกษตร มีเปลือกนอกสดต่อผล 86.0 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าทุกกลุ่มที่มีเปลือกนอกสดต่อผล 77-85 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลักษณะผลพบว่า มีกะลาบางกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีกะลาต่อผล 7.5 เปอร์เซ็นต์ และสุราษฎร์ธานี 9 ยังจัดอยู่ในกลุ่มที่ให้ผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบต่อหน่วยพื้นที่สูง โดยมีผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบสูงเฉลี่ย 818.7 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์สุราษฎร์ธานี 3 ซึ่งให้ผลผลิตน้ำมันปาล์มดิบ 626.1 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็น 30.8 เปอร์เซ็นต์ (Table 5)

Table 4 Bunch component analysis of oil palm crosses and their standard cross at Suratthani Oil Palm Research Center.

Cross /variety	Type	Fresh Mesocarp /fruit (%)	Shell/fruit (%)	Kernel/fruit (%)	Oil/bunch (%)
ST9	Deli x AVROS	86.0 a	7.5 b	6.6 b	25.5 a
307	Deli-Composite x AVROS	85.1 a	8.4 b	6.5 b	26.1 a
309	Deli-Composite x La Me-AVROS	82.0 a	9.7 ab	8.3 b	23.5 ab
313	Deli-Composite x AVROS	83.1 a	10.3 ab	6.6 b	23.9 ab
S	Kazamba x La Me	70.7 b	16.2 a	13.1 a	21.9 b
ST3	Deli x DAMI	85.7 a	7.5 b	6.8 b	25.7 a
C.V. (%)		8.6	45.3	34.4	8.0

Note: Means within the same column with the same letter are not significantly different at $p=0.05$ from Duncan's Multiple Range test (DMRT).

Source: Modified from Wongsri *et al.* (2016, 2018)

Table 5 Comparison of crude palm oil (CPO) of variety Surat Thani 8 compared with its standard cross (Surat Thani 3)

Cross /variety	Fresh fruit bunch (kg/rai/year)	OER ¹ (%)	CPO ² (kg/rai/year)	Comparison percentage ST3
ST9	3,773	21.7	818.7	130.8
ST3	2,872	21.8	626.1	

Note: ¹ OER = oil per bunch (%) $\times$ 0.85

² CPO = (Fresh fruit bunch (kg/rai/year) $\times$ OER (%))/100

ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรเป็นพันธุ์แนะนำ เมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2561 และได้มอบให้ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานีขยายผลการใช้ประโยชน์งานวิจัย โดยผลิตพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (เมล็ดงอกและต้นกล้า) จำหน่ายแจกแก่แปลงเพาะกล้าของภาครัฐและเอกชน รวมทั้งหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรและเกษตรกร ภายใต้โครงการพัฒนาศักยภาพกระบวนการผลิตสินค้าเกษตร และโครงการวิจัยและผลิตเมล็ดพันธุ์และต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพื่อสนับสนุนโครงการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนพลังงาน จำนวน 430,234 เมล็ดงอก/ต้น และยังคงศักยภาพในการผลิตพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 อย่างต่อเนื่อง (Figure 5)



Figure 5 Surat Thani 9 was manipulated as seedling at the nursery of Ranong Agricultural and Research Center, Ranong province (a) and private nursery in Surat Thani province (b) and planted at farmer field in Chumphon province

สรุปผลการทดลอง

ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ได้จากการผสมระหว่างแม่พันธุ์ 68/374D กลุ่มเดลิดูรา (Deli Dura) กับพ่อพันธุ์ 125/154T กลุ่มแพรอส (AVROS) เมื่อปี พ.ศ. 2544 จากนั้นปลูกทดสอบปี พ.ศ. 2548-2558 และใช้พันธุ์สุราษฎร์ธานี 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 มีลักษณะเด่น ให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 3,773 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สูงกว่าทุกคู่ผสมและพันธุ์เปรียบเทียบสุราษฎร์ธานี 3 คิดเป็น 31.4 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของการคัดเลือกลูกผสมทนเฮอร์ราของกรมวิชาการเกษตร จำนวนทะลายเฉลี่ย 13.5 ทะลายต่อต้นต่อปี สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบลูกผสมสุราษฎร์ธานี 3 และน้ำหนักทะลายเฉลี่ย 12.8 กิโลกรัมต่อทะลาย มีเปลือกนอกหนาและกะลาบาง โดยมีเปลือกนอกสดต่อผล กะลาต่อผล และน้ำมันต่อทะลายมีค่า 86.0 7.5 และ 25.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรเป็นพันธุ์แนะนำ เมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2561 และได้ขยายผลการใช้ประโยชน์งานวิจัย โดยผลิตพันธุ์ปาล์มน้ำมัน (เมล็ดงอกและต้นกล้า) จำหน่ายแจกแก่ภาครัฐและเอกชน รวมทั้งเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง

การนำไปใช้ประโยชน์

การขยายผลปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม 2561 จนถึงเดือนธันวาคม 2565 ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ได้ดำเนินการจำหน่าย ส่งมอบ แจกแจกเมล็ดงอกและต้นกล้าให้หน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน ตลอดจนเกษตรกรชาวสวนปาล์มน้ำมัน โดยผลิตพันธุ์ในรูปเมล็ดงอก ต้นกล้าอายุ 3-5 เดือน และต้นกล้าอายุ 8-12 เดือน จำนวน 430,234 เมล็ดงอก/ต้น นำไปขยาย

พื้นที่ปลูกได้ประมาณ 14,341 ไร่ (คำนวณการใช้พันธุ์จำนวน 30 เมล็ดตอกปลูกได้ 1 ไร่) คิดเป็นรายได้จากการจำหน่ายพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร เป็นเงิน 17 ล้านบาท (Table 6) ผลจากนำไปใช้ประโยชน์นี้ทำให้เกษตรกร หน่วยงานราชการ ภาคเอกชนมีพันธุ์ดีใช้ปลูกแทนพันธุ์เดิม สามารถลดต้นทุนของเกษตรกรรายย่อยในการซื้อต้นกล้าปาล์มน้ำมัน ลดการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันจากต่างประเทศลงได้ไม่น้อยกว่า 15 ล้านบาท (คำนวณจากราคาเฉลี่ย 35 บาทต่อ 1 เมล็ดตอก) ทั้งนี้การผลิตพันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราในรูปเมล็ดตอกใช้ระยะเวลา 10-12 เดือน ในขณะที่ต้นกล้าอายุ 8-12 เดือน ใช้ระยะเวลา 2 ปีนับจากวันที่ผสมเกสร เมื่อเกษตรกรนำพันธุ์พันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ไปปลูกต้องใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5 ปี จึงจะให้ผลผลิตได้ตามศักยภาพในการให้ผลผลิตของพันธุ์

ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการปลูกพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ซึ่งให้ผลผลิตทะลายสดเฉลี่ย 3,773 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ (เฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2558-2563) 2,818 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและแตกต่างถึง 955 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็นร้อยละ 33.9 ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่ม 3,820 บาทต่อไร่ต่อปี (คำนวณจากราคาผลผลิตทะลาย 4 บาทต่อกิโลกรัม) ดังนั้น พื้นที่ปลูกพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 จำนวน 14,341 ไร่ จึงมีโอกาที่จะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 13,696 ตันต่อปี คิดเป็นรายได้สุทธิ 55 ล้านบาทต่อปี (Table 6) และปาล์มน้ำมันมีช่วงอายุที่เก็บเกี่ยวได้นานถึง 25 ปี จึงมีโอกาที่จะมีรายรับเพิ่มขึ้นจากการปลูกพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 ไม่ต่ำกว่า 1,375 ล้านบาท และเมื่อคำนวณรายได้สุทธิของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจากการสกัดน้ำมันดิบเพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่า 2,465 ตันต่อปี จากพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 (คำนวณจากอัตราการน้ำมันปาล์มดิบ 18 เปอร์เซ็นต์) โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีรายได้สุทธิ 74 ล้านบาทต่อปี (คำนวณจากราคาน้ำมันปาล์มดิบ 30 บาทต่อกิโลกรัม) นอกจากนี้ ยังสามารถลดต้นทุนของเกษตรกรรายย่อยในการซื้อต้นกล้าปาล์มน้ำมันได้ไม่น้อยกว่า 47-62 ล้านบาท (คำนวณจากส่วนต่างราคาขายต้นกล้าที่ 150-200 บาทต่อต้น) เนื่องจากราคาจำหน่ายพันธุ์เป็นต้นทุนการผลิตสำหรับเกษตรกร สุราษฎร์ธานี 9 เป็นหนึ่งในปาล์มน้ำมันพันธุ์ดีในโครงการปรับปรุงพันธุ์ในรอบที่ 2 เช่นเดียวกับพันธุ์สุราษฎร์ธานี 7 และสุราษฎร์ธานี 8 ซึ่งได้รับรองเป็นพันธุ์แนะนำก่อนหน้า สุวรรณและคณะ (2561) ได้ประเมินผลกระทบทางเศรษฐกิจของการลงทุนในโครงการวิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 7 และสุราษฎร์ธานี 8 เสร็จสิ้นแล้วจนถึงปี พ.ศ. 2560 พบว่า มีสัดส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) 1.56 และมีมูลค่าผลประโยชน์ปัจจุบันสุทธิในปี พ.ศ. 2560 117 ล้านบาท ในทำนองเดียวกันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9 มีโอกาสที่จะให้ผลตอบแทนเป็นไปในทิศทางเดียวกับสุราษฎร์ธานี 7 และสุราษฎร์ธานี 8 และเป็นไปได้ที่จะได้รับการยอมรับจากเกษตรกรเช่นเดียวกัน

ดังนั้นปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 9 ซึ่งเป็นพันธุ์หนึ่งในผลงานวิจัยด้านปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันของกรมวิชาการเกษตร ทำให้มีพันธุ์ปาล์มน้ำมันพันธุ์ดีกระจายไปสู่เกษตรกร ลดปัญหาพันธุ์ปาล์มน้ำมันคุณภาพต่ำ หรือพันธุ์ปาล์มน้ำมันที่ไม่มีแหล่งผลิตที่ชัดเจน เกษตรกรได้รับผลผลิตและรายได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อาชีพทำสวนปาล์มน้ำมันมีความยั่งยืน

Table 6 Germinated seeds, seedlings production and utilization of Surat Thani 9 variety in 2019-2022.

Source	Germinated seeds ¹ (seeds)	3-5 month-old seedlings ¹ (seedlings)	8-12 month-old seedlings ¹ (seedlings)	Income value ² (million baht)	Planting area ³ (rai)	Yield ⁴ (tons)	Income value ⁵ (million baht)	Yield ⁶ (tons)	Income value ⁷ (million baht)
1. Suratthani oil palm research center	255,122	81,923	93,189	17	14,341	54,109	216	13,696	55

¹ Data obtained from germinated seeds and seedlings production DATA-BASED at Suratthani oil palm research center, Department of Agriculture

² Aggregated of 8-12 month-old seedlings (310,487 seedlings) x selling price at 55 baht/seedlings.

³ Aggregated of planting area of germinated oil palm seeds, 3-5 month-old seedlings, and 8-12 month-old seedlings (calculated from germinated seed rate at 30 seeds/rai and seedlings at 22 seedlings/rai)

⁴ Productivity of Surat Thani 9 (3,773 kg/rai) obtained from planting area of 14,341 rai

⁵ Calculated from yield x selling price at 4 baht/kg (Office of Agricultural Economics, 2022)

⁶ Difference between productivity of Surat Thani 9 (3,773 kg/rai) and productivity of other variety planting in Southern Thailand in 2015-2020 (2,818 kg/rai) (Office of Agricultural Economics, 2022)

⁷ Increase income obtained from Surat Thani 9 variety plantation.

คำขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินงานขอขอบคุณคณะกรรมการวิจัยและพัฒนาสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ที่ปรึกษาโครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน คณะกรรมการวิจัยศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมัน สุราษฎร์ธานี ตลอดจนกรมวิชาการเกษตร ในการสนับสนุนการจัดซื้อเชื้อพันธุ์กรรม และให้ทุนผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกอบรมงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน จากหลายสถาบันในต่างประเทศ ขอขอบคุณ UNDP/FAO ที่ให้การสนับสนุนทุนจัดซื้อเชื้อพันธุ์กรรม และสนับสนุนด้านผู้เชี่ยวชาญ (Mr. Ricardo Escobar) จากบริษัท ASD สาธารณรัฐคอสตาริกา ได้เดินทางมาให้คำแนะนำที่ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี และพนักงานราชการผู้ที่มีส่วนร่วมดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งนายศิริชัย มามีวัฒนะ นายดำรงค์ พงษ์มานะวุฒิ อดีตนักปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ในฐานะเป็นผู้ที่ได้เริ่มงานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันตั้งแต่เริ่มโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- สุจิตรา พรหมเชื้อ อรรถรัตน์ วงศ์ศรี และวิษณีย์ ออมทรัพย์สิน. 2564. การศึกษาผลของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 7 8 และ 9 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. หน้า 97-106. ใน : รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุวรรณา ประณีตวาทกุล กัมปนาท วิจิตรศรีกมล และนภสม สีนเพิ่มสุขสกุล. 2561. รายงานฉบับสมบูรณ์การประเมินผลกระทบของงานวิจัยด้านปาล์มน้ำมันในประเทศไทย. ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: <https://shorturl.asia/xjtzU>. สืบค้น : 18 กุมภาพันธ์ 2565.
- อรรถรัตน์ วงศ์ศรี สุวิมล กลศึก ชุมพล เขาวนงะ ยิ่งนิยม รียาพันธ์ เกริกชัย ธนรักษ์ และเตือนจิตร เพ็ชรธณ. 2559. การเปรียบเทียบคู่ผสมปาล์มน้ำมันเพื่อคัดพันธุ์ลูกผสม. หน้า 8-80. ใน : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554-2558. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Corley, R.H.V. and C.J. Breure. 1988. Measurements in Oil Palm Experiments. Paper of Unipamol Malaysia Sch.
- Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. The Oil Palm. 4th Edition, Blackwell Science Ltd., Oxford, 562 p.
- Escobar, R. and A. Blaak. 1990. Thailand Oil Palm Breeding Programme. Thailand Oil Palm Research and Development Project. 63 p.
- Escobar, R., F. Sterling and F. Peralta. 1996. Oil palm planting materials by ASD de Costa Rica. ASD oil Palm Papers No.14 : 1-12, ASD Costa Rica edited by E. Carlos AND M.I. Chinchilla.
- Gawankar, M.S., J.P. Devmore, B.M. Jamadagni, V.V. Sagvekar and H. Hameed Khan. 2003. Effect of Water Stress on Growth and Yield of Tenera Oil Palm. *J. Appl. Hort.* 5(1): 39-40.
- Kushairi, A. and N. Rajanaidu. 2000. Breeding Populations, Seed Production and Nursery Management. pp. 39-96 *In Advances in Oil Palm Research*. B. Yusof, B.S. Jalani and K.W. Chan, (eds.). Vol.1 Malaysian palm oil Board. Ministry of Primary Industries, Malaysia.
- Ooi, S.C. 1978. The Breeding of Oil Palm in Malaysia. Trop. Agric. Series No.11. Trop. Agric. Res. Center, Malaysia. 169-185.

การพัฒนาการผลิตลิ้นจี่นครพนม 1 สู่สินค้า GI และระบบเกษตรยั่งยืน

Development on Nakhon Phanom 1 lychee production to GI products and sustainable agriculture system

นิยม ไช้มุกข์¹ มณีต สารุณ¹ ปัญจพล สิริสุวรรณมา¹ รัตนาวลี พรหมเพียรพงศ์¹

ประยัด ยุพิน² ธงชัย คำโคตร³ รติกา ยุตธิลป³

Niyom Khaimok¹ Manit Saruna¹ Panchapon Sirisuwanma¹ Rattanawalee Prompianpong¹

Prayad Yuphin² Thongchai Khamkhot³ Rattikan Yutthasin³

บทคัดย่อ

การปลูกลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 ในจังหวัดนครพนม ยังมีข้อจำกัดในการให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอทั้งปริมาณและคุณภาพรวมทั้งการเข้าทำลายของแมลงศัตรู จึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตในปี พ.ศ. 2555-2565 โดยศึกษาการออกดอก ทดสอบการใส่ปุ๋ยตามระบบการจัดการคุณภาพเพื่อให้ติดผลทุกปี การตัดแต่งกิ่ง การให้น้ำ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ การยืดอายุการรักษาสภาพผลผลิต พร้อมถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านการอบรมและแปลงต้นแบบ ผลการดำเนินงาน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกคือ ความสมบูรณ์ของต้นและใบแก่ ไม่น้อยกว่า 10 สัปดาห์ หลังแตกใบอ่อน ในช่วงที่อากาศหนาวเย็นตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม โดยมีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 °ซ และสูงสุดไม่เกิน 30 °ซ ต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ การใส่ปุ๋ยและดูแลตามระบบการจัดการคุณภาพ ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 21.2% เมื่อเทียบกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร การเตรียมความพร้อมก่อนออกดอกโดยช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน หลังระยะใบเปสลาด ให้ปุ๋ยทางใบสูตร 0-52-34 อัตรา 1% ผสมกับเอทيفون 400 ppm จำนวน 3 ครั้ง ทุก 7 วัน ทำให้จำนวนต้นออกดอกเพิ่มขึ้น 90.0% ผลผลิตเพิ่มขึ้น 113% เป็น 990 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเทียบกับวิธีควบคุม การตัดแต่งกิ่งร่วมกับใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินทำให้ลิ้นจี่ออกดอกเพิ่มขึ้น 30% และผลผลิตเพิ่มขึ้น 57% เมื่อเทียบกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร การใส่ปุ๋ย ตามค่าวิเคราะห์ใบลิ้นจี่ให้ผลผลิตสูงที่สุด โดยผลผลิตเพิ่มขึ้น 22.9% เป็น 512 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ ใส่ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 16.4% เป็น 485 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเทียบกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร การให้น้ำตามความต้องการของลิ้นจี่ให้ผลผลิตสูงสุด 619 กิโลกรัม/ไร่ การป้องกันกำจัดหนอนเจาะขั้วผล โดยใช้สารเคมีและปิโตรเลียมออยล์ลดการทำลายได้ 89.6% การห่อผลตั้งแต่ผลอายุ 30 วัน ลดการทำลายของแมลงวันผลไม้ มวนลำไย และหนอนเจาะขั้วผลได้ 100% ส่วนการใช้กับดักฟีโรโมนเมทิลยูจินอล ลดการเข้าทำลายของแมลงวัน

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000

¹ Nakhon Phanom Agricultural Research and Development Center, Mueang, Nakhon Phanom, 48000

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

² Sakon Nakhon Agricultural Research and Development Center, Mueang, SakonNakhon, 48000

³ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

³ Agricultural Research and Development Region 3 Khon Kaen Province Mueang, Khon Kaen, 40000

ผลไม่ได้ 86.9% การแช่ผลลีนจีในกรดเกลือ 3% ผสมโซเดียม- เมตาไบซัลไฟต์ 1% เป็นเวลา 10 นาที เก็บที่ อุณหภูมิ 5 °ซ สามารถรักษาผลผลิตได้นาน 30 วัน ลีนจีพันธุ์นครพนม 1 ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดนครพนม ได้รับขึ้นทะเบียนเป็นสินค้า GI ทะเบียน สช 57100067 ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูก 2,969 ไร่ เกษตรกร 1,373 ครอบครัว ผลผลิตรวม 1,574 ตัน ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP จำนวน 69 แปลง พื้นที่ 125 ไร่ ผลผลิตรวม 169 ตัน เป็นอาชีพที่สร้างรายได้แก่เกษตรกรอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : ลีนจี, นครพนม 1, การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ, แมลงศัตรูลีนจี, จีเอพี ลีนจี

ABSTRACT

Lychee, Nakhon Phanom 1 variety showed high potential for economic plant, however the quality and quantity of yield in each year were not sufficient and the pest problem still occurred, so the developments of production were done during 2012-2022. The result found that the maturation of leaf and temperature in November-January with the temperature below 20 °C and maximum temperatures not more than 30 °C continuously for 2 weeks or more, induced the flowering. Pruning and fertilizer application using recommended method increased yield by 21.2%. The cutting of top canopy and pruning 30% after harvesting or 20% and 10% at the end of the rainy season, and fertilizer application according to soil analysis, increased flowering rate and yield by 30% and 57%. The fruits were soaked in 3% hydrochloric acid mixed with 1% sodium metabisulfite for 10 minutes and stored at 5 °C can lead to shelf life of 30 days. Fertilizing according to leaf analysis gave the highest yield of 738 kg/rai, followed by fertilizing according of soil analysis with the yield of 605 kg/rai. Spraying fertilizer of N-P-K at the rate of 0-52-34 and concentration of 1% mixed with 400 ppm of ethephon, increased the flowering rate and yield. Irrigation on 100-percent water requirement increased yield (average of 800 kg/rai). Prevention and control of fruit borers using insecticide and petroleum oil during the fruiting period reduced the damage by 89.6%. Wrapping fruits 30 days after fruit setting reduced damage of fruit flies, pole borer, and sting bug by 100%. Using pheromone methyl eugenol traps (2 traps/tree) reduced insect infestation by 84.4-86.3%. Quality classification of lychee, Nakhon Phanom 1, was established. Class AA required flawless fruit, fruit size not more than 35 fruit/kg. Class A and B required fruit surface defect of not more than 0.25 and 0.5 cm², fruit size not more than 35 fruit/kg. Lychee Nakhon Phanom 1 has been registered as a GI product "Lychee Nakhon Phanom". Currently, planting areas 2,969 rai, 1,373 farmers, yield 1,574 tons. GAP standard certification was given to 69 plots with total area of 125 rai of land and approximately 169 tons of yield. It's a career that generates sustainable income.

Key words: lychee, Nakhon Phanom 1 variety, soil analysis, lychee pest, GAP

คำนำ

ลันจีพันธุ์นครพนม 1 หรือ นพ. 1 อยู่ในกลุ่มพันธุ์เบา เริ่มเก็บผลผลิตช่วงปลายเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ต้องการความหนาวเย็นที่ไม่เย็นมากและไม่ยาวนานเหมือนลันจีทางภาคเหนือก็ให้ผลผลิตได้ (ชำนาญ และคณะ, 2535) ลันจีกลุ่มพันธุ์เบาเมื่อได้เปรียบคือให้ผลผลิตเร็วซึ่งเป็นช่วงที่ผลผลิตมีน้อยทำให้ขายได้ราคาสูง ควรส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่ที่มีศักยภาพ (นิพัทธ์ และคณะ, 2550) จังหวัดนครพนมช่วงปลายฤดูฝนมีฝนน้อยไม่เกิน 60-80 มิลลิเมตร ฤดูหนาวเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์อากาศหนาวเย็นอุณหภูมิเฉลี่ย 14.0-17.8 °ซ ซึ่งต่ำกว่า 20 °ซ เหมาะต่อการออกดอกติดผลของลันจี การปลูกลันจีในจังหวัดนครพนม เป็นการขยายผลจากผลงานวิจัย โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม (สถานีทดลองพืชสวนนครพนม เดิม) ที่กระจายพันธุ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2535 และมีการปลูกเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2543 2547 และ 2553 มีพื้นที่ปลูก 608 741 และ 822 ไร่ โดยปี พ.ศ. 2553 มีผลผลิตรวม 368 ตัน มูลค่า 16.56 ล้านบาท ไม่มีปัญหาด้านการตลาด แต่บางปีลันจีออกติดผลน้อย บางต้นไม่ออกดอก ผลร่วง ผลแตก และศัตรูพืช ทำให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำ คือ เฉลี่ย 77 กิโลกรัม/ไร่ ในปี พ.ศ. 2543 (สำนักงานสถิติจังหวัดนครพนม, 2543) 533 กิโลกรัม/ไร่ ในปี พ.ศ. 2547 (สำนักงานสถิติจังหวัดนครพนม, 2547) และ 379 กิโลกรัม/ไร่ ในปี พ.ศ. 2554 (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม, 2554) หรือโดยเฉลี่ย 3.08 21.3 และ 15.2 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ ซึ่งค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับศักยภาพของพันธุ์ โดยต้นแม่พันธุ์ให้ผลผลิต 68-102 กิโลกรัม/ต้น ในปี พ.ศ. 2533-2535 และการสำรวจการปลูกลันจีของเกษตรกรบ้านขามเฒ่า บ้านกุดข้าวปุ้น และบ้านนาโดน ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม ในปี พ.ศ. 2553 ต้นลันจีอายุ 4-20 ปี ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 200-1,500 กิโลกรัม/ไร่ บางต้นไม่มีผลผลิต บางต้นติดผลเป็นบางกิ่ง จำนวนผลต่อช่อ น้อย ขนาดผลเล็กไม่สมบูรณ์และถูกแมลงเข้าทำลาย ดังนั้น จึงพัฒนาการผลิตลันจีพันธุ์นครพนม 1 โดยการวิเคราะห์การผลิตเพื่อกำหนดแนวทาง การพัฒนา การศึกษาวิจัย นำเทคโนโลยีไปทดสอบและปรับใช้ และขยายผลเทคโนโลยีสู่เกษตรกรและผู้สนใจ เพื่อให้สามารถผลิตลันจีได้ปริมาณและคุณภาพเพิ่มขึ้น ผลผลิตมีความปลอดภัย เชื่อมโยงตลาดให้สามารถจำหน่ายได้ราคาสูง พัฒนาให้เป็นสินค้า GI ปลูกครั้งเดียวเก็บผลผลิตได้ต่อเนื่องยาวนาน สร้างอาชีพและรายได้ให้กับเกษตรกร ในพื้นที่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวิเคราะห์สภาพการผลิตลันจีนครพนม 1 และปัญหาการผลิต โดยการประชุมกลุ่มเกษตรกรบ้านขามเฒ่า บ้านกุดข้าวปุ้น และบ้านนาโดน ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม จำนวน 80 ราย เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและร่วมกำหนดแนวทางแก้ไข และพัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แล้วคัดเลือกเกษตรกรที่มีความพร้อมเข้าร่วมโครงการในกรณีที่ดินดำเนินการในพื้นที่เกษตรกร
2. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.1 การศึกษาการออกดอกและติดผล จำนวน 6 แปลง แปลงละ 1 ไร่ (จำนวน 25 ต้น) ประกอบด้วยแปลงของเกษตรกรบ้านนาโดน ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม 5 แปลง และแปลงที่ศูนย์วิจัยและ

พัฒนาการเกษตรนครพนม ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม 1 แปลง ระหว่างปี พ.ศ. 2557-2559 บันทึกข้อมูลจำนวนต้นออกดอกต่อพื้นที่ 1 ไร่ สัดส่วนการออกดอกของทรงพุ่ม การติดผลโดยนับจำนวนผลต่อช่อหลังติดผล 2 สัปดาห์ จนถึงเก็บเกี่ยว สัปดาห์ละ 1 ครั้ง จำนวน 10 ต้น/แปลง ต้นละ 10 ช่อ และข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน หาความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศและการออกดอกติดผล

2.2 การวิจัย ทดสอบ และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.2.1 การทดสอบเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ปี พ.ศ. 2555-2556 ดำเนินการในแปลงลันจีของเกษตรกร ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม จำนวน 4 แปลง แปลงละ 2 ไร่ ทดสอบเทคโนโลยีการดูแลรักษาและการให้ปุ๋ยตามคำแนะนำในระบบการจัดการคุณภาพ: GAP ลันจี (กรมวิชาการเกษตร, 2552) เปรียบเทียบกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร

2.2.2 การทดสอบเทคโนโลยีการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ดำเนินการในแปลงเกษตรกร อ.เมือง อ.ปลาปาก และ อ.ธาตุพนม จ.นครพนม จำนวน 10 แปลง แปลงละ 2 ไร่ เปรียบเทียบวิธีทดสอบที่ตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มทุกปี ปีที่ 1 หลังเก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม ตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มโปร่ง แสงแดดส่องถึง โดยตัดเปิดกลางทรงพุ่มและแต่งกิ่งผิดปกติและไม่สมบูรณ์ออก 30% ปีที่ 2 และ 3 ตัดออก 20% หลังฤดูฝนในเดือนตุลาคมแต่งกิ่งที่อยู่ในทรงพุ่มและกิ่งที่ไม่สมบูรณ์ออก 10% ทุกปี

2.2.3 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการชักนำให้ออกดอกและติดผลต่อเนื่องทุกปี ดำเนินการที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานฯ จ.สกลนคร และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี คือ 1) วิธีควบคุม 2) การควั่นกิ่ง 3) การให้ปุ๋ยทางใบปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 1% + เอทيفون 200 ppm 4) พ่นปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 1% + เอทيفون 300 ppm และ 5) พ่นปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 1% + เอทيفون 400 ppm

2.2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบลันจี ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม 1 แปลง และแปลงเกษตรกร 10 แปลง แปลงละ 3 ไร่ วางแผนการทดลองแบบ RCB 7 ซ้ำ (3 ต้น/หน่วยทดลอง) 3 กรรมวิธี คือ 1) ใส่ปุ๋ยตามวิธีการที่เกษตรกรปฏิบัติ 2) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการของพืช และ 3) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบ

2.2.5 ศึกษาปริมาณการให้น้ำที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนม ลันจีอายุ 5 ปี วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ให้น้ำตามวิธีของเกษตรกร 2) ให้น้ำ 50% 3) 75% และ 4) 100% ตามความต้องการน้ำของลันจีตามขนาดของทรงพุ่ม คำนวณปริมาณการให้น้ำตามวิธีการของ Chapman and Turner, 1988 อ้างโดย วีระ (2548) โดยเริ่มให้น้ำเมื่อลันจีแทงช่อดอก ยาว 5-7 เซนติเมตร (หลังแทงช่อดอก 2 สัปดาห์) ทุก 7 วัน และค่าการให้น้ำของลันจีอายุ 5 ปี ไม่น้อยกว่า 500 ลิตร/ต้น/สัปดาห์ ในช่วงพัฒนาผล (Greer and Campbell, 1990 อ้างโดย กรมวิชาการเกษตร, 2557)

2.3 ทดสอบเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูลันจี

2.3.1 ทดสอบเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดหนอนเจาะขั้วผล ดำเนินการในแปลงเกษตรกร จำนวน 10 แปลง แปลงละ 2 ไร่ เปรียบเทียบวิธีการป้องกันกำจัดหนอนเจาะขั้วผลตามคำแนะนำ โดย สุ่มผลร่วงสัปดาห์ละครั้งหลังติดผล 2 สัปดาห์ ถ้าพบหนอนและร่องรอยการทำลายมากกว่า 10% ใช้ สารเคมีคาร์บาริล 85% WP อัตรา 45 กรัม/น้ำ 20 ลิตร หรือไซฟลูทริน 5% EC อัตรา 5 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และระยะผลโตหรือเริ่มเปลี่ยนสีใช้ไซโตเลียมอยล์ 83.9% EC อัตรา 40-60 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร กับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรที่ไม่กำจัดหรือใช้สารเคมี

2.3.2 ศึกษาและพัฒนาวิธีการป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้โดยวิธีผสมผสาน ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนมและแปลงเกษตรกร วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ห่อผลด้วยถุงกระดาษห่อผลไม้สีขาว 2) ใช้ไซโตเลียมอยล์ อัตรา 0.5% 1 ครั้ง/สัปดาห์ 3) ใช้เหยื่อ พิษโปรตีน 200 มิลลิลิตร ผสมสารฆ่าแมลง 40 มิลลิลิตร/น้ำ 5 ลิตร พ่นจุดที่วางเหยื่อในตอนเย็น 4 จุด/ต้น 4) ใช้กับดักฟีโรโมนเมทิลยูจินอล จำนวน 2 กับดัก/ต้น ติดสูงห่างจากพื้น 1.5 และ 2 เมตร 5) วิธีควบคุม (ไม่ห่อผลและไม่พ่นสารฆ่าแมลง) กรรมวิธีที่ 2-4 เริ่มดำเนินการเมื่อผลอายุ 30 วัน จนถึงเก็บเกี่ยว

2.4 การทดสอบเทคโนโลยีการยืดอายุการรักษาสลิต ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการ เกษตรนครพนม วางแผนการทดลอง แบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ ผลลันจี 120 กิโลกรัม main plot คือ วิธีการแช่ผลลันจี 3 วิธี ได้แก่ 1) แช่กรดเกลือ (HCL) 5% นาน 5 นาที 2) แช่กรดเกลือ 3% + โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 1% นาน 10 นาที และ 3) แช่น้ำเย็น นาน 10 นาที sub plot คือ อายุการรักษาสลิต 11 ระยะ คือ 0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 และ 30 วัน

3. การจัดทำขั้นมาตรฐานและยกระดับการผลิตสู่มาตรฐาน

3.1 การจัดขั้นมาตรฐานคุณภาพผลผลิตลันจีพันธุ์นครพนม 1 สำหรับการบริโภคสด โดย เปรียบเคียงมาตรฐานลันจีของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ ต้องเป็นผลสดที่สุก แก่เต็มที่ ลักษณะประจำพันธุ์ คือ ผลรูปไข่ ผิวสีแดงเข้ม หนามทุ่และห่าง ข้อกำหนดคุณภาพขั้นต่ำ คือ เป็นผลสดทั้งผลและมีขั้วผลติดอยู่ รูปทรง สี และรสชาติปกติ ตรงตามพันธุ์ ไม่มีรอยขีดหรือตำหนิที่เห็น เด่นชัดและไม่เน่าเสีย สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอม ปลอดภัยจากศัตรูพืช ความเสียหายจากศัตรูพืช ความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ ปลอดภัยจากความชื้นที่ผิดปกติยกเว้นหยด น้ำที่เกิดหลังนำออกจากห้องเย็น จัดชั้นคุณภาพตามน้ำหนักผล ขนาดผล และสีผล

3.2 การยกระดับการผลิตสู่มาตรฐานสินค้าเกษตรปลอดภัย ดำเนินการเพื่อให้แปลงของเกษตรกร ที่ร่วมโครงการและแปลงขยายผล จำนวน 80 แปลง ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP สำหรับแปลงที่ ร่วมโครงการ ให้ความรู้ และแปลงเครือข่ายให้ความรู้โดยการฝึกอบรมเกี่ยวกับมาตรฐาน GAP การ ปฏิบัติดูแลรักษาเพื่อให้ได้ผลผลิตคุณภาพและปลอดภัย การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว สุขลักษณะส่วนบุคคล การบันทึกข้อมูล หรือเรียนรู้จากแปลงต้นแบบ ชี้แจงขั้นตอนและวิธีการรับรอง ให้เกษตรกรที่มีความพร้อมยื่นคำขอรับรองตามแบบฟอร์มพร้อมเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการโดย หน่วยงานหรือหน่วยงานภายนอก หลังจากนั้นเข้าสู่การตรวจประเมิน ซึ่งเป็นสมาชิกแปลงใหญ่ จำนวน 30 ราย/แปลง และเกษตรกรรายอื่นจำนวน 39 ราย/แปลง โดยผู้ตรวจประเมินที่ผ่านการฝึกอบรมของ

หน่วยงาน แล้วเสนอแปลงที่ผ่านการตรวจประเมินต่อคณะกรรมการฯ ของสำนักวิจัยและพัฒนาการ เกษตรเขตที่ 3 เพื่อพิจารณากลับกรอง และออกใบรับรอง

4. การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ การถ่ายทอดความรู้ การขยายผลสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ และการตลาด

4.1 การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ จังหวัดนครพนมขอขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อ กรมทรัพย์สินทางปัญญา และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครพนมสนับสนุนข้อมูลลักษณะประจำ พันธุ์ และคุณภาพของผลผลิตในพื้นที่

4.2 การฝึกอบรม การจัดนิทรรศการ การจัดทำเอกสารเผยแพร่ คู่มือ การจัดทำสื่อผ่านช่องทาง ต่าง ๆ ดำเนินการโดยหน่วยงาน หรือบูรณาการกับหน่วยงานภายนอก

4.3 คัดเลือกแปลงเกษตรกรที่ร่วมโครงการ และแปลงเกษตรกรขยายผล ที่มีผลการดำเนินงานโดดเด่น เป็นแปลงต้นแบบเทคโนโลยี วางแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี เช่น ฝึกอบรม ศึกษาดูงาน สรุปและประเมินผล

4.4 การตลาด เกษตรกรจำหน่ายเอง หรือบูรณาการกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง วางแผนจำหน่าย จัดส่งผลผลิต ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์สภาพการผลิตลิ้นจี่นครพนม 1 และปัญหาการผลิต

การปลูกลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 เริ่มในช่วงปี พ.ศ. 2533-2535 หลังจากเผยแพร่พันธุ์ ทำให้มีพื้นที่ ปลูกลิ้นจี่เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ไม่มีการปลูกเลย โดยปีเพาะปลูก 2554/55 มีพื้นที่ปลูก 1,372 ไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 1,016 ไร่ ผลผลิตรวม 1,149 ตัน มูลค่า 57.45 ล้านบาท (ราคาผลผลิตเฉลี่ย 50 บาท/กิโลกรัม) โดยขาย ให้กับพ่อค้าทั้งในและนอกพื้นที่ ตลาดริมถนน ไม่พบปัญหาด้านราคาและการตลาด แต่พบปัญหาการออก ดอกและติดผลไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี และในต้นเดียวกัน ผลร่วงมากทำให้จำนวนผลต่อช่อน้อย ปัญหาผล แตก หนอนเจาะข้าวผล และแมลงวันผลไม้ เป็นต้น แนวทางแก้ไข หาวิธีบำรุงรักษาและการจัดการให้ลิ้นจี่ ออกดอกทุกปี ติดผลทั้งต้น เพิ่มจำนวนผลต่อช่อ เพิ่มผลผลิต ลดปัญหาผลแตกหนอนเจาะข้าวผล และ แมลงวันผลไม้ ด้วยวิธีการที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย จัดทำขึ้นมาตรฐานผลผลิตเพื่อประโยชน์ทางการค้า และยกระดับการผลิตสู่มาตรฐานเกษตรปลอดภัยเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค

2. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.1 การศึกษาการออกดอกและติดผล พบว่า ความหนาวเย็นทำให้การออกดอกและให้ผลผลิต ของลิ้นจี่แตกต่างกัน โดยช่วงพักตัวจนถึงออกดอกในเดือนพฤศจิกายน-มกราคม

ปี พ.ศ. 2557 อุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่า 20 °ซ และสูงสุดไม่เกิน 30 °ซ ติดต่อกันนาน 15 สัปดาห์ ทำให้ลิ้นจี่ออกดอกติดผลอย่างต่อเนื่อง เป็น 3 รุ่น เนื่องจากใบแก่ไม่พร้อมกัน จำนวนต้นที่ออกดอกทั้งต้น สูงถึง 98.2% ผลผลิตเฉลี่ย 1,763 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักผลเฉลี่ย 33.2 กรัม/ผล ความหวานเฉลี่ย 22.8 °Brix จำนวนผลต่อช่อรุ่นที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 2.7 3.4 และ 4.5 ผล ผลที่ได้คุณภาพเฉลี่ย 82.5% ผลแตก เฉลี่ย 1.8% และพบหนอนเจาะข้าวผลเฉลี่ย 26.7%

ปี พ.ศ. 2558 อุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่า 20 °ซ ติดต่อกันนาน 6 สัปดาห์ แต่อุณหภูมิสูงสุดเกิน 30 °ซ ลิ่นจื่อออกดอกและติดผล 3 รุ่น จำนวนต้นออกดอก (40-60% ของทรงพุ่ม) เฉลี่ย 73.2% ช่วงดอกรุ่นที่ 2 บาน (เดือนกุมภาพันธ์) มีฝนตกติดต่อกันหลายวัน ทำให้ดอกร่วงและเน่า ลิ่นจื่อให้ผลผลิตเฉลี่ย 711 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนผลต่อช่อรุ่นที่ 1 2 และ 3 เฉลี่ย 4.5 4.3 และ 3.2 ผล น้ำหนักผลเฉลี่ย 28.2 กรัม/ผล ความหวานเฉลี่ย 21.2 °Brix ผลที่ได้คุณภาพเฉลี่ย 85.5% ผลแตกเฉลี่ย 1.4% และผลที่ถูกลูกหนอนเจาะขั้วผล ทำลายเฉลี่ย 10.1%

ปี พ.ศ. 2559 ช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมอุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่า 20 °ซ และสูงสุดไม่เกิน 30 °ซ ติดต่อกันไม่ถึงสัปดาห์ ทำให้ลิ่นจื่อไม่ออกดอก แต่ช่วงปลายเดือนมกราคมถึงต้นเดือนกุมภาพันธ์อุณหภูมิต่ำสุด 10.2-17.2 °ซ และสูงสุด 16-28.2 °ซ ติดต่อกัน 6 วัน ทำให้ลิ่นจื่อออกดอก บางส่วนของทรงพุ่ม (5-10% ของทรงพุ่ม) จำนวนต้นออกดอกเฉลี่ย 12.1% และให้ผลผลิตน้อยมาก เฉลี่ย 30 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักผลเฉลี่ย 22 กรัม/ผล ความหวานเฉลี่ย 17.7 °Brix ผลแตกเฉลี่ย 1.8% และพบหนอนเจาะขั้วผลเฉลี่ย 4.2%

2.2 การวิจัย ทดสอบ และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.2.1 การทดสอบเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ต้นลิ่นจื่อ อายุ 8-9 ปี ทรงพุ่ม 6.15 เมตร วิธีทดสอบ ใส่ปุ๋ยและตัดแต่งกิ่งตามคำแนะนำระบบการจัดการคุณภาพ : GAP ลิ่นจื่อ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,273 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนผลต่อช่อเฉลี่ย 9.92 ผล ความหวานเฉลี่ย 20.9 °Brix เปอร์เซ็นต์เนื้อเฉลี่ย 64.3% ผลร่วงสะสมตั้งแต่หลังติดผลจนถึงเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 85.3% ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,050 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนผลต่อช่อเฉลี่ย 8.72 ผล ความหวานเฉลี่ย 20.3 °Brix เปอร์เซ็นต์เนื้อผลเฉลี่ย 60.8% ผลร่วงสะสมเฉลี่ย 87.6% (Table 1) กรรมวิธีตามคำแนะนำให้ผลผลิตเฉลี่ยมากกว่าวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร 21.2% และจำนวนผลต่อช่อ 13.8%

2.2.2 การทดสอบเทคโนโลยีการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ปี พ.ศ. 2560 วิธีทดสอบมีจำนวนต้นออกดอกและผลผลิตมากกว่าวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญถึงจำนวนต้นที่ออกดอกของวิธีทดสอบเฉลี่ย 47.6% ผลผลิตเฉลี่ย 223 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักผลเฉลี่ย 33.3 กรัม/ผล รายได้เฉลี่ย 15,645 บาท/ไร่ ต้นทุนเฉลี่ย 5,528 บาท/ไร่ ทำให้มีรายได้สุทธิเฉลี่ย 10,117 บาท/ไร่ ในขณะที่วิธีการปฏิบัติของเกษตรกรมีจำนวนต้นออกดอกเฉลี่ย 29.6% ผลผลิตเฉลี่ย 99 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักผลเฉลี่ย 29.3 กรัม/ผล รายได้เฉลี่ย 6,965 บาท/ไร่ ต้นทุนเฉลี่ย 3,605 บาท/ไร่ ทำให้มีรายได้สุทธิเฉลี่ย 3,360 บาท/ไร่ (Table 2) ปัญหาที่พบคือช่วงที่ลิ่นจื่อออกดอกและติดผล สภาพอากาศแปรปรวน ลิ่นจื่อบางต้นไม่ติดผลหรือผลร่วง ไม่มีผลที่พัฒนาจนถึงเก็บเกี่ยว ด้านความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม และขนาดลำต้นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ทรงพุ่มวิธีทดสอบต่อวิธีเกษตรกรเฉลี่ย 7.8 ต่อ 7.5 เมตร ความสูงเฉลี่ย 7.2 ต่อ 7.1 เมตร คุณสมบัติของดิน ค่า pH อยู่ระหว่าง 4.32-6.51 ปริมาณฟอสฟอรัส อยู่ระหว่าง 4-123 ppm โพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 50-336 ppm ไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.3-0.1 ppm

2.2.3 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการชักนำให้ลิ่นจื่อออกดอกและติดผลต่อเนื่องทุกปี พบว่าการเตรียมความพร้อมก่อนออกดอก ช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนพฤศจิกายน หลังระยะใบเพสลาด

การพ่นปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 1% ผสมเอพิฟอน 400 ppm จำนวน 3 ครั้ง ทุก 7 วัน ทำให้ลีนจื่อออกดอกมากที่สุด ในปี 1 2 และ 3 เฉลี่ย 27.5 63.8 และ 77.9% ติดผลเฉลี่ย 54.5 58.4 และ 72.6% ตามลำดับ แตกต่างจากวิธีควบคุมที่ออกดอกเฉลี่ย 15.0 45.1 และ 40.1% และติดผลเฉลี่ย 31.6 37.2 และ 31.5% ตามลำดับ (Table 3)

2.2.4 การเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบ (นันทรัตน์, 2558) ปี พ.ศ. 2561 ลีนจื่อออกดอกเฉลี่ย 36.6% ผลผลิตเฉลี่ย 532 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนผลเฉลี่ย 29.6 ผล/กิโลกรัม ความหวานเฉลี่ย 17.74 °Brix ปี พ.ศ. 2562 การออกดอกเฉลี่ย 25.8% ผลผลิตเฉลี่ย 492 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนผลเฉลี่ย 31.4 ผล/กิโลกรัม ความหวานเฉลี่ย 17.2 °Brix และปี พ.ศ. 2563 การออกดอกเฉลี่ย 36.1% ผลผลิตเฉลี่ย 738 กิโลกรัม/ไร่ จำนวนผลเฉลี่ย 28.5 ผล/กิโลกรัม ความหวานเฉลี่ย 19.5 °Brix การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบทำให้การออกดอก ผลผลิต ความหวาน และน้ำหนักต่อผลมากกว่าการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการของลีนจื่อ (กรมวิชาการเกษตร, 2558) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการของลีนจื่อทำให้การออกดอก ผลผลิต ความหวาน และน้ำหนักต่อผลมากกว่าการใส่ปุ๋ยตามวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร

2.2.5 การศึกษาปริมาณการให้น้ำที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ พบว่า ต้นลีนจื่ออายุ 5 ปี การให้น้ำ 100% ตามความต้องการน้ำ หรือ 292 ลิตร/ต้น/สัปดาห์ ช่วงแทงช่อดอกจนถึงก่อนเก็บเกี่ยว ลีนจื่อให้ผลผลิตและคุณภาพดีที่สุด โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 800 กิโลกรัม/ไร่ เปอร์เซ็นต์เนื้อเฉลี่ย 68.1% ผลกว้างเฉลี่ย 34.3 มิลลิเมตร ความหวานเฉลี่ย 22.2 °Brix สัดส่วนดอกกระเทยที่ทำหน้าที่ดอกเพศเมียต่อดอกเพศผู้สูงที่สุด คือ อัตรา 1:1.2 แต่ไม่แตกต่างกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรที่ให้น้ำตามผิวดินปริมาณ 400-500 ลิตร/ต้น/ครั้ง

2.3 ทดสอบเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูลีนจื่อ

2.3.1 การทดสอบเทคโนโลยีป้องกันกำจัดหนอนเจาะขั้วผล พบว่า วิธีทดสอบที่ใช้สารเคมีเมื่อพบผลถูกทำลายมากกว่า 10% ระยะผลเล็ก 1-2 ครั้ง ใช้สารบีโตเลียมออยล์ในระยะผลโต 1-2 ครั้ง ทำให้ผลที่ถูกหนอนเจาะขั้วผลทำลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบผลที่ถูกทำลายอยู่ระหว่าง 0-28.0% หรือเฉลี่ย 5.20% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรที่ไม่ป้องกันกำจัดหรือใช้สารเคมีเฉพาะในระยะผลโต 1-2 ครั้ง ซึ่งพบผลที่ถูกหนอนเจาะขั้วทำลายอยู่ระหว่าง 3.1-26.9% หรือเฉลี่ย 8.82% แต่ผลผลิตไม่แตกต่างกัน โดยผลผลิตวิธีทดสอบอยู่ระหว่าง 49-792 กิโลกรัม/ไร่ (เฉลี่ย 276 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรอยู่ระหว่าง 55-786 กิโลกรัม/ไร่ หรือเฉลี่ย 270 กิโลกรัม/ไร่ (Table 4) ปริมาณสารเคมีตกค้างในผลผลิตวิธีทดสอบน้อยกว่าวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ จะเห็นว่าผลผลิตต่ำเนื่องจากช่วงที่ลีนจื่อพักตัวและช่วงออกดอกถึงพัฒนาผล อากาศมีความแปรปรวนสูง จำนวนต้นออกดอก (30-60% ของทรงพุ่ม) เฉลี่ย 62% โดยออกดอกเฉพาะทรงพุ่มด้านทิศเหนือ-ทิศตะวันออก ส่วนทิศใต้-ทิศตะวันตกไม่ออกดอก

2.3.2 การศึกษาและพัฒนาวิธีการป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้ในลีนจื่อโดยวิธีผสมผสาน พบว่า กรรมวิธีที่ห่อผลด้วยถุงกระดาษห่อผลไม้สีขาว หลังติดผล 30 วัน ไม่พบผลที่ถูกหนอนแมลงวันผลไม้ทำลาย รวมถึงหนอนเจาะขั้วผลและมวนลำไย ผลผลิตเฉลี่ย 575 กิโลกรัม/ไร่ และกรรมวิธีที่ใช้กับ

ดักพีโรโมน (เมทิลยูจินอล) อัตรา 2 กักดัก/ต้น ผลผลิตเฉลี่ย 625 กิโลกรัม/ไร่ พบผลที่ถูกทำลายน้อย โดยพบผลที่ถูกหนอนแมลงวันผลไม้ทำลายเฉลี่ย 15.6% และหนอนเจาะขั้วผลเฉลี่ย 13.7% ส่วนกรรมวิธีเปรียบเทียบ (ไม่ห่อผลและไม่ใช้สารเคมี) พบการเข้าทำลายของแมลงทั้ง 3 ชนิด มากที่สุดคือเฉลี่ย 31.2 24.4 และ 19.4% และให้ผลผลิตน้อยที่สุดคือเฉลี่ย 407 กิโลกรัม/ไร่ (Table 5)

2.4 การทดสอบเทคโนโลยีการยืดอายุการรักษาผลผลิต

เก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะสุกแก่เต็มที่ คือ ผลสีแดงเข้ม หรือหลังติดผล 75 วัน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ วิธีการรักษาโดยแช่ผลในกรดเกลือ เข้มข้น 3% + โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เข้มข้น 1% นาน 10 นาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บที่อุณหภูมิ 5 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% สามารถยืดอายุการรักษาผลสดได้นาน 30 วัน คุณภาพผลใกล้เคียงกับผลสดมากที่สุดทั้งสี ผล คุณภาพ และรสชาติ คือ เนื้อแน่น มีกลิ่นหอมจางๆ ของลิ้นจี่ ไม่มีกลิ่นฉุนของสารเคมี รสชาติยังคงเดิม คือ รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย

3. การจัดทำมาตรฐาน และการยกระดับการผลิตสู่มาตรฐานเกษตรปลอดภัย

3.1 การจัดทำมาตรฐานผลลิ้นจี่นครพนม 1 สำหรับการบริโภคสด คุณภาพขั้นต่ำ ต้องเป็นผลสดทั้งผลและมีขั้วผลติดอยู่ มีรูปทรง สี และรสชาติปกติ ตรงตามพันธุ์ ไม่มีรอยขีดหรือตำหนิที่เห็นเด่นชัด ไม่เน่าเสีย สะอาดปราศจากสิ่งแปลกปลอม ปลอดภัยจากศัตรูพืชและความเสียหายอันเนื่องมาจากศัตรูพืช ปลอดภัยจากความชื้นที่ผิดปกติจากภายนอก ปลอดภัยจากความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ ไม่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติจากสิ่งแปลกปลอม การแบ่งชั้นคุณภาพ แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ได้แก่ ชั้นพิเศษ (AA) ชั้นหนึ่ง (A) และชั้นสอง (B) โดยชั้นพิเศษสีผิวผลแดงสม่ำเสมอไม่มีสีเขียวปน จำนวนผลน้อยกว่า 35 ผล/กิโลกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลไม่น้อยกว่า 38 มิลลิเมตร ชั้นหนึ่ง ตำหนิผิวโดยรวมต่อผลต้องมีพื้นที่ไม่เกิน 0.25 ตารางเซนติเมตร สีผิวผลแดงสม่ำเสมอไม่มีสีเขียวปน จำนวนผล 35-40 ผล/กิโลกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และ ชั้นสอง ตำหนิผิวโดยรวมต่อผลต้องมีพื้นที่ไม่เกิน 0.5 ตารางเซนติเมตร สีผิวผลแดงสม่ำเสมอไม่มีสีเขียวปน จำนวนผล 35-45 ผล/กิโลกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผลไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร

3.2 ยกระดับสู่มาตรฐานสินค้าเกษตรปลอดภัย (GAP) จำนวนแปลงทดสอบและแปลงขยายผล ได้รับการรับรองมาตรฐาน ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 69 แปลง พื้นที่ 125 ไร่ ปริมาณผลผลิตประมาณ 169 ตัน มูลค่าผลผลิตประมาณ 13.5 ล้านบาท

4. การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ การถ่ายทอดความรู้ การขยายผลสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ และการตลาด

4.1 การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์รับขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดนครพนม เป็นสินค้า GI ชื่อ “ลิ้นจี่นครพนม” ทะเบียน สช 57100067 มีผลตั้งแต่วันที่ 25 มิถุนายน 2556

4.2 การถ่ายทอดความรู้ การฝึกอบรมโครงการของหน่วยงานและหน่วยงานอื่น จำนวน 35 ครั้ง เกษตรกรและผู้สนใจ 3,500 ราย การจัดทำเอกสารเผยแพร่ เอกสารคำแนะนำ (แผ่นพับ) เรื่อง การปลูกลิ้นจี่ นพ. 1 ปีละ 100 ฉบับ คู่มือ ลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 ใน 19 ผลงานสำเร็จที่โดดเด่น ศูนย์ศึกษาการ

พัฒนาฐานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร จำนวน 4,000 ชุด การจัดนิทรรศการ เช่น วัน
ลิ้นจี่ ของดีตำบลขามเฒ่า โดย องค์การบริหารส่วนตำบลขามเฒ่า จำนวน 9 ครั้ง งานเกษตรลุ่มน้ำโขง โดย
หน่วยงานสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในจังหวัดนครพนม ร่วมกับมหาวิทยาลัยนครพนม จำนวน
9 ครั้ง สื่อหนังสือพิมพ์ เช่น หนังสือพิมพ์ คม ชัด ลึก ออนไลน์ ในหัวข้อ ท่องศูนย์นครพนมรู้จัก'นพ 1'
ลิ้นจี่พันธุ์ใหม่-ปลูกดีถิ่นอีสาน เมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2556 สื่อโทรทัศน์ ช่องไทยพีบีเอส เมื่อวันที่ 21
เมษายน 2557 เวลา 15.30-16.00 น. ทุกทิศทั่วไทย เรื่อง การปลูกลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1
<http://www.thaipbs.or.th/tuktid> สื่อออนไลน์ เช่น เอกสารเผยแพร่ในรูปแบบ E-book เรื่อง ลิ้นจี่
ก่อนฤดู พันธุ์ นพ. 1 7 น. แอปพลิเคชันไลน์ เฟสบุค คลิปวิดีโอ ลิ้นจี่นครพนม 1 สื่อวิทยุ ได้แก่ สวท.
นครพนม FM 90.5 MHz ทุกวันศุกร์ เวลา 10.10-11.00 น.

4.3 แปลงต้นแบบ แปลงใหญ่ลิ้นจี่นครพนม 1 เป็นจุดเรียนรู้ดูงาน ซึ่งมีเกษตรกร นักเรียน นักศึกษา
ส่วนราชการ และภาคเอกชน เข้าศึกษา ดูงาน ประมาณ 500 ราย/ปี และมีพื้นที่ปลูกในจังหวัดนครพนมเพิ่มขึ้น
เป็น 2,696 ไร่ ในปี พ.ศ. 2565 เกษตรกร 1,373 ครัวเรือน ผลผลิตรวม 1,574 ตัน มูลค่า 51.8 ล้านบาท

4.4 การตลาด เกษตรกรสามารถจำหน่ายผลผลิตได้เอง จำหน่ายให้กับพ่อค้าในพื้นที่ ตลาดค้าส่ง
ห้างสรรพสินค้าระดับภูมิภาค ระบบออนไลน์ เชื่อมกับบริษัทไปรษณีย์ไทยและภาคเอกชน และส่งออกต่างประเทศ

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์การปลูกลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 ไม่พบปัญหาด้านการตลาด แต่พบว่าการออกดอก
ติดผลไม่สม่ำเสมอ ผลผลิตไม่ได้คุณภาพ และปัญหาแมลงศัตรู ปัจจัยที่ส่งเสริมการออกดอก คือ ความ
สมบูรณ์ของต้นและใบแก่เต็มที่ในช่วงที่อากาศหนาวเย็นในเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม การดูแลรักษา
ตามระบบการจัดการคุณภาพลิ้นจี่ ทำให้ผลผลิตและคุณภาพเพิ่มขึ้น โดยตัดแต่งกิ่งหลังเก็บเกี่ยว และใส่
ปุ๋ยสูตร 15-15-15 + 46-0-0 (1:1) อัตรา 2-3 กิโลกรัม/ต้น ปุ๋ยคอก 50 กิโลกรัม/ต้น เตรียมความพร้อม
ก่อนการออกดอกโดยให้ปุ๋ยทางใบสูตร 0-52-34 อัตรา 1% จำนวน 3 ครั้ง ห่างกัน 7 วัน หลังแตกใบอ่อน
ชุดสุดท้ายในเดือนตุลาคม บำรุงผลโดยใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 + 46-0-0 + 0-0-60 (1:1:1) อัตรา 2-3 กิโลกรัม/
ต้น ในระยะผลเล็ก และสูตร 0-0-60 หรือ 13-13-21 อัตรา 2-3 กิโลกรัม/ต้น ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน ให้
น้ำ 200-300 ลิตร/ต้น/สัปดาห์ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการตัดแต่งกิ่งทำให้ประสิทธิภาพ
การผลิตเพิ่มขึ้น โดยหลังเก็บเกี่ยวตัดแต่งกิ่งออก 20-30% และ 10% ในช่วงปลายฤดูฝน (เดือนตุลาคม)
ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน จำนวน 4 ครั้ง/ปี ครั้งแรก ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 1.0 กิโลกรัม/ต้น หลังเก็บ
เกี่ยวและตัดแต่งกิ่ง ครั้งที่ 2 ก่อนออกดอก 1-2 เดือน ใส่สูตร 8-24-24 อัตรา 1.0 กิโลกรัม/ต้น ครั้งที่ 3
ระยะผลเล็ก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 1.5 กิโลกรัม/ต้น และสูตร 0-0-60 อัตรา 0.5 กิโลกรัม/ต้น ครั้งที่
4 ก่อนเก็บผลผลิต 1 เดือน ใส่สูตร 0-0-60 อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น เมื่อดินมีอินทรีวัตถุ ฟอสฟอรัส และ
โพแทสเซียมต่ำ ต่อมาศึกษาการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบมี
ประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยพ่นปุ๋ยแคลเซียมในช่วงแทงช่อดอกก่อนดอกบาน 2 ครั้ง และระยะติดผล 2 ครั้ง
ห่างกัน 7 วัน ร่วมกับใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 + 0-0-60 (1:1) 2 ครั้ง อัตรา 2-4 กิโลกรัม/ต้น/ครั้ง ระยะผลเล็ก

และก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน เมื่อพบว่าใบมีราตุแคลเซียม โบรอน ไนโตรเจน และโพแทสเซียมต่ำ การให้น้ำที่มีประสิทธิภาพคือการให้ตามความต้องการน้ำ 100% การจัดการเพื่อให้ติดผลทุกปี โดยให้ปุ๋ยทางใบสูตร 0-52-34 อัตรา 1% ผสมเอทيفون 400 ppm จำนวน 3 ครั้ง ห่างกัน 7 วัน ในระยะใบเฟสลาดช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน

การป้องกันกำจัดแมลงโดยการห่อผลด้วยถุงกระดาษห่อผลไม้สีขาวสามารถป้องกันกำจัดแมลงวันผลไม้ หนอนเจาะขั้วผล และมวนลำไยได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การใช้กับดักฟีโรโมนเมทิลยูจินอล จำนวน 2 กับดัก/ต้น และใช้สารเคมีในระยะผลเล็กร่วมกับใช้บีโตเลียมออยล์ในระยะผลโต เมื่อพบผลถูกทำลายมากกว่า 10% การยืดอายุการรักษาสผลสดโดยการแช่ผลที่สุกแก่เต็มที่ในกรดเกลือ 3% + โซเดียม-เมตาไบซัลไฟต์ 1% นาน 10 นาที ผึ่งให้แห้งแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 5 °ซ การจัดชั้นคุณภาพ แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นพิเศษ (AA) ชั้นหนึ่ง (A) และชั้นสอง (B) ลิ้นจี่นครพนม 1 ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสินค้า GI ชื่อ ลิ้นจี่นครพนม และแหล่งผลิตได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP จำนวน 69 แปลง พื้นที่ 125 ไร่ ถ่ายทอดความรู้อย่างต่อเนื่องทั้งโดยหน่วยงานและบูรณาการกับหน่วยงานภายนอก ผ่านการฝึกอบรม เอกสารเผยแพร่ และสื่อต่าง ๆ ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 2,696 ไร่ เกษตรกร 1,373 ครัวเรือน ผลผลิตรวม 1,574 ตัน

การนำไปใช้ประโยชน์

1. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 ดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อแก้ปัญหาให้กับเกษตรกร จนเป็นที่ยอมรับและนำไปพัฒนาการผลิตให้ดียิ่งขึ้น จนเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดนครพนม สร้างอาชีพและรายได้ที่ยั่งยืนจากการจำหน่ายผลผลิตและต้นพันธุ์ และการจ้างแรงงานหมุนเวียน มีมูลค่าปีละหลายสิบล้านบาท โดยปี พ.ศ.2565 มีผลผลิตรวม 1,574 ตัน มูลค่า 78.7 ล้านบาท
2. ลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 เป็นสินค้าอัตลักษณ์ของชุมชน ชื่อ “ลิ้นจี่ ของดีตำบลขามเฒ่า” ช่วยสร้างอาชีพและรายได้ที่มั่นคงให้กับประชาชนในชุมชน “มีการจัดงานประชาสัมพันธ์ช่วงเดือนเมษายนของทุกปี
3. จังหวัดนครพนมขึ้นทะเบียนลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1 เป็นสินค้า GI ทะเบียนเลขที่ สข 57100067 โดยกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ มีผลตั้งแต่วันที่ 25 มิถุนายน 2556
4. เกษตรกรผู้ปลูกลิ้นจี่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมเกษตรแปลงใหญ่ ประเภทแปลงใหญ่ทั่วไป (ไม้ผล) กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกลิ้นจี่ นพ.1 ต.ขามเฒ่า อ.เมือง จ.นครพนม จำนวน 60 ราย พื้นที่ 260 ไร่ ในปี พ.ศ. 2560
5. การจัดชั้นมาตรฐานคุณภาพผลผลิต ใช้เป็นเกณฑ์คัดเกรดคุณภาพเพื่อการค้า การประกวดผลผลิต
6. จัดทำ “ปฏิทินการดูแลรักษาลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1” เป็นคำแนะนำเกษตรกรและผู้ปลูกลิ้นจี่นครพนม
7. การเลี้ยงผึ้งในสวนลิ้นจี่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผสมเกสร ทำให้มีรายได้เสริมจากการจำหน่ายน้ำผึ้ง
8. การเชื่อมโยงตลาดกระจายสินค้า โดยแปลงใหญ่ทำ MOU กับเอกชนรับซื้อผลผลิต ได้แก่ บริษัทสยามแมคโครจำกัด บริษัทเซ็นทรัลฟู้ดรีเทล (ท็อปซูเปอร์มาร์เก็ต) และบริษัทไปรษณีย์ไทยจำกัด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเกษตรกรที่ร่วมโครงการทดสอบทำให้การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณบุคลากร ฝ่ายสนับสนุนของศูนย์วิจัยที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม สำนักงานพาณิชย์จังหวัดนครพนม สถานีอุตุนิคมวิทยานครพนม ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2552. *ระบบการจัดการคุณภาพ GAP ลิ้นจี่*. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 47 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2557. ระบบข้อมูลทางวิชาการ: ลิ้นจี่. แหล่งข้อมูล: <http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=38>. สืบค้น: วันที่ 21 พฤษภาคม 2557.
- กรมวิชาการเกษตร. 2558. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 122 หน้า.
- ชำนาญ กสิบาล สุรศักดิ์ เหลืองสุวรรณ อนันต์ ปัญญาเพิ่ม รักชัย คุรุบรรเจิดจิต ภคินี อัครเวสสะพงศ์ และปรีชา เขยชุม. 2535. การคัดเลือกพันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกจากเมล็ดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน. น.120-129. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2535. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.
- นันทรัตน์ ศุภกานี. 2558. การจัดการดินและปุ๋ยสำหรับพืชสวน. แหล่งข้อมูล: <http://www.doa.go.th/hort/images/stories/knowledge>. สืบค้น: วันที่ 31 พฤษภาคม 2559.
- นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ มนตรี ทศานนท์ และ ศศิธร วรปิตรังสี. 2550. การเจริญเติบโต ออกดอก และพัฒนาของผลลิ้นจี่พันธุ์เบาในแหล่งปลูกที่สำคัญ น. 279-304. ใน: รายงานประจำปี พ.ศ. 2550. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วีระ วรปิตรังสี. 2548. ศึกษาการจัดการจัดการน้ำ สภาพต้นลำไยที่เหมาะสมและผลกระทบในการบังคับลำไยให้ออกดอกด้วยสารเกลือคลอไรด์. น.11. ใน: ผลงานฉบับเต็ม. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานสถิติจังหวัดนครพนม. 2543. *สมุดรายงานสถิติจังหวัด ฉบับ พ.ศ. 2543 จังหวัดนครพนม*. สำนักสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 94 หน้า.
- สำนักงานสถิติจังหวัดนครพนม. 2547. *สมุดรายงานสถิติจังหวัด ฉบับ พ.ศ. 2547 จังหวัดนครพนม*. สำนักสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 129 หน้า.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดนครพนม. 2554. เนื้อที่เพาะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ จำแนกตามชนิดของไม้ผลและไม้ยืนต้น ปีเพาะปลูก 2552/53 และ ปีเพาะปลูก 2554.

Table 1 The lychee production of Nakhon Phanom 1 at farmer plot during 2012-2013.

Plot number	DOA									Farmer								
	Yield (kg/rai)			Fruit weight (g)			°Brix			Yield (kg/rai)			Fruit weight (g)			°Brix		
	2012	2013	average	2012	2013	average	2012	2013	average	2012	2013	average	2012	2013	average	2012	2013	average
1	1,320	1,124	1,222	29	29	29	21.6	20.3	21.0	1,060	1,036	1,048	30	27	29	20.6	21.7	21.2
2	1,421	1,266	1,344	34	32	33	20.2	20.9	20.6	1,160	1,100	1,130	29	26	28	20.3	18.8	19.6
3	1,280	1,305	1,293	33	31	32	21.5	20.6	21.1	986	1,207	1,097	33	30	32	20.9	19.4	20.2
4	1,123	1,244	1,184	34	32	33	21.5	20.6	21.1	1,005	1,105	1,055	32	32	32	20.6	20.3	20.5
Average	1,275±124	1,271±78	1,273±71.6	34±23	32±1.41	33±1.89	21.1±0.67	20.7±0.24	20.9±0.24	1,050±78.1	1,137±70.7	1,094±38.4	31±1.83	29±2.75	30±2.06	20.6±0.24	19.5±1.26	20.1±0.67

Table 2 The lychee production and economic data of Nakhon Phanom 1 at farmer plot in 2017

Plot number	DOA					Farmer				
	Yield (kg/rai)	Cost (baht/rai)	Income (baht/rai)	Net income (baht/rai)	BCR	Yield (kg/rai)	Cost (baht/rai)	Income (baht/rai)	Net income (baht/rai)	BCR
1	0	2,475	0	-2,475	0	0	1,950	0	-1,950	0
2	20	3,400	1,400	-2,000	0.41	35	3,000	2,450	-550	0.81
3	335	8,882	23,450	14,568	2.64	200	6,550	14,000	7,450	2.13
4	850	8,882	59,500	50,618	6.69	435	6,550	30,450	23,900	4.64
5	320	8,582	22,400	13,818	2.61	325	6,550	22,750	16,200	3.47
6	0	3,610	0	-3,610	0	0	2,350	0	-2,350	0
7	0	3,160	0	-3,160	0	0	2,350	0	-2,350	0
8	75	3,396	5,250	1,854	1.54	0	2,350	0	-2,350	0
9	135	3,730	9,450	5,720	2.53	0	2,350	0	-2,350	0
10	500	9,162	35,000	25,838	3.82	0	2,050	0	-2,050	0
Mean	223	5,528	15,645	10,117	2.02	99	3,605	6,965	3,360	1.10
t-test	*	*	*	*	*					

* = significant

Cost of fruit, 70 Baht/kg

Table 3 Percentage of flowering trees, flowering of canopy and percentage of fruit setting during 2018-2020

Year	Treatment*	Flowering tree (%)	% Flowering	% Fruiting	Yield (kg/rai)	Number of fruit/kg	°Brix	Fruit (g)	Fruit coat (g)	Aril (g)	Seed (g)
2018	1	42.8	23.5	20.3	446	32.7 b	16.8 b	30.7 b	6.81	16.71 b	6.79 b
	2	52.4	28.5	26.0	514	30.0 a	17.8 a	33.3 a	6.29	19.85 a	6.06 a
	3	66.7	36.6	29.4	532	29.6 a	17.7 a	33.8 a	6.05	20.42 a	5.91 a
	F-test	ns	ns	ns	ns	*	**	*	ns	**	**
	CV (%)	44.0	44.4	50.2	50.49	5.98	3.52	6.56	13.46	6.21	7.44
2019	1	38.1	18.6	15.9	387 b	33.8 a	16.8	29.03 c	6.03	17.00 c	6.03
	2	47.6	22.8	19.6	456 a	32.0 b	17.0	30.98 a	6.45	18.51 a	5.77
	3	52.4	25.8	23.5	492 a	31.4 b	17.2	32.10 b	6.26	19.76 b	5.64
	F-test	ns	ns	ns	**	**	ns	**	ns	**	ns
	CV (%)	42.8	38.69	39.23	12.72	2.78	2.39	2.61	8.53	4.45	7.41
2020	1	33.3	26.0 c	18.8 c	505 c	32.0 c	17.9 b	31.9 c	6.79	18.07 b	6.74
	2	38.1	30.8 a	27.7 a	605 a	29.6 b	18.5 a	32.2 b	6.62	20.78 a	6.31
	3	42.8	36.1 b	31.3 b	738 b	28.5 a	19.5 b	34.5 a	6.51	21.83 a	6.32
	F-test	ns	**	**	**	**	**	**	ns	**	ns
	CV (%)	31.18	2.30	2.65	4.44	2.31	2.87	1.68	4.29	5.13	7.13

*Treatment; 1 Farmer fertilizing, 2 Fertilizing base on soil analysis and 3 Fertilizing base on leaf analysis

Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT, ** = highly significant, * = significant, ns = non-significant

Table 4 The lychee production and infection of fruit borer (*Conopomorpha sinensis*) of Nakhon Phanom 1 in farmer plot in 2017

Plot number	DOA				Farmer			
	Yield (kg/rai)	Fruit (g)	°Brix	Fruit borer infected (%)	Yield (kg/rai)	Fruit (g)	°Brix	Fruit borer infected (%)
1	49	16.6	18.0	28.0	55	14.2	16.2	26.9
2	579	31.4	16.8	17.2	571	31	17.7	13.8
3	151	31.3	16.3	6.7	155	31.1	16.9	13.3
4	314	31.1	17.6	0.0	310	31.3	17.0	3.1
5	159	28.1	18.2	2.8	151	27.1	18.3	5.8
6	152	26.9	18.2	3.3	108	27.1	18.3	10.0
7	170	26.6	16.1	3.6	168	26.4	16.0	3.1
8	277	34.3	18.3	3.8	283	34.1	18.1	7.7
9	120	27.9	18.2	8.3	116	27.7	18.2	16.7
10	792	29.3	18.0	3.5	786	29.5	17.4	7.9
Mean	276	29.6	17.5	5.20	270	29.5	17.5	8.82
t-test	ns	ns	ns	**				

** = highly significant, ns = non-significant

Table 5 The lychee production and pest infection of Nakhon Phanom 1 at Nakhon Phanom Agriculture Research and Development Center plot in 2022

Treatment	% Flowering	% Fruit setting	Yield (kg/rai)	Number of fruit/kg	°Brix	Aril (%)	Yield components (g/fruit)				% Fruit infection		
							Aril (g)	Fruit (g)	Fruit coat (g)	Seed (g)	Fruit fly	Fruit borer	Longan stink bug
1	41.3	29.9 a	575	28.7	18.3 ab	72.4	23.3 a	32.2	5.37	5.65 a	0.00 d	0.00 d	0.00 c
2	30.0	25.0 ab	662	23.0	18.2 ab	82.0	23.3 ab	28.4	5.10	6.15 a	20.0 b	20.0 b	10.0 b
3	33.8	26.7 ab	667	28.7	18.8 a	70.9	22.7 ab	32.0	5.20	5.77 a	16.7 bc	20.0 b	10.0 b
4	41.3	30.0 a	625	21.0	17.7 b	72.4	21.8 b	30.1	5.71	5.56 ab	15.6 c	13.7 c	10.0 b
5	25.0	13.8 b	407	31.6	16.7 c	74.0	19.9 c	26.9	4.64	4.94 b	31.2 a	24.4 a	19.4 a
Mean	34.3	25.1	389.1	26.6	17.9	74.3	22.2	29.9	5.2	5.6	16.7	15.6	9.9
F-test	ns	**	ns	ns	**	-	**	ns	ns	*	**	**	**
CV (%)	37.49	24.13	20.78	26.46	2.66	-	4.47	12.67	11.68	7.35	14.56	14.89	5.66

Treatments; 1. Wrapping the fruit bunch, 2. Petroleum oil, 3. Protein bait with insecticide, 4. Pheromone traps, 5. Control

Mean followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT, ** = highly significant, * = significant, ns = non-significant

การใช้เทคโนโลยีผสมผสานเพื่อป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าและฟื้นฟู
สภาพต้นทุเรียนที่เป็นโรคในพื้นที่ภาคตะวันออก

The Use of Integrated Technology for Controlling Root and Stem Rot and
Recovering of the Infected Durian Plant in the Eastern Region

เครือวัลย์ ดาวงษ์¹ ปภัสญา สนิทมัจโร² กมลภัทร ศิริพงษ์²

Krueawan Davong¹ Paphatchya Sanitmatcharo² Kamonpat Siripong

บทคัดย่อ

โรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนเป็นปัญหาสำคัญของการผลิตทุเรียน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้เทคโนโลยีผสมผสานในการป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าและฟื้นฟูสภาพของต้นทุเรียนที่เป็นโรคในแปลงเกษตรกรต้นแบบ โดยใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรผสมผสานร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ เปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด ระหว่างปี พ.ศ. 2562-2564 จังหวัดละ 5 แปลง ประกอบด้วย การฟื้นฟูระบบราก ด้วยวิธีทางด้านเคมีและชีวภาพ รักษาแผลที่โคนต้นต่อเนื่อง ต้นที่โทรมกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วยสารฟอสโฟนิก แอซิด ประเมินความสมบูรณ์ของต้นทุเรียนก่อนและหลังการทดสอบทุก 4 เดือน ผลการทดสอบพบว่าเทคโนโลยีผสมผสานสามารถลดความรุนแรงของโรคในจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด ร้อยละ 14.09 17.58 และ 28.57 ตามลำดับ ช่วยฟื้นฟูสภาพของต้นทุเรียนที่เป็นโรคได้ดีขึ้นด้วย ต้นทุเรียนไม่แตกต่างทางสถิติจากวิธีปฏิบัติของเกษตรกร จึงได้ขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนจากแปลงต้นแบบสู่ชุมชนข้างเคียง ใน ปี พ.ศ. 2564 จังหวัดละ 7 แปลง พบว่า เกษตรกรสามารถควบคุมการแพร่ระบาด ลดความรุนแรงของโรคได้ร้อยละ 38.26 9.38 และ 33.61 ตามลำดับ และได้แปลงต้นแบบ 7 แปลง ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรและเจ้าหน้าที่การเกษตรในพื้นที่จังหวัดละ 1 ครั้ง มีผู้เข้ารับการฝึกอบรมรวม 111 ราย ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรในภาพรวมระดับมาก 4.01-4.14 นอกจากนี้ยังได้ขยายผลเทคโนโลยีสู่กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ทุเรียน ท่ากุ่ม-เนินทราย อำเภอเมือง จังหวัดตราด จำนวน 30 ราย 120 ไร่ ระหว่างมีนาคมถึงกันยายน 2564 พบค่าเฉลี่ยความรุนแรงของโรคลดลงร้อยละ 19.41 และได้ขยายผลเทคโนโลยีไปแปลงใหญ่ทุเรียน หมู่ 4 ตำบลวังสรรพรส อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี จำนวน

¹ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ต.ตะปอน อ.ขลุง จ.จันทบุรี 22110

¹ Office of Agricultural Research and Development Region 6, Tapon, Khlung District, Chanthaburi 22110

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง จ.ระยอง ต.ห้วยโป่ง อ.เมือง จ.ระยอง 21150

² Rayong Agricultural Research and Development Center, Huai Pong, Mueang District, Rayong 21150

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ต.ฉันท อ.มะขาม จ.จันทบุรี 22000

³ Chanthaburi Agricultural Research and Development Center, Chaman, Makam District, Chanthaburi 22000

⁴ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี จ.จันทบุรี ต.ตะปอน อ.ขลุง จ.จันทบุรี 22110

⁴ Chanthaburi Horticultural Research Center, Chanthaburi Tapon, Khlung District, Chanthaburi 22110

6 ราย 6 ไร่ ระหว่างธันวาคม 2564 ถึงกรกฎาคม 2565 พบค่าเฉลี่ยความรุนแรงของโรคลดลงร้อยละ 18.06 การดูแลรักษาอย่างต่อเนื่อง เป็นปัจจัยสำคัญของการควบคุมโรคให้ประสบความสำเร็จ

คำสำคัญ: ทูเรียน โรครากเน่าโคนเน่า เชื้อราไฟทอปธอรา การจัดการศัตรูพืชโดยวิธีผสมผสาน เชื้อราไตรโคเดอร์มา

ABSTRACT

Root and stem rot disease is an important problem in durian (*Durio zibethinus* Murray) production. The integrated technology to control root and stem rot and to recover the diseased durian plants in the demonstration plots by combining the Department of Agriculture (DOA) technology together with other suitable technologies was compared with the durian grower's practices. This comparison was conducted in Chantaburi, Rayong and Trat provinces during 2019-2021, 5 plots/province. The recommended integrated technology included root system regeneration, continuous curing of diseased lesions on the durian's trunks and the immune system stimulation of declining plants with phosphonic acid. The durian plant recovery was evaluated before and after application at 4 months interval. The results showed that the recommended integrated technology could reduce disease severity of durian plants in Chantaburi, Rayong and Trat by 14.09, 17.58 and 28.57 %, respectively. This technology also increase the recovery of declining durian plants, with not significantly different cost from the grower's practices. Expanding technology to control root and stem rot of durian from demonstration plot to the neighboring community was conducted in 2021, 7 plots per province. The farmers adopt integrated technology to control root and stem rot of durian. The results showed that the expanded farm was able to control the epidemic and reduce the severity of the disease. In Chanthaburi, Rayong and Trat province, the expanded farm reduced disease severity by 38.26, 9.38 and 33.61 %, respectively. Selected 7 prototype farms as a pre-study site visit. Transfer technology to farmers and agricultural officers in Chanthaburi, Rayong, Trat, once per province, there were a total of 111 trainees. Interview of farmer's technology acceptance, the result shows that farmers accepted DOA technology at a high level (4.01-4.14). In addition, on farm trial expanded technology to large scale agricultural extension system project, durian farmers group in Tha Kum – Noen Sai, Mueang District, Trat Province. Trial of 30 farms, 120 rai, between March and September 2021 found that able to reduce disease severity by 19.41%. The technology was extended to 6 durian farms, 6 rai, between December 2021 and July 2022. The average severity of the disease decreased by 18.06 percent. The continuous treatment of diseases is an important factor in successfully controlling diseases.

Key words: durian, root and stem rot, *Phytophthora* spp., integrated pest management (IPM), *Trichoderma* spp.

คำนำ

โรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนเกิดจากเชื้อราไฟทอปธอรา พาล์มิวอรา (*Phytophthora palmivora*) เป็นโรคที่ทำความเสียหายให้กับทุเรียนมานานกว่า 40 ปี การใช้สารเคมีในการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนเป็นที่นิยมมากที่สุด แต่การใช้สารเคมีปริมาณมากและเป็นระยะเวลานานส่งผลให้เชื้อราไฟทอปธอราต้านทานต่อสารเคมีได้ ดังรายงานของ อุมารพรและคณะ (2562) ได้ทดสอบระดับความต้านทานสารเคมีของเชื้อราไฟทอปธอรา ที่แยกได้จากแหล่งปลูกทุเรียน จังหวัดนนทบุรี ระยอง จันทบุรี ตราดและชุมพร พบเชื้อแสดงลักษณะต้านทานสารเคมีเมทาแลกซิลในระดับสูง ต้านทานต่อสารฟอสฟิสิก แอซิดระดับปานกลาง ต้านทานต่อสารฟอสฟิสิก-อะลูมิเนียมในระดับต่ำ และไม่มีเชื้อไอโซเลทใดต้านทานต่อสารเทอร์ราคลอ แนวทางหนึ่งในการลดการระบาดของโรคอย่างยั่งยืน คือ การลดปริมาณเชื้อราไฟทอปธอราในดินบริเวณสวนให้น้อยลง ควบคู่ไปกับการเพิ่มความสมบูรณ์ของต้นทุเรียน และจัดการสภาพแวดล้อมให้ไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรค ตลอดจนการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อปกป้องระบบรากของทุเรียนจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค (จิระเดช, 2563) ทั้งนี้ จิระเดชและคณะ (2540) ได้ดำเนินการวิจัยร่วมกับศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี ได้ศึกษาศักยภาพของส่วนผสมของผงเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma asperellum* CB-Pin-01) ร่วมกับอาหารเสริม (รำข้าวละเอียด) และสารเสริม (ปุ๋ยหมัก) ในอัตราส่วน 1:4:10 โดยน้ำหนัก หว่านใต้ทรงพุ่มของทุเรียนในอัตรา 50 กรัมต่อตารางเมตร ในสวนทุเรียนจังหวัดจันทบุรีและตราด พบว่าช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ของต้นทุเรียนเพิ่มขึ้น 6.7-24.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้สารเคมีเมทาแลกซิลและฟอสฟิสิก-อะลูมิเนียมและการใช้สารบำรุงพืช ต่อมาปี พ.ศ. 2542 กรมวิชาการเกษตร โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ได้เผยแพร่เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน โดยเน้นหลักการสำรวจการเกิดโรค การเขตกรรม ตัดแต่งทรงพุ่ม ปรับดินบริเวณโคนต้นทุเรียนให้สูงกว่าบริเวณข้างเคียง เพื่อให้มีการไหลระบายถ่ายเทดีไม่แอ่งขัง หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตให้ใส่ปูนขาวหรือปูนโดโลไมท์ ปรับ pH ของดินให้อยู่ในระดับ 5.5-6.5 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานโดยการใช้สารเคมีร่วมกับการใช้ชีววิธี โดยใช้จุลินทรีย์ไตรโคเดอร์มา หรือเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (สาลีและพูลสวัสดิ์, 2542) อย่างไรก็ตามปัญหาการแพร่ระบาดของโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนยังคงมีอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงที่สภาพฝนชุกติดต่อกันหลายเดือน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบและขยายผลการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนด้วยวิธีผสมผสานในแปลงเกษตรกร พื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยองและตราด โดยใช้คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรร่วมกับแนวทางอื่นๆ ให้เหมาะสมตามสภาพพื้นที่ จัดทำแปลงต้นแบบให้เกษตรกรมีความเข้าใจแนวทางการควบคุมโรคด้วยวิธีผสมผสาน รู้จักการใช้ชีวภัณฑ์ร่วมกับสารเคมี เพื่อสามารถควบคุมการแพร่ระบาดของโรครากเน่าโคนเน่าและช่วยฟื้นฟูสภาพต้นทุเรียนที่เป็นโรคได้อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พัฒนาเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนที่เหมาะสม

1.1 จัดประชุมกลุ่มเกษตรกรสวนทุเรียนจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานการจัดการโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนในพื้นที่ วิเคราะห์สาเหตุการแพร่ระบาดของโรค บูรณาการแนวทางแก้ปัญหา และปรับใช้เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรร่วมกับเทคโนโลยีที่เกษตรกรปฏิบัติในพื้นที่ รับผิดชอบและคัดเลือกแปลงต้นแบบ 5 แปลงต่อจังหวัด รวม 15 แปลง เพื่อนำเทคโนโลยีไปปรับใช้ในแปลง วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและความเป็นกรดต่างในดิน โดยกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

1.2 คัดเลือกต้นทุเรียนที่พบอาการของโรครากเน่าโคนเน่าจำนวน 20 ต้นต่อแปลง แบ่งเป็น 2 กรรมวิธีๆ ละ 10 ต้น ทดสอบเปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี วิธีแนะนำและวิธีเกษตรกร ได้แก่

1) วิธีแนะนำ ใช้เทคโนโลยีผสมผสาน ประกอบด้วย ระบายน้ำไม่ให้ท่วมขังโคนต้น วิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน หาก pH ต่ำกว่า 5 แนะนำใส่ปูนขาวหรือปูนโดโลไมท์ อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อต้น และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 10-20 กิโลกรัมต่อต้น พื้นฟูระบบรากทุกต้นที่ทำการทดลอง โดยการราดด้วยสารเคมีฟอสฟิไทล-อะลูมิเนียมภายหลังการราดสารเคมีไม่น้อยกว่า 7 วัน ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเลี้ยงขยายเป็นเชื้อสดที่เจริญบนเมล็ดข้าว อัตรา 100 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมร่วมกับกรดฮิวมิก อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ราดให้ทั่วบริเวณรอบทรงพุ่มทุก 2 เดือน รักษาแผลที่โคนต้นต่อเนื่องด้วยสารเคมี ต้นที่โหมให้ทำการกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วยการใช้ฟอสโฟนิก แอซิด 40% w/v SI ผสมน้ำ อัตรา 1:1 ฉีดเข้าต้นโดยการฝังเข็ม หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต แนะนำควบคุมปริมาณเชื้อในดิน โดยใช้เชื้อราปฏิปักษ์ ได้แก่ เชื้อราไตรโคเดอร์มา 1 กิโลกรัม ผสมรำข้าว 4 กิโลกรัม ผสมปุ๋ยคอก 10 กิโลกรัม หวานให้ทั่วทรงพุ่ม อัตรา 50 กรัมต่อตารางเมตร (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2562) ข้อควรระวังระยะออกดอกติดผลอ่อน ควรตรวจโคนด้วยกรดฮิวมิกและปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 เพื่อป้องกันดอกและผลร่วง และหมั่นสำรวจโรคเป็นประจำ

2) วิธีเกษตรกร เป็นวิธีการปฏิบัติเดิมของเกษตรกร โดยใช้สารเคมีตามคำแนะนำของร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตพืชในพื้นที่ ใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาแต่ไม่ได้ใช้ต่อเนื่อง ไม่ได้เก็บดินวิเคราะห์ การป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน มักสังเกตเมื่อต้นทุเรียนแสดงอาการใบเหลืองหลุดร่วง ต้นโหม และพบแผลลูกกลามมากแล้ว การรักษาโดยการขุดผิวเปลือกบริเวณที่เป็นโรคออก จากนั้นทาด้วยปูนแดงหรือสารทาหน้ำยาผสมสารเคมีเมทาแลกซิล 25%WP อัตรา 50-60 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร และใช้ฟอสโฟนิก แอซิด 40% w/v SI ผสมน้ำ อัตรา 1:1 ใส่กระบอกฉีดอัดเข้าลำต้น และฉีดพ่นเมทาแลกซิลให้ทั่วทรงพุ่ม ติดต่อกัน 2-3 ครั้ง

1.3 การบันทึกข้อมูล

1) รวบรวมข้อมูลจากการประชุมกลุ่มเกษตรกร วิเคราะห์สาเหตุการแพร่ระบาดของโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน ผลวิเคราะห์ดิน แนวทางการจัดการโรคและแมลงศัตรูพืช ตลอดจนการฟื้นฟูสภาพความสมบูรณ์ของต้นทุเรียน

2) ประเมินความรุนแรงโรคของต้นทุเรียนในแปลงต้นแบบ 15 แปลง ทั้ง 2 กรรมวิธี วิธีแนะนำ และวิธีเกษตรกร ติดเครื่องหมายต้นที่คัดเลือก ประเมินความรุนแรงของโรคก่อนการทดลองและหลังการ

ทดลองในต้นเดิมที่ติดเครื่องหมายทุก 4 เดือน ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี รวม 5 ครั้ง ประเมินความรุนแรงโรคโดยให้ระดับค่าคะแนน 4 ระดับ คัดแปลงจาก ศิริพรและคณะ (2558) และกนกนาฏ (2540) ได้แก่

ระดับที่ 1 : ต้นสมบูรณ์ดีมาก 80-100 % ทรงพุ่มสวยงาม ใบแน่นทึบ ใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ใบ กิ่งก้าน ลำต้นปราศจากโรคเข้าทำลาย หรือมีได้ไม่เกิน 0-5%

ระดับที่ 2 : ต้นสมบูรณ์ดีปานกลาง 70-79% ทรงพุ่มสวยงามปานกลาง ปริมาณใบค่อนข้างหนาแน่น ใบสีเขียวเป็นมัน โรคเข้าทำลายลำต้นและกิ่งก้านเล็กน้อย แต่ไม่ถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อต้นทุเรียน การเข้าทำลายของโรคในภาพรวมทั้งต้นอยู่ระหว่าง 6-20%

ระดับที่ 3 : ต้นสมบูรณ์น้อย 50-69% ทรงพุ่มค่อนข้างไม่สวยงาม บริเวณปลายยอดแห้งเป็นบางกิ่ง ปริมาณใบค่อนข้างน้อย ใบสีเหลืองซีด โรคเข้าทำลายที่ลำต้น กิ่ง ใบ และรากในระดับค่อนข้างรุนแรง การเข้าทำลายของโรคในภาพรวมทั้งต้นอยู่ระหว่าง 21-60%

ระดับที่ 4 : ต้นทรุดโทรมมากกว่า 50% ทรงพุ่มไม่สวยงาม บริเวณปลายยอดแห้ง ทั้งกิ่งแขนงและกิ่งหลักหลายกิ่ง ปริมาณใบน้อยมาก ใบสีเหลืองซีด และมีขนาดเล็ก โรคเข้าทำลายที่ลำต้น กิ่ง ใบ รากในระดับค่อนข้างรุนแรงมาก อาจฟื้นฟูได้แต่ไม่คุ้มค่าการลงทุน การเข้าทำลายของโรคในภาพรวมทั้งต้นมากกว่า 60%

คำนวณดัชนีการเกิดโรค (disease severity index; DSI) (Abdullah *et al.*, 2003) จากสูตร 1

$$\text{ดัชนีการเกิดโรค (\%)} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นที่แสดงอาการ} \times \text{ระดับอาการ)}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด} \times \text{ระดับอาการสูงสุด}} \times 100 \dots (1)$$

3) รวบรวมข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ต้นทุนปัจจัยการผลิตและการจัดการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าและการฟื้นฟูต้นทุเรียน

4) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยใช้สถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. การขยายผลถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.1 ขยายผลถ่ายทอดเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนจากแปลงต้นแบบจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด สู่ชุมชนข้างเคียง ในปี พ.ศ. 2564 จัดทำแปลงขยายผลโดยคัดเลือกเกษตรกรแปลงต้นแบบที่มีความพร้อมและสมัครใจปรับใช้เทคโนโลยี จังหวัดละ 7 ราย พื้นที่รายละ 1 ไร่ กระจายไปในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี อำเภอแกลง จังหวัดระยอง และอำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด รวม 21 ราย 21 ไร่ ประเมินความรุนแรงโรคของต้นทุเรียนในแปลงต้นแบบ ติดตามผลการนำเทคโนโลยีไปปรับใช้คัดเลือกแปลงต้นแบบเพื่อเป็นแหล่งศึกษาดูงานจังหวัดละ 2 ราย จัดอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด จังหวัดละ 1 ครั้ง ๆ ละ 20 ราย สอบถามการยอมรับเทคโนโลยีจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม

2.2 ขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนสู่กลุ่มแปลงใหญ่จังหวัดตราด ดำเนินการในปี พ.ศ. 2564 ขยายผลในพื้นที่ของเกษตรกรสมาชิกแปลงใหญ่ทุเรียนท่ากุ่ม-เนินทราย อำเภอเมือง จังหวัดตราด จำนวน 30 ราย ๆ ละ 4 ไร่ รวมพื้นที่ 120 ไร่ ถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านกระบวนการจัดเวทีวิจัยสัญจร จำนวน 3 ครั้ง ประกอบด้วยกิจกรรม การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่ม หรือแนวทางการปฏิบัติงานร่วมกัน จัดหาปัจจัยการผลิตที่สำคัญตามที่เทคโนโลยีกำหนด นักวิจัยลงพื้นที่ตรวจเยี่ยมให้

คำแนะนำเป็นรายแปลง เก็บดินวิเคราะห์และผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสดควบคู่กับการรักษาด้วยสารเคมีอย่างต่อเนื่อง และติดตามผลการปฏิบัติตามเทคโนโลยี

2.3 ขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน ในพื้นที่แปลงใหญ่ทุเรียน หมู่ 4 ตำบลวังสรรพรส อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ในปี พ.ศ. 2565 จัดทำแปลงต้นแบบจำนวน 6 รายๆ ละ 1 ไร่ รวมพื้นที่ 6 ไร่ แนะนำเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนแบบผสมผสาน จัดการเขตกรรมตัดแต่งทรงพุ่มและชุดร่องระบายน้ำ ฟันฟูระบบราก รักษาแผลที่โคนและลำต้นอย่างต่อเนื่อง ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสดสลับกับการใช้สารเคมี โดยสนับสนุนเชื้อสดจำนวน 6 ครั้ง ทุก 30 วัน จัดอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีจำนวน 1 ครั้ง 30 ราย และติดตามผลการปฏิบัติตามเทคโนโลยี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. พัฒนาเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนที่เหมาะสม

การจัดการสวนของเกษตรกรแปลงต้นแบบ

จากผลการประชุมกลุ่มเกษตรกร สามารถคัดเลือกแปลงเกษตรกรที่ประสบปัญหาโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน ได้จำนวน 15 แปลง ประกอบด้วยแปลงในพื้นที่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี 1 แปลง อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี 4 แปลง อำเภอแกลง จังหวัดระยอง 5 แปลง อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด 2 แปลง และอำเภอเมือง จังหวัดตราด 3 แปลง สรุปการปฏิบัติงานของเกษตรกร ดังนี้

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและความเป็นกรดต่างในดิน พบว่า ดินมีความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 3.71–5.82 อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 0.87–3.75 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 3 – 774 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 10–220 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 45–832 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 7–94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้แนะนำเกษตรกรใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ใส่ตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับทุเรียน (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

การฟันฟูระบบราก – หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต เกษตรกรส่วนใหญ่ราดกรดฮิวมิกเพื่อกระตุ้นการสร้างรากใหม่ และใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสดปล่อยทางระบบน้ำ แต่ไม่ได้ใช้ต่อเนื่อง นิยมใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีป่นเม็ด อัตรา 1–2 กิโลกรัมต่อต้น ใส่ปีละ 1 ครั้ง ไม่นิยมใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก

การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา - พบเกษตรกรใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสดหลากหลายวิธี ได้แก่ การฉีดพ่นบริเวณทรงพุ่ม การให้ทางระบบน้ำ การถากทาแผลร่วมกับสารเคมี การหว่านเชื้อโดยตรงรอบโคนต้น อัตรา 0.5–1 กิโลกรัมต่อต้น และผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับปุ๋ยหมักและรำข้าวหว่านรอบโคนต้น โดยความถี่ของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการจัดหาเชื้อของเกษตรกร

การรักษาแผลที่โคนต้น - พบถากและทาแผลด้วยสารเคมี ได้แก่ เมทาแลกซิล ฟอสอีทิล-อะลูมิเนียม ฟอสโฟนิก แอซิด โดยผสมร่วมกับสารทาหน้ำยางและสารเคมีกำจัดมอด และการใช้น้ำหมักเปลือกมังคุดทาแผล โดยใช้สลับกับสารเคมี

การกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานโรค - ผังเข็มหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตด้วยสารฟอสโฟนิก แอซิดผสมน้ำ อัตรา 1:1 จำนวนเข็มต่อต้น ขึ้นอยู่กับขนาดแผลและขนาดลำต้น

การเฝ้าระวังศัตรูพืช - ศัตรูพืชที่พบในช่วงทุเรียนแตกใบอ่อน ได้แก่ เพลี้ยไก่แจ้ เกษตรกรป้องกันกำจัดด้วยสารเคมีโอเมโทพาท อิมิดาคลอพริต อะบาเมกติน เป็นต้น พบมอดเจาะเนื้อไม้บริเวณที่พบแผลที่ลำต้นและกิ่ง จัดการด้วยสารเคมีฟิโปรนิล นอกจากนี้ยังพบโรคราใบติดในช่วงฝนตกชุกต่อเนื่องมากกว่า 7 วัน ช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน 2563 และเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม 2564 โดยเกษตรกรดำเนินการฉีดพ่นสารเคมีไพราโคลสโตรบิน หรือสารเคมีวาลิตามัยซิน

การประเมินความรุนแรงโรคของต้นทุเรียนในแปลงต้นแบบ

จากการสำรวจแปลงต้นแบบทั้ง 15 แปลง พบลักษณะอาการของโรครากเน่าโคนเน่า 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) อาการโคนเน่าหรือเน่าคอดิน พบอาการเน่าที่โคนต้นที่อยู่ติดพื้นดิน เป็นอาการที่รักษาและฟื้นฟูได้ยาก 2) อาการแผลที่ลำต้นและกิ่ง 3) อาการรากเน่า สังเกตได้จากสภาพต้นทรุดโทรม ใบสดสีไม่เขียวเข้ม ปริมาณใบในทรงพุ่มไม่หนาแน่น ไม่แตกใบอ่อน หากมีอาการรุนแรงจะทิ้งใบทั้งต้น ใบเหลือง อาการดังกล่าวอาจพบแผลหรือไม่พบแผลที่โคนต้น มักพบแสดงอาการรากเน่าในบริเวณดินที่มีการระบายไม่ดี การฟื้นฟูดำเนินการรักษาตามเทคโนโลยีแนะนำ ให้ความสำคัญกับการฟื้นฟูระบบรากทุกต้นที่ดำเนินการทดลองความถี่ทุก 2 เดือน ควบคู่ไปกับการรักษาแผลที่โคนต้นต่อเนื่อง ประเมินความรุนแรงของโรคในต้นทุเรียนที่คัดเลือกทุก 4 เดือน ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี รวม 5 ครั้ง ค่าดัชนีการเกิดโรคของต้นทุเรียนก่อนและหลังการทดลองเดือนสุดท้าย เปรียบเทียบระหว่างวิธีแนะนำและวิธีเกษตรกร พบว่า จังหวัดจันทบุรี วิธีแนะนำค่าดัชนีการเกิดโรคลดลงร้อยละ 14.09 ขณะที่วิธีเกษตรกรค่าดัชนีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.78 (Table 1 และ Figure 1) จังหวัดระยอง วิธีแนะนำค่าดัชนีการเกิดโรคลดลงร้อยละ 17.58 ขณะที่วิธีเกษตรกรค่าดัชนีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.06 (Table 1 และ Figure 2) ส่วนจังหวัดตราด วิธีแนะนำค่าดัชนีการเกิดโรคลดลงร้อยละ 28.57 ขณะที่วิธีเกษตรกรค่าดัชนีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.46 (Table 1 และ Figure 3) เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 วิธี พบว่า การปฏิบัติตามวิธีแนะนำ สามารถลดความรุนแรงของโรคได้โดยมีค่าดัชนีการเกิดโรคลดลงจากร้อยละ 57.49 เหลือร้อยละ 45.76 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนการทดลอง ($P < 0.05$) และการปฏิบัติตามวิธีเกษตรกร ค่าดัชนีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 53.55 เป็นร้อยละ 60.90 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับก่อนการทดสอบ (Table 1)

การปฏิบัติตามวิธีแนะนำสามารถลดความรุนแรงของโรคได้ร้อยละ 20.40 ขณะที่วิธีเกษตรกรความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.73 ทุเรียนสามารถแตกใบอ่อนภายหลังการฟื้นฟูระบบรากและรักษาด้วยวิธีผสมผสานอย่างต่อเนื่อง พบใบเขียวเข้มสมบูรณ์ ทรงพุ่มหนาแน่นขึ้น วิธีแนะนำที่พัฒนาขึ้นนี้ให้ความสำคัญกับการกระตุ้นการสร้างรากใหม่ ด้วยการใช้อิมิดาคลอพริตและปุ๋ยเกล็ดสูตรตัวกลางสูง 20-20-20 หรือ 15-30-15 ร่วมกับการลดปริมาณเชื้อราไฟทอปธอรา ด้วยการราดโคนด้วยเชื้อราปฏิปักษ์ และสารเคมีสลับกัน รวมถึงการควบคุมโรคด้วยวิธีเขตกรรม สอดคล้องกับมาลัยพรและวิชาญ (2563) ซึ่งสามารถฟื้นฟูต้นทุเรียนที่ทรุดโทรมจากการทำลายของโรครากเน่าโคนเน่าแบบผสมผสาน ตามวิธีดังกล่าวสามารถฟื้นฟูต้นได้ภายในระยะเวลา 1 ปี เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อราปฏิปักษ์ที่เกษตรกรนิยมใช้ เนื่องจากการส่งเสริมของหน่วยงานราชการและมหาวิทยาลัย ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการฟื้นฟูต้นทุเรียนประสบความสำเร็จ คือ การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาอย่างต่อเนื่องทุก 2 เดือน ทั้งการราดเชื้อรอบใต้ทรงพุ่มต้นทุเรียน หรือการใช้เชื้อคลุกกับปุ๋ยหมักและรำข้าวหว่าน

รอบทรงพุ่ม ซึ่งจ๊ะจ๋าและคณะ (2540) พบว่า ส่วนผสมของผงเชื้อราไตรโคเดอร์มากับอาหารเสริม (รำข้าวละเอียด) และสารเสริม (ปุ๋ยหมัก) อัตราส่วน 1:4:10 โดยน้ำหนัก หวานบริเวณใต้ทรงพุ่มของทุเรียน ร่วมการฉีดพ่นสารเคมีเมทาแลกซิล หรือร่วมกับการฉีดพ่นสารบำรุงพืช ทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยให้ปริมาณเชื้อราไฟทอปธอร่าลดลงได้จนมีปริมาณต่ำ และต้นทุเรียนมีสภาพความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ในประเด็นของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับสารเคมี มีรายงานผลของการใช้สารเคมีป้องกันรักษา สามารถควบคุมโรคได้ดี หากใช้รักษาในระยะเบื้องต้นอย่างต่อเนื่อง และหากใช้ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ สอดคล้องกับ สุธามาตและคณะ (2537) ที่รายงานการใช้เชื้อรา *T. asperellum* CB-Pin-01 ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และรำข้าว ร่วมกับสารเคมีเมทาแลกซิล 1,250 ppm ช่วยลดโรครากเน่าของส้มและลดปริมาณเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ได้ดี

Table 1 Comparison of disease severity of *Phytophthora* infected durian plants before and after application with recommended technology and durian grower's technology during 2019-2021.

Province	Recommended technology (%)			Grower's technology (%)		
	Before application (Nov 2019)	After application (The fifth evaluation /Aug 2021)	Change (%)	Before application (Nov 2019)	After application (The fifth evaluation /Aug 2021)	Change (%)
Chanthaburi	54.00 ^{1/}	46.39	-14.09	51.00	65.17	+27.78
Rayong	56.88	46.88	-17.58	46.25	48.13	+4.06
Trat	61.60	44.00	-28.57	63.40	69.40	+9.46
Average	57.49	45.76	-20.40	53.55	60.90	+13.73
T-test	* ^{2/}		-	ns ^{3/}		-

Note : ^{1/} Average of disease severity from 10 infected plants per orchard, 5 orchards per province.

^{2/} * = significantly different at P<0.05 ^{3/} ns = not significant

ข้อมูลต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันรักษาโรครากเน่าโคนเน่าและฟื้นฟูความสมบูรณ์ของต้นทุเรียน แบ่งเป็น 1) ปุ๋ยอินทรีย์ เพิ่มอินทรีย์วัตถุและเป็นแหล่งอาหารให้เชื้อราไตรโคเดอร์มา 2) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยเกล็ด สูตร 15-30-15 หรือ 20-20-20 เพื่อการกระตุ้นสร้างระบบราก 3) สารปรับปรุงดิน ได้แก่ โดโลไมท์ กรดฮิวมิก เพื่อปรับลด pH ในดิน และกระตุ้นการสร้างระบบราก 4) สารเคมี ได้แก่ เมทาแลกซิล ฟอสโฟนิค แอซิด ฟอสฟิอิล-อะลูมิเนียม แมนโคเซบ และคอปเปอร์ ออกซีคลอไรด์ 5) เชื้อราไตรโคเดอร์มา 6) ค่าจ้างแรงงาน ได้แก่ ค่าจ้างเหมาตัดแต่งกิ่ง ค่าจ้างพ่นสารเคมี ค่าจ้างถากและทาแผล ค่าจ้างเหมาฝังเข็มต้นทุเรียน เป็นต้น พิจารณารายละเอียดต้นทุนการรักษารากเน่าโคนเน่าทุเรียน จากค่าเฉลี่ย 15 แปลง (5 แปลงต่อจังหวัด) ระยะเวลา 2 ปี เปรียบเทียบต้นทุนทั้ง 2 วิธี พบว่า ปี พ.ศ. 2563 วิธีแนะนำต้นทุนค่าปุ๋ยสูงกว่าวิธีเกษตรกร

แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ และปี พ.ศ. 2564 วิธีแนะนำต้นทุนค่าปุ๋ยสูงกว่าวิธีเกษตรกร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นทุนที่สูงกว่าเนื่องจากค่าปุ๋ยหมักและสารปรับปรุงดินโดโลไมท์ ที่ใส่เพิ่มตามคำแนะนำหลังการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน กรณีต้นทุนค่าสารเคมีและชีวภัณฑ์ พบว่า วิธีแนะนำมีค่าต่ำกว่าวิธีเกษตรกร แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ทั้ง 2 ปี โดยต้นทุนที่ลดลงมาจากเกษตรกรลดการใช้สารเคมี ลดการฝังเข็มด้วยฟอสฟอริก แอซิด และใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาทดแทน สำหรับค่าแรงงาน พบว่า ปี พ.ศ. 2563 วิธีแนะนำมีต้นทุนต่ำกว่าวิธีเกษตรกรแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในปี พ.ศ. 2564 ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีเหตุผลสอดคล้องกับการใช้สารเคมีที่ลดลง ต้นทุนค่าแรงงานจึงลดต่ำลง และสุดท้ายเมื่อเปรียบเทียบผลรวมต้นทุนของทั้ง 2 วิธี พบว่า ค่าเฉลี่ยต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันรักษาโรครากเน่าโคนเน่าและฟื้นฟูความสมบูรณ์ของต้นทุเรียน ปี พ.ศ. 2563 และ 2564 วิธีแนะนำที่มีต้นทุนรวม 11,894 และ 12,175 บาท ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ จากวิธีเกษตรกรที่มีต้นทุนรวม 11,981 และ 12,196 บาท ตามลำดับ (Table 2) ทั้งนี้ ต้นทุนวิธีแนะนำมีแนวโน้มลดลงในปีต่อไป หากสภาพต้นได้รับการฟื้นฟูจนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเกษตรกรลดการใช้สารเคมีลงได้

2. การขยายผลถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.1 ขยายผลถ่ายทอดเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนจากแปลงต้นแบบ จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด สุ่มชนข้างเคียง

ได้ดำเนินการขยายผลจังหวัดละ 7 ราย รวม 21 ไร่ เกษตรกรปรับใช้เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนแบบผสมผสาน ประเมินความรุนแรงของโรคก่อนการทดลอง เมื่อเดือนเมษายน 2564 พบดัชนีการเกิดโรค จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด ร้อยละ 75.43 83.71 และ 85.86 ตามลำดับ หลังเกษตรกรปรับใช้เทคโนโลยีประเมินความรุนแรงของโรคจำนวน 3 ครั้ง ในเดือนมิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม พบความรุนแรงของโรคลดลง เหลือร้อยละ 46.57 75.86 และ 57.00 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฟื้นฟูสภาพต้นทุเรียนก่อนและหลังการทดลอง พบว่า การปฏิบัติตามวิธีแนะนำ ภายหลัง 7 เดือน สามารถลดความรุนแรงของโรคได้ ดัชนีการเกิดโรคเฉลี่ยลดลงทั้ง 3 จังหวัด จากร้อยละ 81.67 เหลือร้อยละ 59.81 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนการทดลอง ($P < 0.05$) (Table 3) จึงได้จัดฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีจำนวน 3 ครั้ง รวม 111 ราย ได้แก่ วันที่ 17 พฤศจิกายน 2564 ณ สหกรณ์เครดิตยูเนียนเวฬุวัน อำเภอลง จังหวัดจันทบุรี จำนวน 41 ราย วันที่ 29 พฤศจิกายน 2564 ณ ห้องประชุมสำนักงานเกษตรอำเภอเขาชะเมา อำเภอเขาชะเมา จังหวัดระยอง จำนวน 35 ราย วันที่ 2 ธันวาคม 2564 ณ ที่ทำการแปลงใหญ่/ศพก. อำเภอเมือง จังหวัดตราด 35 ราย จากการสัมภาษณ์การยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรภายหลังการฝึกอบรมพบว่าเกษตรกรยอมรับเทคโนโลยีในภาพรวมระดับมาก 4.01-4.14 โดยเกษตรกรมีข้อคิดเห็นในเทคโนโลยีการฟื้นฟูระบบราก ควรราดสารเคมีเฉพาะต้นที่แสดงอาการรุนแรง เช่น อาการเน่าคอดิน เนื่องจากการราดสารเคมีอาจกระทบกับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน และระมัดระวังการใช้กรดฮิวมิกและปุ๋ยเกล็ดสูตรตัวกลางสูงในช่วงการพัฒนาตาดอก เนื่องจากอาจมีผลต่อการหลุดร่วงของดอกทุเรียน ทั้งนี้ควรมีคำแนะนำสารเคมีกำจัดโรคและศัตรูพืชอื่นๆ ที่อาจมีผลกระทบไปซ้ำเติมให้อาการรากเน่ารุนแรงขึ้น เช่น โรคใบติด โรคราสีชมพู รวมถึงสารเคมีป้องกันกำจัดมอด ที่ทดแทนสารคลอไพริฟอส เนื่องจากในหลายแปลงอาการของโรครากเน่าโคนเน่ามักจะรุนแรงขึ้นหากพบการเข้าทำลายของมอดร่วมด้วย

Table 2 The average cost (baht/rai) for controlling root rot and recovering *Phytophthora* infected durian plant in Chanthaburi, Rayong and Trat during 2020-2021.

Province	Synthetic fertilizer/Organic fertilizer/Soil amendment				Chemical/ Biocontrol agent				Labor cost				Total			
	2020		2021		2020		2021		2020		2021		2020		2021	
	RT ^{1/}	GT ^{2/}	RT	GT	RT	GT	RT	GT	RT	GT	RT	GT	RT	GT	RT	GT
Chanthaburi	5,845 ^{3/}	1,075	3,451	1,606	2,713	5,159	2,821	5,163	4,130	5,210	3,800	4,520	12,688	11,444	10,072	11,289
Rayong	4,240	3,815	3,950	2,110	2,736	3,044	4,836	4,804	4,075	4,658	4,625	4,785	11,051	11,517	13,411	11,699
Trat	1,916	3,494	2,716	3,750	3,562	2,524	3,862	2,884	6,464	6,965	6,464	6,965	11,942	12,983	13,042	13,599
Average cost	4,000	2,795	3,372	2,489	3,004	3,576	3,839	4,284	4,890	5,611	4,963	5,423	11,894	11,981	12,175	12,196
T-test	ns ^{4/}		* ^{5/}		ns		ns		*		ns		ns		ns	

Note: ^{1/} Recommended technology (RT) ^{2/} Durian grower's technology (GT) ^{3/} Average cost from 5 orchards per province. ^{4/} ns = not significant ^{5/} * = significantly different at P<0.05

Table 3 Disease severity of *Phytophthora* infected durian plants before and after application in the expanded farms at Chanthaburi Rayong and Trat in 2021.

Province	Before application	After application	Change
	(Apr 2021)	(The third evaluation/Oct 2021)	(%)
Chanthaburi	75.43 ^{1/}	46.57	-38.26
Rayong	83.71	75.86	-9.38
Trat	85.86	57.00	-33.61
Average	81.67	59.81	-26.77
T-test	* ^{2/}		-

Note : ^{1/} Average of disease severity from 10 infected plants per orchard, 7 orchards per province ^{2/} * = significantly different at P<0.05

2.2 ขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนสู่แปลงใหญ่ทุเรียนท่ากุ่ม-เนินทราย อำเภอเมือง จังหวัดตราด

ได้ดำเนินขยายผลจำนวน 30 รายๆ ละ 4 ไร่ รวมพื้นที่ 120 ไร่ ภายใต้โครงการทดลองขยายการผลิตแปลงใหญ่และการพัฒนาแพลตฟอร์มนวัตกรรมการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชที่เหมาะสมกับภูมิสังคม ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง กันยายน 2564 ซึ่งก่อนทดสอบมีดัชนีการเกิดโรคเฉลี่ยร้อยละ 70.54 ผลการประเมินโรคครั้งที่ 1 เดือนมิถุนายน 2564 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 69.84 และประเมินโรคครั้งที่ 2 เดือนกันยายน 2564 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 56.85 ความรุนแรงของโรคลดลงร้อยละ 19.41 การรักษาโรครากเน่าโคนเน่าที่ได้ผลดีพบในแปลงที่สามารถดำเนินการรักษาได้ตามคำแนะนำต่อเนื่อง สภาพต้นเริ่มฟื้นฟู ทรงพุ่มเริ่มมีความหนาแน่นมากขึ้น รอยแผลเริ่มแห้งและไม่ขยายเพิ่ม ส่วนกรณีที่แปลงยังมีความรุนแรงของโรคสูง มีปัจจัยจากสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะพบโรคแพร่ระบาดในฤดูฝนชุกติดต่อกัน บางต้นมีอาการของโรครุนแรงเกินร้อยละ 60 จำเป็นต้องเพิ่มความถี่ในการรักษา และใช้ระยะเวลารักษามากกว่า 1 ปี จากการลงพื้นที่ตรวจประเมินโรคและให้คำแนะนำ พบว่า เกษตรกรเข้าใจแนวทางการฟื้นฟูสภาพต้น และความสำคัญของการปรับสภาพดินเพื่อส่งเสริมความแข็งแรงของต้นทุเรียน เกษตรกรมีความเชื่อมั่นในการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคอย่างถูกวิธี ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เจ้าหน้าที่เกษตรกรตำบลในพื้นที่ เพื่อขยายผลสู่เกษตรกรกลุ่มอื่นๆ โดยร่วมเป็นวิทยากรในการประชุมหารือการจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระดับอำเภอ (district workshop : DW) ของสำนักงานเกษตรจังหวัดตราด จำนวน 2 รุ่น จัดเมื่อวันที่ 24 และ 25 สิงหาคม 2564 ทั้งนี้สำนักงานเกษตรจังหวัดตราดมีความสนใจนำโมเดลการขยายผลงานวิจัย “ท่ากุ่มเนินทรายโมเดล เทคโนโลยีผสมผสานในการผลิตทุเรียนจังหวัดตราด” เป็นโมเดลต้นแบบขยายผลงานวิจัยและการบูรณาการระหว่างหน่วยงานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในพื้นที่ต่อไป

2.3 ขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนสู่พื้นที่แปลงใหญ่ทุเรียน หมู่ 4 ตำบลวังสรรพรส อำเภอคลอง จังหวัดจันทบุรี

ได้จัดทำแปลงต้นแบบจำนวน 6 ราย 6 ไร่ ซึ่งมีดัชนีการเกิดโรคเฉลี่ยร้อยละ 67 ก่อนเริ่มดำเนินการเทคโนโลยีที่แนะนำประกอบด้วย การเกษตรกรรมตัดแต่งทรงพุ่มและชุดร่องระบายน้ำ พื้นฟูระบบราก รักษาแผลที่โคนและลำต้นอย่างต่อเนื่อง ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสดสลับกับการใช้สารเคมี โดยสนับสนุนเชื้อสดจำนวน 6 ครั้ง ทุก 30 วัน ภายหลังการทดลอง 7 เดือน พบว่า ความรุนแรงของโรคมีแนวโน้มลดลง เมื่อประเมินความรุนแรงของโรค 3 ครั้ง ในเดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และกรกฎาคม พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการเกิดโรคลดลงจากร้อยละ 67.33 เหลือร้อยละ 55.17 ลดลงร้อยละ 18.06 ตามลำดับ และจัดอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี หลักสูตรเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ณ ที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ 4 บ้านดอน ตำบลวังสรรพรส อำเภอคลอง จังหวัดจันทบุรี ให้กับเกษตรกรสมาชิกแปลงใหญ่และประชาชนผู้สนใจ จำนวน 30 ราย ข้อเสนอแนะจากการขยายผล พบว่า การปฏิบัติรักษาโรคอย่างต่อเนื่องของเกษตรกร เป็นปัจจัยสำคัญของความสำเร็จในการควบคุมการแพร่ระบาดของโรค จำเป็นต้องจูงใจให้เกษตรกรเฝ้าระวังและปฏิบัติรักษา

อย่างต่อเนื่อง และพบข้อจำกัดในการใช้ชีวภัณฑ์ ตั้งแต่การจัดหาหัวเชื้อจนถึงการขับเคลื่อนการใช้ชีวภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง

สรุปผลการทดลอง

การใช้เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนด้วยวิธีผสมผสาน โดยการปรับสภาพดิน ให้ไม่เหมาะต่อการเกิดโรค pH 5.5-6.5 การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสดอย่างต่อเนื่องทุก 2 เดือน เน้นราดบริเวณทรงพุ่ม กระตุ้นการสร้างรากใหม่ด้วยกรดฮิวมิก ปุ๋ยเกล็ดสูตร 15-20-15 หรือ 20-20-20 ต้นที่โทรมกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วยสารฟอสโฟนิก แอซิด และสำรวจโรคอย่างต่อเนื่อง ในภาพรวมสามารถลดความรุนแรงของโรคได้ร้อยละ 20.40 ภายหลังการใช้ 22 เดือน สามารถขยายผลการใช้เทคโนโลยีและถ่ายทอดให้กับเกษตรกรชุมชนข้างเคียง ขยายผลถ่ายทอดเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนจากแปลงต้นแบบจังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด สู่ชุมชนข้างเคียง รวม 21 ราย พื้นที่ 21 ไร่ ระหว่างเดือนเมษายนถึงตุลาคม 2564 เกษตรกรปรับใช้เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนแบบผสมผสาน สามารถควบคุมการแพร่ระบาด ลดความรุนแรงของโรคได้ร้อยละ 38.26 9.38 และร้อยละ 33.61 ตามลำดับ และขยายไปสู่แปลงใหญ่ทุเรียน คือ

ปี พ.ศ. 2564 ในพื้นที่กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ทุเรียน ท่ากุ่ม-เนินทราย อำเภอเมือง จังหวัดตราด รวม 30 ราย 120 ไร่ ถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านกระบวนการจัดเวทีวิจัยสัญจร จำนวน 3 ครั้ง ปฏิบัติตามเทคโนโลยีระหว่างเดือนมีนาคมถึงกันยายน 2564 พบค่าเฉลี่ยความรุนแรงของโรคลดลงร้อยละ 19.41

ปี พ.ศ. 2565 ในพื้นที่แปลงใหญ่ทุเรียน หมู่ 4 ตำบลวังสรรพรส อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี จำนวน 6 ราย 6 ไร่ ระหว่างเดือนธันวาคม 2564 ถึงกรกฎาคม 2565 พบค่าเฉลี่ยความรุนแรงของโรคลดลงร้อยละ 18.06 ข้อเสนอแนะจากการขยายผลเทคโนโลยีพบว่าการรักษาโรคอย่างต่อเนื่อง เป็นปัจจัยสำคัญของการควบคุมโรคได้ประสบความสำเร็จ

รวมเกษตรกรที่ได้รับการขยายผลเทคโนโลยีจัดทำแปลงต้นแบบ จำนวน 57 ราย 147 ไร่ เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จำนวน 4 ครั้ง จัดเวทีวิจัยสัญจร 3 ครั้ง รวม 171 ราย

การนำไปใช้ประโยชน์

1. แปลงต้นแบบเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก 57 แปลง
2. จัดทำเอกสารเผยแพร่เทคโนโลยี ได้แก่
 - 2.1 เอกสารเผยแพร่ เรื่อง เทคโนโลยีผสมผสานการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนภาคตะวันออก จัดพิมพ์จำนวน 230 ฉบับ
 - 2.2 แผ่นพับ เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าและโคนเน่าทุเรียนด้วยวิธีผสมผสาน จำนวน 5,000 แผ่น
 - 2.3 ใบปลิว เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าและโคนเน่าทุเรียนด้วยวิธีผสมผสาน จำนวน 6,000 ใบ
 - 2.4 ไรลัฟ เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าและโคนเน่าทุเรียนด้วยวิธีผสมผสาน จำนวน 3 แผ่น
 - 2.5 บทความในวารสารออนไลน์เพื่อนเกษตร สวพ.6 ปีที่ 1 ฉบับที่ 4 ตุลาคม-ธันวาคม 2564 คอลัมน์เกษตรรอบรู้ หน้า 5-8 เผยแพร่หน้าเว็บไซต์ สวพ.6

2.6 จัดทำการจัดการองค์ความรู้ (Knowledge management) เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนแบบผสมผสาน ประจำปีงบประมาณ 2565

2.7 บทความ การใช้เทคโนโลยีผสมผสานเพื่อป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าและฟื้นฟูสภาพต้นทุเรียนที่เป็นโรคในพื้นที่ภาคตะวันออก หน้า 1-9 ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 19 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 8-9 ธันวาคม 2565

2.8 ปี พ.ศ.2566 ขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนด้วยวิธีผสมผสาน ร่วมกับการใช้น้ำเห็ดเรืองแสงสิรินธรในการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน ภายใต้โครงการศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ปี 2566 และโครงการระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ จำนวน 10 ศพก. ได้แก่ ศพก.ตะปอน อ.ขลุง จ.จันทบุรี ศพก.เขาคิชฌกูฏ ศพก.นายายอาม ศพก.แหลมงอบ ศพก.เมืองตราด ศพก.เมืองระยอง ศพก.เขาชะเมา ศพก.บ้านค่าย ศพก.แกลง ศพก.วังจันทร์ และแปลงใหญ่ 2 แห่ง ได้แก่ แปลงใหญ่ทุเรียน หมู่ 2 ตำบลเกวียนหัก อำเภอลอง จ.จันทบุรี และแปลงใหญ่ทุเรียนบ้านห้างญวน ต.ห้วยยาง อ.แกลง จ.ระยอง รวมแปลงต้นแบบ 24 ราย 16 ไร่ เกษตรกรได้รับการฝึกอบรม 348 ราย

3. วิทยาการเผยแพร่เทคโนโลยี

3.1 การฝึกอบรมให้แก่เจ้าหน้าที่เกษตรของสำนักงานเกษตรจังหวัดตราดและสำนักงานเกษตรอำเภอ จำนวน 2 รุ่น เพื่อเข้าใจหลักการควบคุมโรคด้วยวิธีผสมผสาน และเชื่อมโยงความสำคัญของผลวิเคราะห์ดินที่มีผลต่อการส่งเสริมการเจริญและความต้านทานโรคของพืช เมื่อวันที่ 24 และ 25 สิงหาคม 2564 ณ ณ ที่ทำการแปลงใหญ่/ศพก. อ.เมือง จ.ตราด

3.2 ถ่ายทอดเทคนิคการประเมินโรครากเน่าโคนเน่าของต้นทุเรียนและเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนด้วยวิธีผสมผสาน เป็นการบูรณาการองค์ความรู้ร่วมกันระหว่างหน่วยงาน ภายใต้โครงการศึกษาทดสอบการใช้ผลิตภัณฑ์ พด.14 ไตรโคเดอร์มาผงละลายน้ำ ควบคุมและกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนและยางพาราในชุดดินที่แตกต่างกัน เมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม 2565 ณ ห้องประชุมสถานีพัฒนาที่ดินจันทบุรีและแปลงทุเรียนในพื้นที่ อ.นายายอาม จ.จันทบุรี

3.3 นำเสนอผลงานในนิทรรศการงานวิจัยแห่งชาติ 2565 ในการประชุมกลุ่มเฉพาะเรื่อง “นวัตกรรมงานวิจัย เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร และความมั่นคง” หัวข้อ การพัฒนาและขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนในพื้นที่ภาคตะวันออก เมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2565 ณ ห้องประชุม Lotus 3-4 ชั้น 22 รร.เซ็นทาราแกรนด์และบางกอก คอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ กทม.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหน่วยงานสนับสนุนทุนวิจัย กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.) เกษตรกรทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

กนกนาฏ เรืองวิเศษ. 2540. การเชื้อรา *Trichoderma harzianum* เพื่อควบคุมโรครากเน่าของทุเรียนที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. ในสภาพสวนของเกษตรกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 135 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 121 หน้า.

- จิระเดช แจ่มสว่าง. 2563. *ไตรโคเดอร์มา: เชื้อราปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืช*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 566 หน้า.
- จิระเดช แจ่มสว่าง กนกนาฏ เรื่องพิเศษ อำไพวรรณ ภราดรนิววัฒน์ ขวลิตร ฮงประยูร วันทนีย์ ชุมจิตต์ และสุขวัฒน์ จันทร์ปรณิก. 2540. ศักยภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการลดปริมาณเชื้อราไฟทอปธอรา และเพิ่มความสมบูรณ์ของต้นทุเรียนที่เป็นโรครากเน่า. น.265-276. ใน *รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 35*, 3-5 กุมภาพันธ์ 2540. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มาลัยพร เชื้อบัณฑิต และวิชาญ ประเสริฐ. 2563. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไม้ผลคุณภาพสู่เกษตรกรและการจัดการไม้ผลหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก (ทุเรียน : กิจกรรม การฟื้นฟูต้นทุเรียนที่ทรุดโทรมจากการทำลายของโรครากเน่าโคนเน่าแบบผสมผสาน). *เอกสารประกอบการประชุมประจำปี 2563 สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร*. 12 หน้า. (อัดสำเนา)
- ศิริพร วรกุลดำรงชัย มาลัยพร เชื้อบัณฑิต อติยา สารพัฒน์ วิชาญ ประเสริฐ อภิรดี กอรัปไพบูลย์ นลินี ศิวากรณ์ เพลินพิศ สงสังข์ และพจนา ตระกูลสุขรัตน์. 2558. *การเพิ่มประสิทธิภาพด้านการผลิตทุเรียนคุณภาพและการกระจายการผลิต*. ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี, กรมวิชาการเกษตร. 74 หน้า.
- สาส์ ชินสถิต และพลสวัสดิ์ อาจละกะ. 2542. การป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนเนื่องจากเชื้อราไฟทอปธอรา โดยวิธีผสมผสาน. *สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร*. 14 หน้า.
- สุธามาต อินต๊ะสอน จิระเดช แจ่มสว่าง อำไพวรรณ ภราดรนิววัฒน์ และธงชัย มาลา. 2537. ประสิทธิภาพของส่วนผสมผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา เมื่อใช้ร่วมกับสารเคมีควบคุมเชื้อราต่อโรครากเน่าของต้นกล้าส้มเขียวหวานที่เกิดจากเชื้อราไฟทอปธอรา พาราชิติกา. น.144-161. ใน *รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2562. *เอกสารวิชาการโรคทุเรียน*. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ. 82 หน้า.
- อุมาพร ศิริวัฒนกุล สุภาวดี เพชรขจร และวิษุวัต สงนวล. 2562. เชื้อ *Phytophthora palmivora* จากแหล่งปลูกทุเรียนที่สำคัญในประเทศไทยมีความต้านทานต่อสารกำจัดเชื้อราในอัตราสูง น. 264-267. ใน *รายงานการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 14*. โรงแรมดุสิตธานี หัวหิน เพชรบุรี.
- Abdullah, f., G.N.M. Ilias, M. Nelson, M.Z. Nur Ain Izzati and Y. Umi Kalsom. 2003. Disease assessment and the efficacy of *Trichoderma* as a biocontrol agent of basal stem rot of oil palm. pp 31-33. In *Research Bulletin Science Putra* 11.

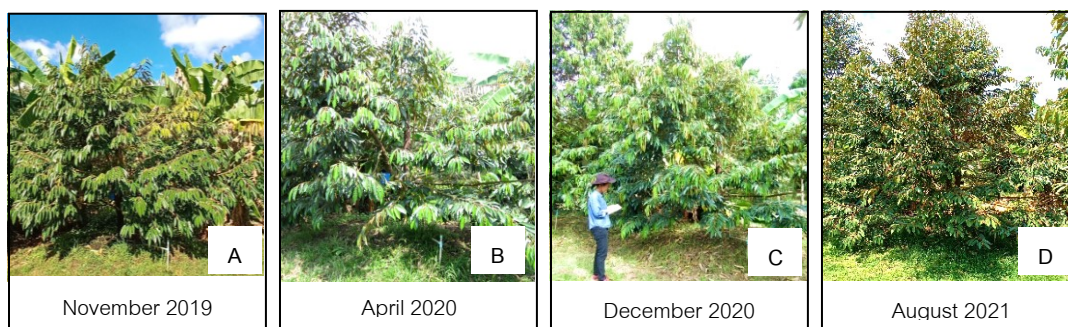


Figure 1 The recovery of *Phytophthora* infected durian plant before (A) and after (B-D) application of integrated technology in Chanthaburi province during 2019 and 2021.

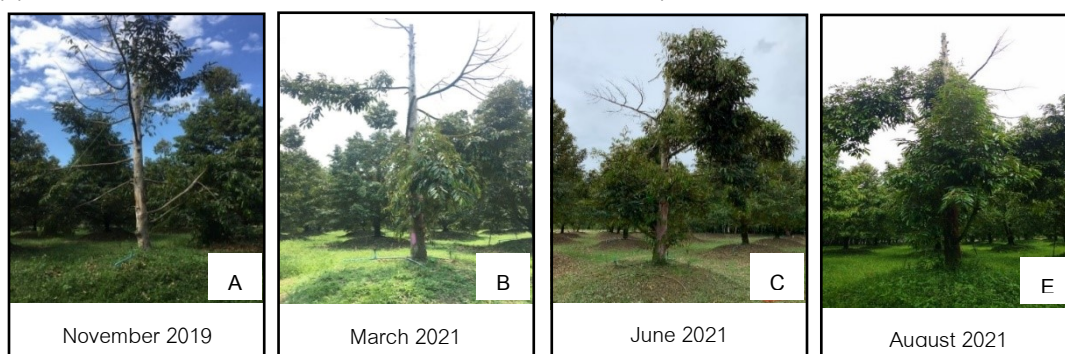


Figure 2 The recovery of *Phytophthora* infected durian plant before (A) and after (B-D) application of integrated technology in Rayong province during 2019 and 2021.

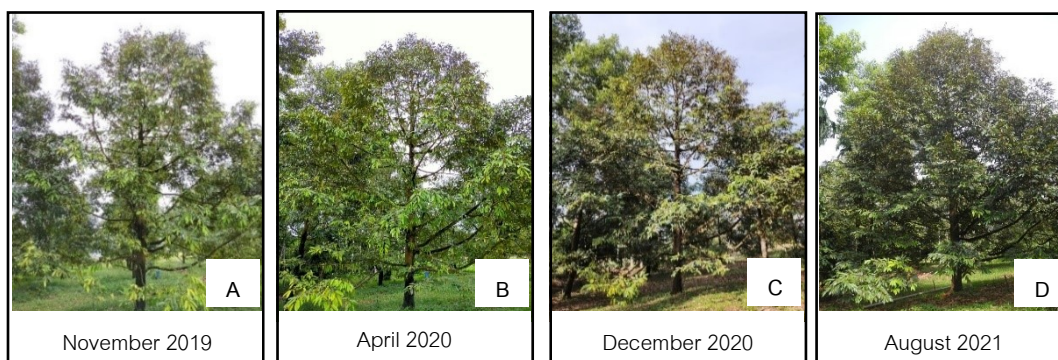


Figure 3 The recovery of *Phytophthora* infected durian plant before (A) and after (B-D) application of integrated technology in Trat province during 2019 and 2021.

วิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ

Research and Development of a Coffee Harvester

มานพ รักญาติ¹ สนอง อมฤกษ์¹ ปรีชา อนันต์รัตนกุล² พงษ์วี นามวงศ์¹ ปานหทัย นพชินวงศ์³

ฉัตรตัญญา ข่มอาวุธ⁴ นิติ ผูกจิต¹ ทศพร จันทรเดช¹ สมชาย ปินใจกุล¹

Manop Rakyat¹ Sanong Amarook¹ Preecha Ananratanakul² Pongrawee Namwong¹

Parnhathai Nopchinwong³ Chatnapa Khomarwut⁴ Niti Phookjit¹

Tossaporn Chandech¹ Somchai Pinjaikul¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟแบบพกพา ตัวเครื่องประกอบด้วย แกนหมุน 2 แกน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างแกนหมุนติดเส้นลวดสปริง 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่ง ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ส่งต่อกำลังด้วยเฟือง ตันกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็ก 12 โวลต์ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดตั้งพลาสติกตัดเรียงเป็นเส้นเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกจากที่รองรับ ผลทดสอบการใช้งานเครื่องต้นแบบในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาจากต้นที่สูงแก่พร้อมกัน ใช้ดาข่ายในลอนขนาด 1.20x1.50x0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว ผลการทดสอบเครื่องสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ย 85.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.47 เปอร์เซ็นต์ การเก็บด้วยแรงงานคนได้ผลผลิตเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.77 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.81 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาจากต้นที่มีความสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.33 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปนเฉลี่ย 2.66 เปอร์เซ็นต์ การใช้แรงงานคนเก็บได้ผลผลิตเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.66 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปนเฉลี่ย 1.68 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ปัจจุบันมีบริษัทเอกชน

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ 235 ม. 3 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50100

¹ Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center 235 Moo 3, Mae Hia, Muang, Chiang Mai, 50100

² กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม 12 ม. 13 ต. คลองหนึ่ง อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

² Postharvest Engineering Research Group, Agricultural Engineering Research Institute, 12, Moo 13, Klong Nung, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

³ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร 70 ม. 2 ต. วิสัยใต้ อ. สวี จ. ชุมพร 86130

³ Chumphon Horticultural Research Center 70 Moo 2 Wisai Tai, Sawi, Chumphon 86130

⁴ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ 205 ม. 5 ต. วังหงส์ อ. เมืองแพร่ จ. แพร่ 54000

⁴ Phrae Agricultural Research and Development Center 205 Moo 5 Wang Hong, Mueang, Phrae 54000

มาขอแบบพิมพ์เขียวไปผลิตจำหน่ายเชิงพาณิชย์ให้แก่เกษตรกรใช้งานแล้วมากกว่า 15 เครื่อง ในราคาเครื่องละ 4,900 บาท

คำสำคัญ: การเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ กาแฟโรบัสตา กาแฟอะราบิกา

ABSTRACT

The objective of this research is to investigate and develop a portable stripper for harvesting coffee cherries. It consisted of two 100 mm long shafts rotating in opposite direction. Two spring wires were attached parallel to each shaft for stripping cherry off at the linear speed 4.18 m/s. The stripper was driven by a 6-watt dc motor, power by a 12-volt battery. The plastic band curtain was installed by surround the stripper shaft to reduce fruit losses. During harvesting test, a nylon net receptacle sized 1.20x1.50x0.50 m was used for collecting harvested cherries coffee. For Robusta coffee, all cherries were stripped off owing to uniform ripening. Test results showed that average working capacity of the stripper was 85.18 kg/hr with 1.47% loss and faster than hand stripping 1.81 times. For arabica coffee, only mature cherries were stripped off, average working capacity was 30.54 kg/hr with 1.33% loss and mixed green cherry 2.66%. The stripper was faster than the hand stripping 2.04 times. At present, more than 15 machines have been produced and distributed to the farmers by the private sector at a price of 4,900 baht per unit.

Keywords: coffee harvesting, coffee harvesters, robusta coffee, arabica coffee

คำนำ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ทำรายได้ให้เกษตรกรแต่ละปีมากกว่า 5,500 ล้านบาท กาแฟที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์อะราบิกาปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง น่าน แม่ฮ่องสอน และตาก ส่วนพันธุ์โรบัสตาปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร ระนอง และนครศรีธรรมราช ปี พ.ศ. 2564 มีพื้นที่ปลูก 268,211 ไร่ ผลผลิต 21,773 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในปี พ.ศ. 2559 - 2563 ตลาดกาแฟมีการขยายตัวเป็นอย่างมากทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปในประเทศเพิ่มขึ้นจาก 85,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2559 เป็น 105,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2563 แต่ไทยสามารถผลิตเมล็ดกาแฟดิบได้เพียง 23,000 ตันต่อปี ทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงต้องพึ่งพาการนำเข้าเมล็ดกาแฟจากต่างประเทศ โดยแต่ละปีมีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 6,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) อย่างไรก็ตาม การเก็บเกี่ยวผลกาแฟเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ

ขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ ในประเทศที่มีพื้นที่แปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่ เช่น บราซิล มีการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เป็นเครื่องขนาดใหญ่โดยการตีผลกาแฟที่อยู่บนต้นให้ร่วง ทำความสะอาดแยกสิ่งเจือปนเบื้องต้นส่งเข้าถังพัก จากนั้นลำเลียงขึ้นรถบรรทุกที่วิ่งคู่ขนานเพื่อเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากแปลงปลูก (Efico, 2010) สำหรับประเทศไทยการใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟยังไม่มีความคุ้มค่า เนื่องจากสวนกาแฟของไทยมีพื้นที่ขนาดเล็ก ประกอบกับสวนกาแฟร้อยละ 70 ของกาแฟโรบัสตาเป็นสวนผสม ปลูกร่วมกับพืชอื่น ๆ สวนกาแฟอะราบิกาพื้นที่ส่วนมากปลูกตามดอยหรือพื้นที่ลาดเอียง ได้ร่มเงาต้นไม้บนพื้นที่สูงที่มีอากาศหนาวเย็น (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) มีข้อจำกัดไม่สามารถใช้รถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ ในต่างประเทศ เช่น ประเทศเวียดนามมีการผลิตและใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ โดยการรูดผลกาแฟที่สูงทำให้หลุดออกจากกิ่งผล ผลกาแฟจะร่วงหล่นบนพื้นซึ่งปูด้วยผ้าใบใต้ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยว โดยผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มีความสุกแก่และปะปนกัน (Vinh, 2013)

การเก็บเกี่ยวผลกาแฟในประเทศไทยใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งควรเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีความสุกแก่เหมาะสม โดยเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มีสีแดง หรือสีเหลือง หรือสีส้มแดง (ขึ้นอยู่กับพันธุ์) ไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งผล ไม่ควรเก็บผลอ่อนที่มีสีเขียว ผลร่วง หรือผลกาแฟที่สุกเกินไป ผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ไม่ควรมีผลกาแฟที่สุกแก่ไม่เหมาะสมเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) ทำให้ช่วงเก็บเกี่ยวประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน เนื่องจากแต่ละสวนมีความต้องการแรงงานมากพร้อม ๆ กัน การเก็บผลกาแฟด้วยแรงงานคนมีต้นทุนค่าเก็บประมาณ 5 - 8 บาทต่อกิโลกรัมผลสด (ขึ้นอยู่กับพื้นที่ปลูก) จากที่กล่าวมาด้วยข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่ ลักษณะการปลูก และยังไม่มีเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟขนาดเล็กมาช่วยเก็บเกี่ยว ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมจึงดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟขนาดเล็กแบบพกพาที่เหมาะสมกับสภาพการปลูกกาแฟดังกล่าวมาข้างต้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตกาแฟและแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาสภาพการปลูกกาแฟ วิธีการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตา และกาแฟอะราบิกา โดยวิธีการค้นคว้าสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ และสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ ได้แก่ จังหวัด ชุมพร ระนอง และ สุราษฎร์ธานี จำนวน 3 แห่ง และภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และลำปาง จำนวน 3 แห่ง
2. ศึกษาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของต่างประเทศ จำนวน 2 รูปแบบของประเทศเวียดนาม และประเทศจีน และนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของประเทศเวียดนามมาทดสอบใช้งานเบื้องต้น เก็บเกี่ยวกาแฟที่ต้นสูง 1.5 - 2 เมตรเปรียบเทียบกับแรงงานคน (ใช้มือเก็บ) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร
3. ออกแบบ และสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟให้เป็นแบบพกพาได้ โดยคำนึงถึงวิธีการเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
4. หาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดผลกาแฟ คำนวณหาความเร็วเชิงเส้น ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้สำหรับเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบ ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร

5. ทดสอบการใช้งานและปรับปรุงต้นแบบ ทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟเบื้องต้นที่ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ศูนย์วิจัยเกษตรกรรมเชียงใหม่ เก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบพัฒนาขึ้นในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาและกาแฟอะราบิกาเปรียบเทียบกับ การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร (กาแฟโรบัสตา) และแปลงปลูกกาแฟเกษตรกร (กาแฟอะราบิกา) ตำบลแจ้ซ้อนอำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม และติดตามผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟต่อ ต้นกาแฟในการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึง เดือนกันยายน 2562

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาสภาพการปลูกกาแฟ วิธีการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาและกาแฟอะราบิกา

กาแฟโรบัสตา ปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ที่ระดับความสูงไม่เกิน 700 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อุณหภูมิที่เหมาะสม 20 - 30 องศาเซลเซียส (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) การปลูกกาแฟโรบัสตาของเกษตรกรในประเทศไทยมีการปลูกแบบเชิงเดี่ยวและปลูกแซมร่วมกับพืชอื่น การปลูกแบบเชิงเดี่ยว 170 ต้นต่อไร่ การปลูกแบบแซม 100 ต้นต่อไร่ พันธุ์ที่ปลูกมาก ได้แก่ พันธุ์ชุมพร 1 ชุมพร 2 ชุมพร 84 - 4 และชุมพร 84 - 5 ผลผลิตสดต่อไร่ประมาณ 300 - 400 กิโลกรัม ระยะปลูกทั่วไป 2.5x3 3x3 2.5x3.5 3x3.5 3.5x3.5 และ 3x4 เมตร เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนตุลาคม - มกราคม

กาแฟอะราบิกา ปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศบนพื้นที่สูงจากระดับความสูงน้ำทะเลปานกลาง 700 เมตรขึ้นไป อุณหภูมิที่เหมาะสม 13 - 25 องศาเซลเซียส เป็นพืชที่ไม่ต้องการแสงแดดมากเกินไป (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) การปลูกส่วนใหญ่เกษตรกรจะปลูกได้ร่มเงาไม้ยืนต้น ระยะปลูกทั่วไป 1.5x1.5 1.5x2.0 และ 2.0x2.0 เมตร เริ่มให้ผลผลิตเมื่อต้นอายุตั้งแต่ 2-3 ปี ขึ้นไป ออกดอกในช่วงเดือนมีนาคม - พฤษภาคม เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน สายพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือ คือ พันธุ์เชียงใหม่ 80 มีลักษณะต้นเตี้ย ข้อสั้น ยอดสีเขียว ใบมีขนาดปานกลาง ผลสุกสีแดง ให้ผลผลิตสดต่อไร่ 150 - 300 กิโลกรัม ผลผลิตมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุต้นกาแฟ การตัดแต่งกิ่ง และการดูแลใส่ปุ๋ย

ลำต้นกาแฟมีลักษณะเป็นข้อและปล้องตั้งตรง กิ่งผลกาแฟเป็นกิ่งที่แตกออกมาจากลำต้นติดผลตามข้อโดยข้อที่ให้ผลแล้วจะไม่ให้ผลซ้ำ ต้นกาแฟที่มีสภาพสมบูรณ์ดีกิ่งนอนแต่ละกิ่งให้ผลปีละ 6 - 10 ข้อ โดยเริ่มจากโคนกิ่งไปจนถึงปลายกิ่ง ขนาดของกิ่งที่ออกผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร ไปจนถึง 10 มิลลิเมตร ใบกาแฟเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น โคนใบและปลายใบเรียว ผลมีลักษณะกลมรี ขนาดผลกว้างประมาณ 1 - 1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1.3 - 1.6 เซนติเมตร สีของผลสุกเป็นสีแดง สีเหลือง สีส้ม หรือแดงจนเกือบดำ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ส่วนสีของผลดิบมีสีเขียว (Figure 1) ลักษณะทรงพุ่มของต้นกาแฟมีขนาด 0.7 - 1.7 เมตร ความสูงต้นกาแฟเฉลี่ย 0.8 - 2.5 เมตร ขึ้นอยู่กับอายุของต้นกาแฟและการตัดแต่งกิ่ง



Figure 1 Robusta coffee (a) and arabica coffee (b)

การเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตา เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยใช้ภาชนะรองเก็บหรือที่รองรับ ทำจากตาข่ายไนลอน ขนาด 1.20x1.50x0.50 เมตร (กว้างxยาวxสูง) รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว กรณีต้นสูงจะใช้ตะขอกเกี่ยวโน้มกิ่งลงมา ส่วนการเก็บเกี่ยวกาแฟอาราบิก้า การเก็บเกี่ยวเกษตรกรมักใช้ ตะกร้าพลาสติก ขนาด 12x35x4 เซนติเมตร หรือบางพื้นที่มีการใช้ตะกร้าไม้สานขนาดใกล้เคียงกัน คล้องคอไว้รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว (Figure 2) การเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเกษตรกรทำได้ซ้ำต้อง ใช้แรงงานจำนวนมาก กรณีเก็บเกี่ยวไม่ทันเวลาผลกาแฟจะสุกเกินไปและร่วงหล่นจากต้น



Figure 2 Coffee harvesting by farmer, robusta (a) and arabica (b).

2. ศึกษาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของต่างประเทศ

ไม้เก็บผลกาแฟจากประเทศจีน ลักษณะตัวเครื่องใช้เครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะ ขนาด 2.3 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ทำงานที่ความเร็วรอบเพลลา 3,000 รอบต่อนาที ส่งต่อกำลังด้วยเพลลาจาก เครื่องยนต์มายังชุดเก็บเกี่ยวทำจากพลาสติกเป็นเส้นแบนยาวประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 12 เส้น ให้สั้นและเคลื่อนที่ไปมา ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 11 กิโลกรัม โดยบริษัท เบิ้ลท แอนด์ แบร์ริงส์ (2559) ได้นำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย การเก็บเกี่ยวผลกาแฟต้องปูผ้าใบขนาดใหญ่ใต้ต้นกาแฟ จากนั้นใช้ชุด เก็บเกี่ยวคร่อมกิ่งผลกาแฟที่ต้องการเก็บเกี่ยว รูดผลกาแฟจากโคนกิ่งมายังปลายกิ่ง ให้ผลกาแฟหล่นไป ยังผ้าใบที่ปูไว้ใต้ต้น จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ใช้งาน พบว่า ไม่มีความแตกต่างในด้านความเร็วในการ เก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนเก็บ ทั้งตัวเครื่องยังมีน้ำหนักมากและไม่มีความคล่องตัวในการทำงาน (Figure 3)



Figure 3 Chinese coffee harvester (a) and harvesting coffee by chinese harvester (b).

ประเทศเวียดนามได้มีการผลิตและใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ตัวเครื่องทำด้วยพลาสติกฉีดขึ้นรูป ประกอบด้วย ก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ต้นก้านเครื่องใช้มอเตอร์กระแสตรงแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ส่งต่อก้านด้วยเพลาพลาสติกขับเคลื่อนของก้านรูดผลกาแฟ แหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ (Figure 4) การใช้งานเครื่องให้ก้านหมุนทั้งสอง คร่อมกิ่งผลกาแฟที่จะเก็บเกี่ยว บีบก้านหมุน 2 ก้านเข้าหากันแล้วรูดเครื่องเข้าหาตัวผู้ใช้งาน ตรงขั้วก้านหมุนมีสปริงทำหน้าที่ให้ก้านหมุนคืนตัวในขณะบีบและปล่อย (Vinh, 2013) ผลกาแฟจะร่วงหล่นบนผ้าใบขนาดใหญ่ใต้ต้น เช่นเดียวกับเครื่องที่บริษัท เบิ้ลท แอนด์ แบร์ริงส์ จำกัด นำเข้าจากประเทศจีน

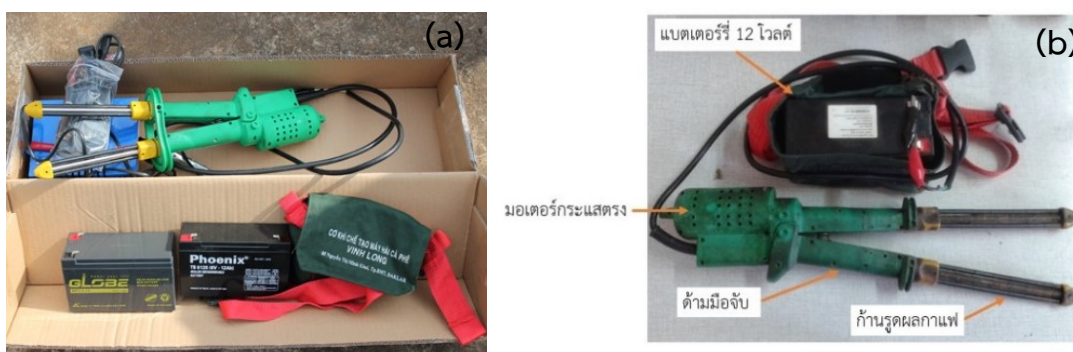


Figure 4 Vietnamese coffee harvester (a) and components (b).

จากนั้นได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของประเทศเวียดนามเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาเปรียบเทียบกับเครื่องมือเก็บ โดยเครื่องเก็บใช้ที่รองรับทำจากตาข่ายไนลอน กว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร สูง 0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะทำการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาของพื้นที่ภาคใต้ ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดของเวียดนาม มีความสามารถสูงกว่าคนเก็บ 1.29 เท่า มีผลกาแฟสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง จึงได้ออกแบบปรับปรุงเครื่องมือ โดยสร้างหน้ากากกันผลกาแฟกระเด็นครอบก้านรูดผลกาแฟของเวียดนาม โครงสร้างหน้ากากทำจากเหล็กบางม้วนพับขึ้นรูป ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหลังหน้ากากติดม่านพลาสติกครอบทั้ง 2 ก้าน ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 1.4 กิโลกรัม (Figure 5)

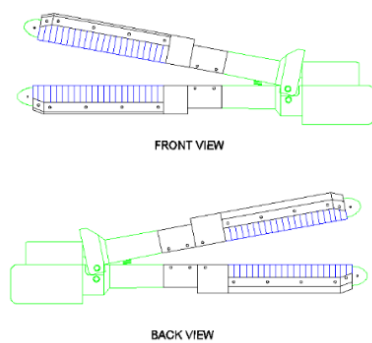


Figure 5 Improved Vietnamese coffee harvester.

ผลการทดสอบใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนามหลังปรับปรุงกับกาแฟโรบัสตา เก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนการปรับปรุงโดยจับเวลาเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ พบว่า เครื่องมือมีความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิต 46.68 ± 3.28 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 ± 0.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคนเก็บมีความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิต 36.48 ± 3.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่มีการสูญเสีย เครื่องมีความสามารถทำงานสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า มีผลกาแฟสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับขณะเก็บเกี่ยวลดลง ส่วนความสามารถเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกัน แต่ผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าหากทำงานติดต่อกัน เนื่องจากขณะเก็บเกี่ยวต้องบีบกำน รูดผลกาแฟตลอดเวลา

3. ออกแบบ และสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟให้เป็นแบบพกพา

ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร (Figure 6) มีส่วนประกอบหลักดังนี้ คือ

3.1 กำนหมุนรูดเก็บเกี่ยวผลกาแฟ มีจำนวน 2 กำน ยาว 10 เซนติเมตร ปลายแหลมเพื่อให้สามารถเข้าถึงกำนกาแฟได้สะดวก ด้านข้างหมุนติดลวดสปริง 2 เส้น ระยะห่างของเส้นลวด 2 เซนติเมตร สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่งผล และออกแบบเส้นลวดของกำนรูดผลกาแฟทั้ง 2 กำน ให้มีระยะห่าง 15 เซนติเมตร มากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งผลเพื่อป้องกันไม่ให้กิ่งผลกาแฟได้รับความเสียหายขณะเก็บเกี่ยว

3.2 ต้นกำลังเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง กำลังไฟฟ้า 6 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์

3.3 แหล่งให้กำลังไฟฟ้า เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้งขนาดเล็ก แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ความจุแบตเตอรี่ 9 แอมแปร์ชั่วโมง เนื่องจากต้องการให้เครื่องมีน้ำหนักเบาและเป็นแบบพกพาได้

3.4 ระบบส่งต่อกำลัง เลือกการส่งต่อกำลังด้วยเฟืองพลาสติกวิศวกรรม ประเภทเทอร์โมพลาสติก polyformaldehyde (POM) ซึ่งมีค่า tensile strength สูง มีความแข็งแรงทนต่อการเสียดสี ยืดหยุ่นได้ดีทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำ อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบา การออกแบบมอเตอร์ต้นกำลังเบื้องต้นเลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง รอบหมุน 12,000 รอบต่อนาที เลือกใช้เฟืองขับมีจำนวน 10 ฟัน กำหนดให้ความเร็วรอบกำนรูดผลกาแฟของเครื่องต้นแบบทำงานที่ความเร็วรอบสูงสุด 5,000 รอบต่อนาที คำนวณหาจำนวนฟันเฟืองตาม จากสมการ (1)

$$\frac{n1}{n2} = \frac{N2}{N1} \quad (1)$$

เมื่อ $n1$ คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)

$n2$ คือ ความเร็วรอบของก้านรูดผลกาแฟ (รอบต่อนาที)

$N1$ คือ จำนวนฟันเฟืองขับ (ฟัน)

$N2$ คือ จำนวนฟันเฟืองตาม (ฟัน)

ได้จำนวนฟันเฟืองตาม 24 ฟัน ก้านรูดผลกาแฟของเครื่องต้นแบบทำงานที่ความเร็วรอบสูงสุด ได้ 5,000 รอบต่อนาที

3.5 ด้ามมือจับเครื่องต้นแบบ เลือกใช้เป็นพลาสติก PVC ขนาด 3/4 นิ้ว เป็นขนาดที่จับได้พอดีมือ ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไป อีกทั้งยังสามารถหาซื้อตามท้องตลาดได้ง่ายเมื่อชำรุดเสียหาย

3.6 รอบตัวเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ติดตั้งแผ่นป้องกันผลกาแฟกระเด็น ออกนอกที่รองรับ โดยใช้รี้วพลาสติกตัดเรียงเป็นเส้นระยะห่าง 1 เซนติเมตร เพื่อให้มีความอ่อนตัว สามารถเข้าถึงก้านผลของต้นกาแฟที่จะเก็บเกี่ยวได้สะดวก

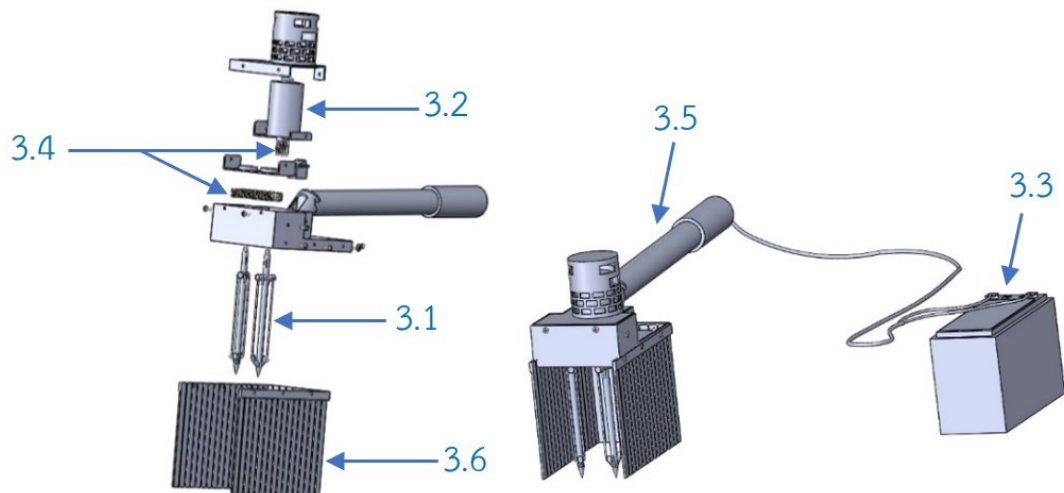


Figure 6 Assembly drawing of the coffee harvester prototype.

จากนั้นดำเนินการสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ โดยตัวเครื่องทำจากเหล็กแผ่นบาง พับม้วนขึ้นรูป เครื่องต้นแบบที่สร้างแล้วเสร็จมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีสวิตช์เปิด - ปิดเครื่อง ติดตั้งอยู่นอกตัวเครื่อง มีถุงผ้าใส่แบตเตอรี่พร้อมสายสะพายและสายรัดเอว (Figure 7)



Figure 7 The first coffee harvester prototype.

4. หาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดผลกาแฟ

การทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบ กับกาแฟโรบัสตา เนื่องจากข้อผลจะเหนียวกว่ากาแฟอะราบิกา การทดสอบใช้วิธีรูดกิ่งผลกาแฟที่สุกแก่ทั้งกิ่ง นับผลกาแฟก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเลือกความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำสุดที่เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมดไม่ค้างกิ่งผล เนื่องจากถ้าความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟยิ่งสูงมากจะทำให้ผลกาแฟกระเด็นออกนอกที่รองรับมากตามไปด้วย การปรับความเร็วรอบก้านรูดผลกาแฟให้วงจรปรับความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงเพื่อควบคุมความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ขับ คำนวณหาความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟ จากสูตร (2)

$$\text{ความเร็วเชิงเส้น (m/s)} = \frac{\text{ระยะทางเส้นลวดก้านรูดเคลื่อนที่ 1 รอบ (เมตร)} \times \text{ความเร็วรอบก้านรูด (รอบต่อนาที)}}{60} \quad (2)$$

การทดสอบกำหนดให้ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วรอบ 2,500 3,000 3,500 4,000 และ 4,500 รอบต่อนาที ระยะทางที่เส้นลวดของก้านรูดผลกาแฟเคลื่อนที่ 1 รอบ มีค่า 0.0628 เมตร ได้ความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟ 2.62 3.14 3.67 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมของก้านรูดผลกาแฟ พบว่า ความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟสำหรับใช้เก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที สามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลค้างกิ่ง (Table 1) ดังนั้นจึงเลือกความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟที่ 4.18 เมตรต่อวินาที มาใช้งานเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเครื่องต้นแบบ และจากการคำนวณหาจำนวนฟันเฟืองตามของเครื่องต้นแบบให้ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที (ความเร็วเชิงมุม 4,000 รอบต่อนาที) เลือกใช้มอเตอร์ 12 โวลต์ 6 วัตต์ รอบหมุน 12,000 รอบต่อนาที จำนวนเฟืองขับ 10 ฟัน แทนค่าในสมการที่ 1 ได้จำนวนฟันเฟืองตาม 30 ฟัน ก้านรูดผลกาแฟของเครื่องต้นแบบจะทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที โดยเครื่องที่ออกแบบพัฒนาขึ้นแตกต่างจากเครื่องของประเทศเวียดนามก่อนและหลังปรับปรุง ทั้งรูปแบบของตัวเครื่อง ลักษณะก้านรูดผลกาแฟ และความเร็วรอบหมุนก้านรูดที่ใช้เก็บเกี่ยวผลกาแฟ ส่วนแหล่งให้กำลังไฟฟ้าใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้ง แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ซึ่งสะดวกสำหรับพกพา

Table 1 Results of the linear velocity test on harvesting coffee

Velocity (m/s)	Harvest cherry (%)	
	$\bar{X}$	SD
2.62	97.34	±1.04
3.14	98.54	±0.63
3.67	99.46	±0.49
4.18	100.00	±0.00
4.71	100.00	±0.00

5. ทดสอบการใช้งานและปรับปรุงต้นแบบ

จากการทดสอบใช้งานเบื้องต้นในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟในแปลง พบว่า เครื่องสามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้แต่ไม่สะดวกเรื่องสวิทช์เปิด - ปิดเครื่องที่อยู่นอกตัวเครื่อง เนื่องจากขณะทำงานเก็บเกี่ยวผลกาแฟต้องเปิด - ปิดสวิทช์เครื่องบ่อยครั้ง จึงได้ย้ายตำแหน่งสวิทช์จากอยู่นอกตัวเครื่องมาอยู่ที่ตำแหน่งด้ามจับของเครื่องเพื่อให้สะดวกในการใช้งานมากขึ้น ในส่วนของแบตเตอรี่ของเครื่องในงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้งขนาดเล็กความจุ 9 แอมป์แปร์ชั่วโมง พบว่า สามารถใช้งานเครื่องได้ 2 วัน (ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง) หรือประมาณ 16 ชั่วโมง ต่อการชาร์ต 1 ครั้ง เครื่องทำงานได้สะดวกมีความคล่องตัว เครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงมีแกนหมุน 2 แกน หมุนสวนทางกัน ด้านข้างแกนหมุนติดลวดสปริง 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่ง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่ขนาดเล็กให้กำลังไฟฟ้า ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 3.14 เมตรต่อวินาที รอบตัวเครื่องติดรี้วพลาสติกตัดเรียงเป็นเส้น และตำแหน่งสวิทช์เปิด - ปิดเครื่องอยู่ตรงด้ามมือจับ (Figure 8)

**Figure 8** The visualized of portable coffee harvester

เมื่อนำเครื่องไปทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร ในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้และกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือ เก็บข้อมูลความสามารถในการทำงาน การสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ การปนของผลกาแฟสีเขียว และติดตามผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป การเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาได้นำต้นแบบเครื่องมือเกี่ยวผลกาแฟไปทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6 - 2.2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2 - 1.5 เมตร การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตะกร้าตาข่ายในลอนขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว (Figure 9)



Figure 9 Machine harvesting (a) and hand harvesting (b) for robusta coffee.

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากแปลงกาแฟที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่พร้อมกันทำการทดลอง 10 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร โดยการเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลกาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เครื่องมีความสามารถในการเก็บผลผลิตเฉลี่ย 85.18 ± 6.83 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.47 ± 0.84 เปอร์เซ็นต์ แรงงานคนมีความสามารถเก็บผลผลิต 46.91 ± 6.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.77 ± 0.22 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตา เครื่องมีความสามารถทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.81 เท่า

Table 2 Comparison between the portable coffee harvester and hand-picked to harvested robusta coffee at Chumphon Horticultural Research Center.

Test	Methods	$\bar{X}$	SD	t-test	P-value
Capacity (kg/hr)	Machine	85.18	6.83	12.803*	0.000
	Hand-picked	46.91	6.54		
Loss (%)	Machine	1.47	0.84	2.559*	0.028
	Hand-picked	0.77	0.22		

* Significance level of 0.05.

สำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอาราบิกา ใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ในแปลงของเกษตรกร ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ความสูงต้นกาแฟ 1.6 - 2.0 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.0 - 1.5 เมตร เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตะกร้าตาข่ายไนลอนขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 0.50 เมตร รongรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้ ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยผลกาแฟอาราบิกาจากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องและการเก็บด้วยแรงงานคนให้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันทั้งด้านความสามารถในการเก็บเกี่ยว และผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวกาแฟโรบัสตา เครื่องมีความสามารถเก็บผลผลิตเฉลี่ย 30.54 ± 4.12 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 1.33 ± 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปนเฉลี่ย 2.66 ± 0.69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแรงงานคนเก็บได้ผลิตเฉลี่ย 15.00 ± 1.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กระเด็นออกนอกที่รองรับเฉลี่ย 0.66 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ มีกาแฟผลสีเขียวปนเฉลี่ย 1.68 ± 0.67 เปอร์เซ็นต์ และผู้ใช้งานเครื่องไม่เมื่อยล้าเนื่องจากไม่ต้องปีนกิ่งารุดขณะเก็บเกี่ยวผลกาแฟ (Table 3) เก็บเกี่ยวได้สูงกว่าการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน แต่ไม่แตกต่างกันในด้านผลสีเขียวปน เครื่องมีความสามารถมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ใกล้เคียงกับเครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟแบบพกพาของประเทศบราซิล (Fabrício *et al.*, 2015) ที่มีความสามารถมากกว่าคนเก็บ 2.06 เท่า

จากผลผลิตกาแฟอาราบิกาที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องและเก็บด้วยแรงงานมีค่าต่ำกว่ากาแฟโรบัสตาเนื่องจากกาแฟอาราบิกาผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นต่ำกว่ากาแฟโรบัสตา และแปลงกาแฟอาราบิกาที่ทดสอบเก็บข้อมูลผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกันจึงใช้วิธีการเลือกเก็บจึงมีผลสีเขียวปนแต่ไม่เกินค่ามาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรที่แนะนำ คือ ไม่ควรเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาและกาแฟอาราบิกาเครื่องมีความสามารถในการเก็บเกี่ยวสูงกว่าคนเก็บ 1.81 – 2.04 เท่า ซึ่งความสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตจะขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานถ้าผู้ปฏิบัติงานมีความชำนาญในการใช้เครื่องจะสามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟได้รวดเร็ว (Felipe *et al.*, 2018)

Table 3 Comparison between the portable coffee harvester and hand-picked to harvested arabica coffee in coffee plantations in Mueang Pan district, Lampang province.

Test	Methods	$\bar{X}$	SD	t-test	P-value
Capacity (kg/hr)	Machine	30.54	4.12	8.116*	0.001
	Hand-picked	15.00	1.18		
Loss (%)	Machine	1.33	0.15	5.820*	0.000
	Hand-picked	0.66	0.21		
Green cherry mixed (%)	Machine	2.66	0.69	2.273*	0.053
	Hand-picked	1.68	0.67		

* Significance level of 0.05.

การติดตามผลกระทบของต้นกาแฟจากการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ พบว่า หลังการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องกิ่งผลไม่ได้รับความเสียหายและยังมีขั้วผลติดอยู่ที่กิ่งผล ส่วนใบที่ติดกิ่งผลสุกจะร่วงหล่นปนกับผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ (Figure 10) การให้ผลผลิตกาแฟในฤดูกาลถัดไปของต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง พบว่า ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องแตกใบและออกผลเป็นปกติ (Figure 11)



Figure 10 Coffee cherries harvested by the machine, robusta (a) arabica (b).



Figure 11 The coffee plant harvested by portable coffee harvester.

วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟมีราคา 4,900 บาท ราคาซาก 1 เปอร์เซ็นต์ของค่าเครื่อง ดอกเบี้ยเงินกู้ 10 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี ค่าซ่อมบำรุง 1 เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่อง 4,900 บาท/100 ชั่วโมงทำงาน เครื่องมีอายุใช้งาน 5 ปี ใช้เครื่องทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ความสามารถเก็บผลผลิต 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่ารับจ้างเก็บ 5 บาทต่อกิโลกรัม คำนวณค่าเสื่อมราคาใช้วิธีแบบเส้นตรง มีต้นทุนคงที่ 1,217.65 บาทต่อปี ต้นทุนผันแปรต่อกิโลกรัมผลกาแฟที่เก็บได้ 1.24 บาทต่อกิโลกรัม สามารถคำนวณหาต้นทุนการใช้งานต่อปีของเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟต่อหนึ่งกิโลกรัมผลกาแฟที่เก็บได้ พบว่า มีจุดคุ้มทุนที่ 323.84 กิโลกรัม/ปี ดังนั้น เกษตรกรที่จะซื้อเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งานหรือนำไปรับจ้าง ควรนำไปใช้งานเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 323.84 กิโลกรัม/ปี เป็นระยะเวลา 5 ปี จึงจะคุ้มทุนการใช้งานหรือรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟ และระยะเวลาคืนทุน (payback period) ในการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ พบว่า ระยะเวลาคืนทุนขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ ถ้าเกษตรกรซื้อเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งาน

หรือนำไปรับจ้างต้องการคืนทุนภายใน 1 ปี ควรเก็บผลผลิตกาแฟให้ได้ปริมาณ 1,500 กิโลกรัม (Figure 12)

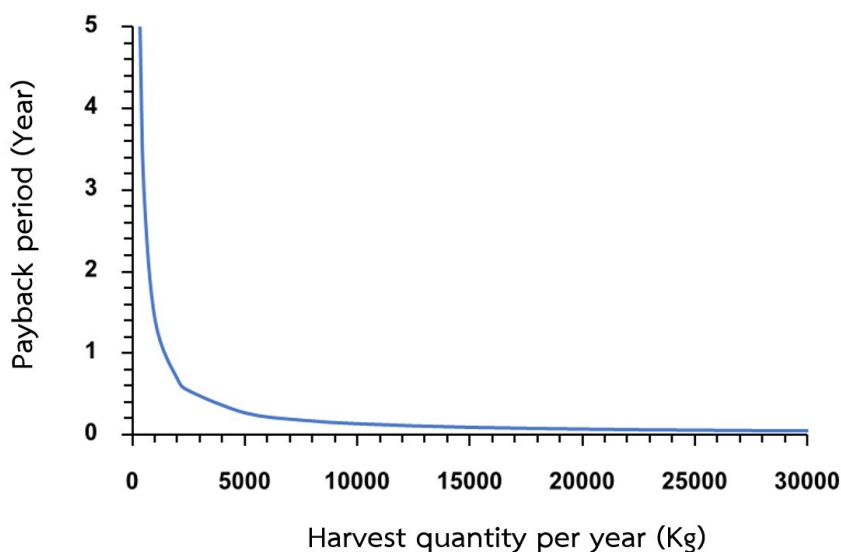


Figure 12 Payback period of portable coffee harvester.

สรุปผลการทดลอง

ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ผลิตจากเหล็กแผ่นบางพับขึ้นรูป เครื่องมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร เป็นแบบพกพาได้ ตัวเครื่องประกอบด้วยแกนหมุน 2 แกน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างแกนหมุนติดเส้นลวดสปริง 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากกิ่ง ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟืองพลาสติก ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดตั้งพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกนอกที่รองรับ ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ใช้ดาข่ายในลอนขนาด กว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 0.50 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ภาคใต้ ในการทดสอบเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสตาเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.81 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกา เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า เครื่องมีราคา 4,900 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี ผลวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีจุดคุ้มทุน 323.84 กิโลกรัม/ปี

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ปัจจุบันได้มีบริษัทเอกชนนำต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นไปผลิตขายในเชิงพาณิชย์ ตัวเครื่องที่ผลิตขายทำจากพลาสติกฉีดขึ้นรูปมีน้ำหนักเบา จำหน่ายให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในประเทศใช้งานแล้วมากกว่า 15 เครื่อง ในราคาเครื่องละ 4,900 บาท การนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งาน ควรใช้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ผลกาแฟสุกแก่เต็มที่

หรือสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของต้น และควรตัดแต่งลำต้นกาแฟไม่ให้สูงเกิน 1.60 เมตร ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งจะทำให้เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้รวดเร็ว ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และลดต้นทุนการผลิตกาแฟในประเทศได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ในการสร้างและร่วมทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร และเกษตรกร ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทดสอบเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

- เบิ้ลท แอนด์ แบร์ริงส์. 2559. ไม้เก็บผลกาแฟ. แหล่งข้อมูล: <https://www.beltandbearings.co.th>. สืบค้น: 25 พฤศจิกายน 2560.
- สถาบันวิจัยพืชสวน 2553. *การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร*. ห้างหุ้นส่วนจำกัดรักษ์พิมพ์ กรุงเทพฯ. 84 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ. แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดกาแฟ/TH-TH>. สืบค้น: 20 มีนาคม 2564.
- Efico, S. 2010. Picking Methods Machines. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=RjTNcA1ImD4&t=29s>. Accessed: September 9, 2015.
- Fabrício, M.S. César, A.K. André, G.M. Suzana de, S.M. and Luiz, F.F. 2015. Yield of portable harvester in the harvesting of coffee arabica cultivars. *In* : 9th Brazilian Coffee Research Symposium. Jun. 24-26, 2015. Curitiba.
- Felipe, S., P.S. Rouverson, F.E.S. Caio, A.R.G. Victor, D.S. Carlos, and S. Roberto 2018. Comparative performance of commonly used portable coffee harvesters. *African Journal of Agricultural Research*. 14(3): 168-172.
- Vinh Ha Thanh. 2013. Coffee Picker Latest Innovations. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=qgC0kZ8qpx0&t=15s>. Accessed: September 9, 2015.

วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อน

Research and Development of Robusta Coffee Dryer by Using Hot Air

สรารวุฒิ ปานทน¹ วุฒิพล จันทร์สระคู¹ ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต¹ กันติพงษ์ มีปาน¹ เวียง อากรสี²

สุภาพร ชุมพงษ์³ พงษ์วี นามวงศ์⁴

Sarawuth Parnthon¹ Wuttiphol Chansrakoo¹ Thanawat Tipchit¹ Kantipong Meeparn¹

Weang Arekornchee² Supapon Chumpong³ Pongrawee Namwong⁴

บทคัดย่อ

ผลผลิตกาแฟโรบัสตาในภาคใต้ มีช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตตรงกับช่วงฤดูฝน ส่งผลให้ขั้นตอนในการทำแห้งกาแฟโดยการตากแดดหรือใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่สามารถตากแห้งกาแฟได้ในช่วงที่มีฝนตก เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาเพื่อลดเวลาในการทำแห้งกาแฟ และช่วยลดความเสียหายของกาแฟจากการที่ไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ในช่วงที่ฝนตก หรืออากาศมีความชื้นสูง โดยได้สร้างต้นแบบเครื่องอบลดความชื้นประกอบด้วยถังอบทรงกระบอกวางแนวนอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร บรรจุผลกาแฟเชอร์รี่ได้ประมาณ 450 กิโลกรัม/ครั้ง ให้ความร้อนด้วยแก๊สหุงต้ม ตู้คอนโทรลสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบ และตั้งค่าอุณหภูมิการอบได้ตามที่ต้องการ และควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อช่วยในการคลุกเคล้าและกลับผลกาแฟให้ได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอ จากการทดสอบอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาผลเชอร์รี่ พบว่า เมื่อความชื้นลดลงจะมีการยุบตัวของผลกาแฟ ทำให้กาแฟยุบจนมีระดับต่ำกว่าท่อลมออกที่วางตัวในแนวแกนกลางถังอบ ต้องนำกาแฟชุดแรกออกมาพักตัว แล้วทำการอบผลกาแฟชุดที่ 2 ต่อไป ในการอบตั้งอุณหภูมิลมร้อนเข้า 60 องศาเซลเซียส สามารถอบลดความชื้นผลกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.7%มาตรฐานเปียก ให้เหลือประมาณ 36.6%มาตรฐานเปียก ได้ในเวลา 12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการอบลดความชื้น 0.54 กิโลกรัม/ชั่วโมง

คำสำคัญ: การอบแห้ง, กาแฟ, โรบัสตา

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี, 84170

¹Suratthani Agricultural Engineering Research Center, Khan Thuli, Tha Chana, Surat Thani, 84170

²ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น, 40000

²Khonkaen Agricultural Engineering Research Center, Ban Thum, Mueang, Khonkaen, 40000

³ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ต.วิสัยใต้ อ.สวี จ.ชุมพร, 86130

³Chumphon Horticulture Research Center, Wisai Tai, Sawi, Chumphon, 86130

⁴ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่, 50100

⁴Chiangmai Agricultural Engineering Research Center, Mae Hia, Mueang, Chiangmai, 50100

ABSTRACT

Robusta coffee harvest coincides with the rainy season in the South of Thailand. Therefore, it is not possible to dry coffee in the sun or use a solar greenhouse plant during rainy days. This project aims to research and develop Robusta coffee dehumidifiers to reduce the drying time and reduce the damage of coffee with high moisture during the rain or high humidity. Heat the drying tank with Liquid Petroleum Gas. The prototype of coffee dryer it consist of horizontal cylinder diameter 100 cm. length 120 cm., can hold the cherry coffee bean about 450 kg/time. The controller that can control the temperature and the rotation of the drying tank. The study found that when the moisture content was reduced, the cherry coffee bean would collapse. Causing the cherry coffee bean to collapse until they are lower than the exhaust pipe that is placed in the middle of the drying tank. Take out the first coffee beans and then continue drying the batch. Set the inlet hot air temperature to 60 degrees Celsius. The dryer can reduce the moisture content from 57.7%wet basis to 36.6%wet basis in 12 hours and used liquefied petroleum gas to reduce the moisture content of 0.54 kg./ hr.

Keywords : dryer, coffee, robusta

คำนำ

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 ชนิด คือ กาแฟอะราบิกา ปลูกทางภาคเหนือ และกาแฟโรบัสตาปลูกทางภาคใต้ ปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟผงสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสดเติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ปัจจุบันกาแฟโรบัสตาเริ่มเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2565 ภาคใต้มีพื้นที่เพาะปลูกกาแฟ 96,743 ไร่ มีผลผลิตกาแฟออกสู่ตลาด 7,932 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพการผลิตสารกาแฟ ขั้นตอนการลดความชื้นในการผลิตเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของสารกาแฟ จากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของภาคใต้ ที่มีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี ส่งผลให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง โดยผลผลิตกาแฟโรบัสตาทางภาคใต้จะเก็บเกี่ยวช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม ซึ่งตรงกับช่วงฤดูฝน ยิ่งสร้างปัญหาในการตากแห้งกาแฟเป็นอย่างมาก หากเกิดกระบวนการหมักในระหว่างการตากอาจมีเชื้อราที่เป็นพิษเกิดขึ้น เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสารกาแฟ รสชาติและกลิ่นไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลโดยตรงต่อราคาในการจำหน่าย ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีเทคนิคหรือวิธีการเข้ามาและเครื่องอบลดความชื้นน่าจะเป็นทางเลือกเพื่อทดแทนการตากแดดและโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงที่มีฝนตก

จากการสำรวจข้อมูล และสอบถามความต้องการจากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ จังหวัดชุมพร และระนองของคณะผู้วิจัย พบว่า การทำแห้งกาแฟของพื้นที่ ประสบปัญหาผลผลิตกาแฟสุกพร้อมเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนตุลาคม - ธันวาคม ซึ่งตรงกับช่วงฤดูฝนของทางภาคใต้ ทำให้การทำแห้งที่เกษตรกรส่วนใหญ่ นำกาแฟผลเชอรี่ไปตากแดด ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดที่สุดทำได้ลำบาก เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลานานประมาณ 3 สัปดาห์ จึงมีการทำโรงตากแห้งอย่างง่ายในเกษตรกรรายย่อย และมีการนำโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งหมด ในส่วนของกลุ่มเกษตรกรมีการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมธุรกิจพลังงานทดแทนมาใช้ในการตากแห้งกาแฟ แต่ในช่วงที่ผลผลิตกาแฟออกพร้อมกันเป็นจำนวนมาก จะไม่สามารถตากแห้งกาแฟได้ทัน การตากแห้งด้วยโรงตากต้องใช้เวลา 14-18 วัน หรือหากมีฝนตก โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟ รวมถึงราคาที่เกษตรกรจะได้รับ ในกรณีที่มีผลผลิตออกมาพร้อมกันในปริมาณมาก จึงนำแนวคิดของเครื่องอบแห้งโรตารีมาเป็นต้นแบบ เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาและการทดสอบเครื่องอบที่มีอยู่เดิมเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ จากเครื่องอบโรตารีเดิมของ เวียง และคณะ (2542) มาปรับปรุงระบบควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง ทำการศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการอบกาแฟ ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการอบ เปรียบเทียบกับการตากแดด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องอบ ในการอบลดความชื้นอุณหภูมิสูงสุดของผลกาแฟเชอรี่ไม่ควรเกิน 45 องศาเซลเซียส (Wintgens, 2004) ในการอบลดความชื้นผลกาแฟช่วงแรกจะใช้อุณหภูมิลมร้อนไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิ ความชื้นผลกาแฟที่อบทุกๆ 4 ชั่วโมง เมื่อความชื้นกาแฟลดต่ำลงอยู่ในช่วง 20-30 %มาตรฐานเปียก จะปรับมาใช้อุณหภูมิในการอบ 45 องศาเซลเซียส

2. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยออกแบบอุปกรณ์หลัก คือ

2.1 ชุดถังอบและระบบขับเคลื่อน

2.1.1 ถังอบแห้งแบบโรตารีเป็นถังทรงกระบอกแนวนอน ออกแบบให้สามารถจุผลกาแฟเชอรี่ได้ประมาณ 450 กิโลกรัม/ครั้ง

2.1.2 ออกแบบระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุมการหมุนของถังอบ โดยสามารถปรับจำนวนรอบการหมุนได้ ด้วยการตั้งเวลาในการหมุน และเวลาในการหยุดหมุน เพื่อช่วยการคลุกเคล้าและกลับผลกาแฟภายในถังอบ

2.2 ชุดพัดลมและระบบท่อลม

2.2.1 ออกแบบขนาดพัดลมให้ปริมาณลมและแรงดันที่เพียงพอกับขนาดเครื่องอบ โดยใช้พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (centrifugal blower)

2.2.2 ออกแบบท่อลมร้อน ให้มีท่อลมร้อนเข้า จำนวน 4 ท่อ กระจายในแนวนอนมีรอบ แนวเส้นผ่านศูนย์กลางของถังที่เป็นแนวท่อลมออก เพื่อการกระจายลมร้อนให้สม่ำเสมอทั่วถึงอบ และมี ระบบท่อหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้บางส่วน เมื่อความชื้นกาแฟลดต่ำลง เพื่อลดการใช้พลังงานในการ ให้ความร้อน

2.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิและการให้ความร้อน

2.3.1 ชุดควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิต่อกับหัววัดอุณหภูมิ ลมร้อน ทำการสั่งเปิด - ปิด วาล์วแก๊ส เพื่อควบคุมอุณหภูมิการอบให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

2.3.2 ออกแบบระบบให้ความร้อนจากหัวพันไฟ ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง จุดไฟด้วยการสปาร์คด้วยไฟฟ้า มีระบบป้องกันตัดการจ่ายแก๊สกรณีจุดไฟไม่ติดหรือไฟดับ

3. การทดสอบเครื่องต้นแบบอบแห้งกับกาแฟโรบัสตา กาแฟโรบัสตานิยมทำกาแฟแบบวิธีแห้ง จึงทดสอบการลดความชื้นผลกาแฟเชอร์รี่ด้วยวิธีแห้ง ทำการบรรจุผลกาแฟลงถังอบแต่ละครั้งจะบรรจุจน ท่วมท่อลมออกที่วางตัวอยู่ในแนวกึ่งกลางถังอบเป็นอย่างน้อย และไม่บรรจุจนเต็มถังอบ บันทึกข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ความชื้นที่ลดลง ระยะเวลาในการอบแห้ง พลังงานความร้อนและ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น พร้อมแก้ไขปรับปรุงเครื่องต้นแบบ โดยวิธีการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เตรียมผลกาแฟเชอร์รี่ ประมาณ 450 กิโลกรัม บรรจุเข้าถังอบลดความชื้น

3.2 จุดหัวเผา เปิดพัดลม เดินเครื่อง หมุนถังอบ ในการอบลดความชื้นช่วงแรก ตั้งค่า อุณหภูมิลมร้อนเข้าไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มต้นที่ความชื้นผลกาแฟสูง ทำการสูบลมกาแฟมา ซึ่งน้ำหนักหาค่าความชื้นที่ลดลงและวัดอุณหภูมิเมล็ดที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 4 ชั่วโมงของการอบแห้ง เมื่อ ความชื้นกาแฟลดลง และอุณหภูมิเมล็ดเริ่มสูงขึ้น ปรับอุณหภูมิลมร้อนลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส ซึ่ง กระบวนการต่างๆ นี้ต้องทดลองและปรับค่าตามความเหมาะสมในขณะที่ทำการทดลอง

3.3 ในการทดสอบจะทำการอบลดความชื้นในช่วงเวลากลางวัน 12 ชั่วโมง และพักการอบ ในเวลากลางคืน 12 ชั่วโมง สลับกันไป เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในช่วงกลางคืนที่มีความชื้นสูง และให้ กาแฟได้คายความชื้นจากภายในผลออกมาภายนอก ทำการอบจนถึงความชื้นในการเก็บรักษา ประมาณ 12% มาตรฐานเปียก

4. ทดสอบการทำงานร่วมกับเกษตรกร นำเครื่องอบลดความชื้นกาแฟทดสอบร่วมกับ ผู้ประกอบการผลิตสารกาแฟ ณ โรงคั่วกาแฟวังทองคอฟฟี่ ต.ปากทรง อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพร โดยในการอบ ลดความชื้นจะอบในช่วงเวลากลางวัน 12 ชั่วโมง และปล่อยให้เมล็ดกาแฟค่อยๆ ลดอุณหภูมิในเวลา กลางคืน 12 ชั่วโมง วัดความชื้นผลกาแฟด้วยเครื่องวัดความชื้น Kett grain moisture tester รุ่น PM-450 ซึ่งจะวัดความชื้นได้เมื่อความชื้นของผลกาแฟต่ำกว่า 30%มาตรฐานเปียก

5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ คำนวณต้นทุนการใช้งาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ผลตอบแทน และระยะเวลาในการคืนทุน คำนวณหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ (break-even point, BEP) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุน หรือการรับจ้าง ดังนี้

ต้นทุนการใช้งาน (บาท/ไร่) = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร(บาท/ไร่)(1)

โดยที่ ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคา + ดอกเบี้ย (2)

ต้นทุนผันแปร คือ ค่าใช้จ่าย ที่ขึ้นอยู่กับการทำงานประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมบำรุงค่าแรงงานของคนขับ เป็นต้น

คำนวณค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง (straight-line method) จากสมการ

$$D_i = \frac{P_i - S_i}{L_i} \quad (3)$$

เมื่อ D_i คือ ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P_i คือ ราคาแรกซื้อ (บาท)

S_i คือ ราคาเมื่อหมดอายุการใช้งานหรือขายต่อ (บาท) (10%P)

L_i คือ อายุการใช้งาน (ปี)

คำนวณค่าดอกเบี้ยในการลงทุน จากสมการ

$$I = \frac{1}{2} (P_i + S_i)i \quad (4)$$

เมื่อ I คือ ค่าดอกเบี้ย (บาท/ปี)

P_i คือ ราคาแรกซื้อ (บาท)

i คือ อัตราดอกเบี้ย (%)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาและการทดสอบเครื่องอบที่มีอยู่เดิมเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ

ทำการศึกษาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอนของเวียง และคณะ (2542) ซึ่งเป็นเครื่องอบแบบลมร้อน พบว่า ในการให้ความร้อนมีท่อลมร้อนกลางถึงอบท่อเดียว ส่งกระจายลมร้อนออกไปรอบๆ ถังอบ มีข้อดีคือ สร้างได้ง่าย ระบบท่อลมร้อนไม่ซับซ้อน จากนั้นจึงทำการปรับปรุงเครื่องอบโรตารีเพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลการอบเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ โดยการปรับปรุงระบบควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง สำหรับใช้ในการอบผลกาแฟเพื่อเก็บข้อมูลการอบเบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลช่วยในการออกแบบเครื่องอบ อบผลกาแฟเพื่อหาข้อมูลน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ และทำการตากแห้งผลกาแฟด้วยแสงแดด เพื่อเก็บข้อมูลไว้เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องอบ ทำการทดสอบอบผลกาแฟเชอรี่ น้ำหนักรวม 300 กิโลกรัม ความชื้นผลกาแฟเริ่มต้น 62 % มาตรฐานเปียก ตั้งอุณหภูมิการอบลมร้อนเข้า เริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง พบว่า น้ำหนักลดลงเหลือ 182.8 กก. ความชื้น 37.6 %มาตรฐานเปียก จากนั้นนำกาแฟเชอรี่ที่อบลดความชื้นจากเครื่องอบแล้ว ไปตากแดดประมาณ 3-5 วัน กาแฟเหลือความชื้นประมาณ 12 %มาตรฐานเปียก เมื่อเปรียบเทียบกับการนำผลกาแฟเชอรี่ที่นำไปตากแดดอย่างเดียว จะใช้เวลาในการตาก

ประมาณ 20-24 วัน ขึ้นกับสภาพอากาศในช่วงเวลานั้น ในขณะที่ทดสอบแม้จะใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 60 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิกาแฟเซอร์ระหว่างรอบอยู่ในช่วง 35-38 องศาเซลเซียส ในการอบลดความชื้นกาแฟ ต้องระมัดระวังไม่ใช้อุณหภูมิในการอบให้สูงเกินไป แม้จะลดความชื้นได้เร็วและอุณหภูมิกาแฟไม่ถึงอุณหภูมิวิกฤติ แต่หากลดความชื้นเร็วเกินไปอาจทำให้ผลกาแฟแตกส่งผลต่อคุณภาพของสารกาแฟได้

2. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

2.1 ชุดถังอบและระบบขับเคลื่อนถังอบ

2.1.1 ถังอบ ประกอบด้วย ชุดถังอบ (Figure 1) และโครงสร้างรองรับถังอบ (Figure 2) ถังอบมีลักษณะเป็นทรงกระบอกวงตัวในแนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร เหล็กกล่อง ขนาด 2.5 X 5 เซนติเมตร ที่เป็นโครงสร้างภายในถังอบ นอกจากจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของถังอบแล้ว ยังทำหน้าที่เสมือนใบโรยผลกาแฟไปในตัวเมื่อทำการหมุนถังอบเพื่อช่วยคลุกเคล้าผลกาแฟ บริเวณส่วนปลายสุดของถังอบทั้งสองฝั่งจะเป็นโครงสร้างวงกลม สำหรับวางถังอบบนลูกกลิ้ง ชุดโครงสร้างรองรับถังอบ ทำจากเหล็กกล่อง 4.5 x 9 เซนติเมตร มีลูกกลิ้งจำนวน 4 ชุด สำหรับรองรับถังอบ นอกจากนี้ส่วนฐานยังออกแบบให้รองรับท่อลมวนกลับในตัว ทำให้ได้เครื่องอบลดความชื้นที่มีขนาดกะทัดรัด

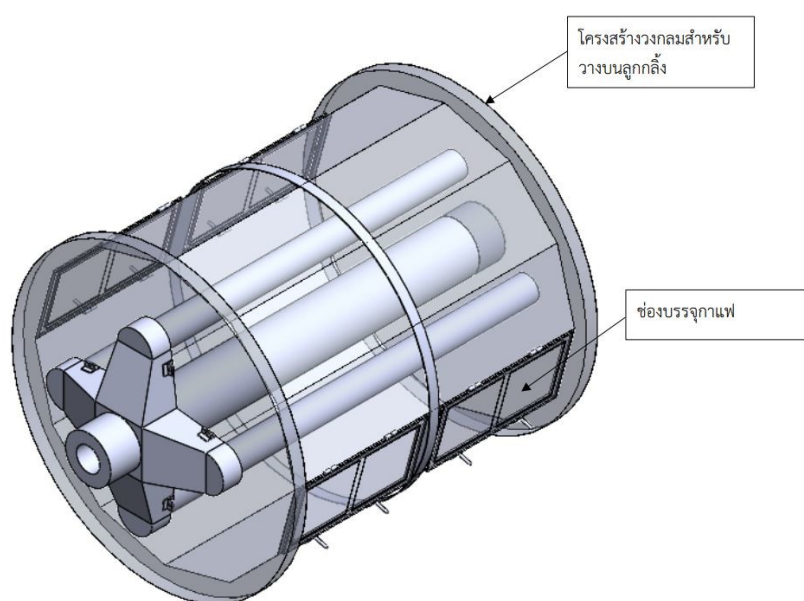


Figure 1 The structure of drying tank

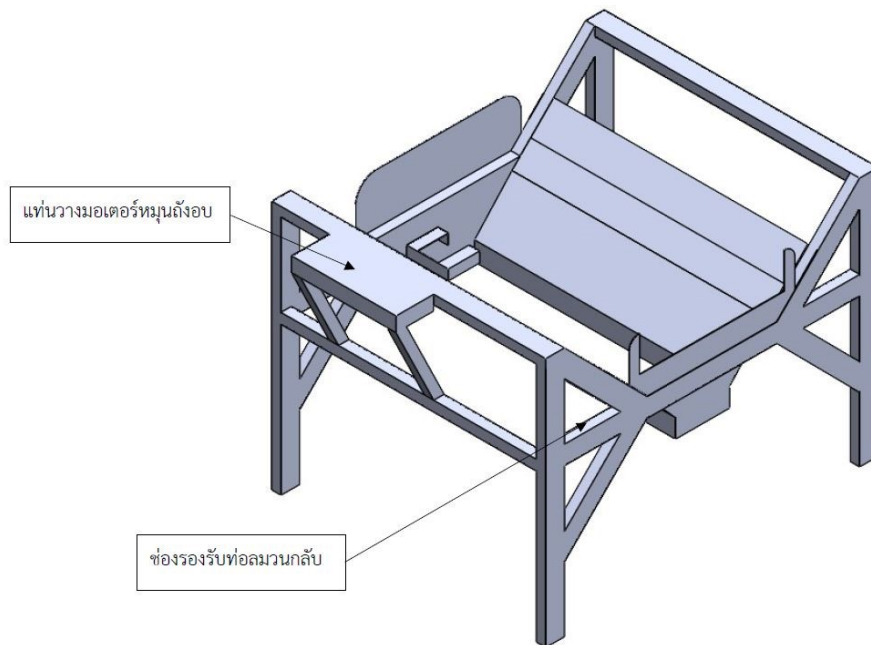


Figure 2 The structure of drying tank support

2.1.2 ระบบขับเคลื่อนถังอบ ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการหมุนถังอบ ส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ทด อัตรา 1 : 60 เพื่อใช้ในการหมุนถังอบ ระบบควบคุมการหมุน ประกอบด้วยเครื่องตั้งเวลา จำนวน 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่ควบคุมเวลาในการหมุน ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ควบคุมเวลาในการหยุดหมุน โดยในการอบจะทำการหมุนถึงสลับกับการหยุด เพื่อลดการสึกหรอของชุดขับเคลื่อนการหมุน และช่วยคลุกเคล้ากาแฟให้ได้รับลมร้อนที่สม่ำเสมอทั่วทั้งถังอบ

2.2 ชุดพัดลมและระบบท่อลม

2.2.1 ชุดพัดลม เป็นพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง ขับด้วยมอเตอร์ ขนาด ½ แรงม้า ให้ปริมาณลม 12.5 ลูกบาศก์เมตร/นาที่ ที่แรงดัน 55 มิลลิเมตรน้ำ ควบคุมด้วยสวิตช์ปิด-เปิด

2.2.2 ระบบท่อลม ประกอบด้วย ท่อลมเข้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อ กระจายตัวรอบแกนกลางของถังอบในแนวรัศมี และท่อลมออก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร วางตัวในแนวแกนกลางของถังอบ (Figure 3) การวางท่อรูปแบบนี้ จะทำให้ทิศทางการไหลของลมร้อนจะทำให้ลมร้อนไหลจากรอบๆ ถังอบเข้าหาแกนกลาง ซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วถังอบ นอกจากนี้ยังมีท่อนกลับที่จะสามารถนำลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ได้ เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิง ในช่วงที่กาแฟมีความชื้นต่ำ

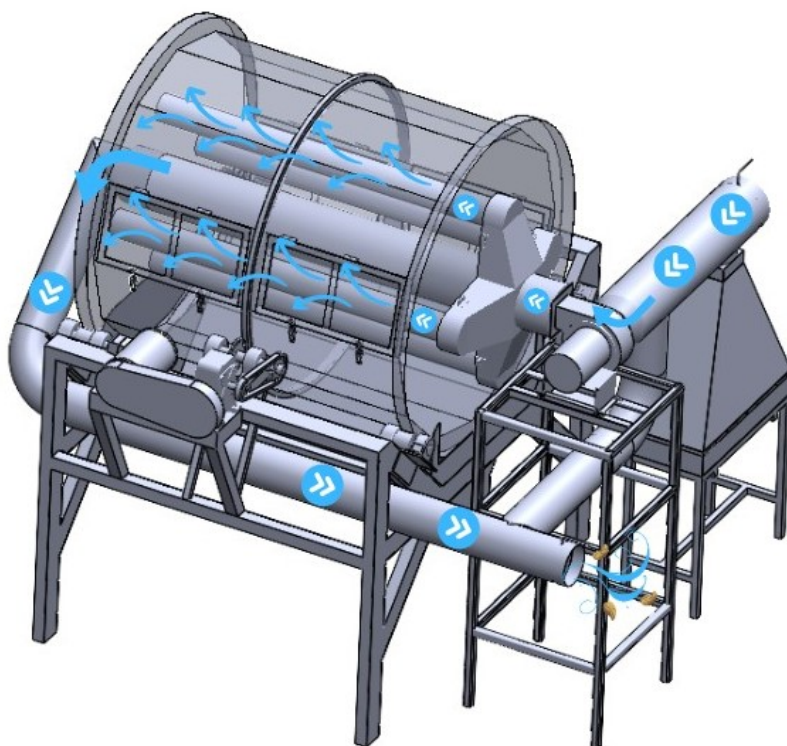


Figure 3 The direction of hot air flow

2.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิและการให้ความร้อน

2.3.1 ชุดควบคุมอุณหภูมิการอบ ประกอบด้วย เครื่องควบคุมอุณหภูมิสามารถตั้งอุณหภูมิการอบได้ หัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นแบบเทอร์โมคัปเปิ้ล ไทป์ K โดยระบบควบคุมจะสั่งจ่ายแก๊สและจุดไฟเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ และจะหยุดจ่ายแก๊สเมื่อถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้

2.3.2 ชุดให้ความร้อน เป็นแบบหัวพ่นไฟ ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนจุดไฟด้วยหัวสปาร์กไฟฟ้า ซึ่งจะมีเซนเซอร์ตรวจสอบการติดไฟ หากไฟดับระหว่างการอบหรือจุดไฟไม่ติดระบบจะสั่งตัดการจ่ายแก๊สและมีเสียงแจ้งเตือนเพื่อความปลอดภัย

2.4 ดำเนินการสร้างเครื่องอบลดความชื้นต้นแบบ (Figure 4) ตามที่ได้ออกแบบไว้ในแต่ละส่วน แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการ ทำการปรับปรุงแก้ไขให้พร้อมทำการทดสอบเก็บข้อมูลการอบลดความชื้น

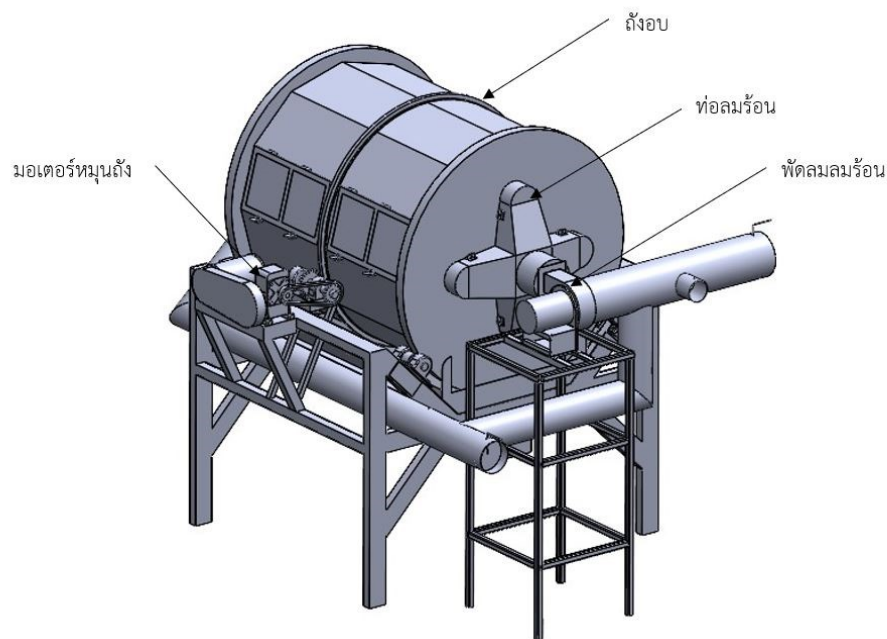


Figure 4 The Prototype of Robusta coffee Dryer

3. การทดสอบเครื่องต้นแบบอบแห้งกับกาแฟโรบัสตา

การทดสอบเครื่องอบลดความชื้นผลกาแฟเชอร์รี่ด้วยวิธีแห้ง บรรจุผลกาแฟจนท่วมท่อลมออกที่วางตัวอยู่ในแนวกึ่งกลางถังอบเป็นอย่างน้อยแต่ไม่เต็มถังอบ (Figure 5) โดยจะเติมผลกาแฟในถังอบให้ได้ประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของถัง เพื่อให้มีการเคลื่อนที่คลุกเคล้าขณะทำการหมุนถัง เป็นการกลับผลกาแฟให้ได้รับความร้อนสม่ำเสมอทั่วถังอบ แต่แต่ละครั้งใช้กาแฟเชอร์รี่ประมาณ 450 กิโลกรัม ในขณะที่ทำการอบลดความชื้น เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมบริเวณท่อลมออก (Figure 6) เพื่อเก็บเป็นข้อมูลการทำงานของเครื่องอบ

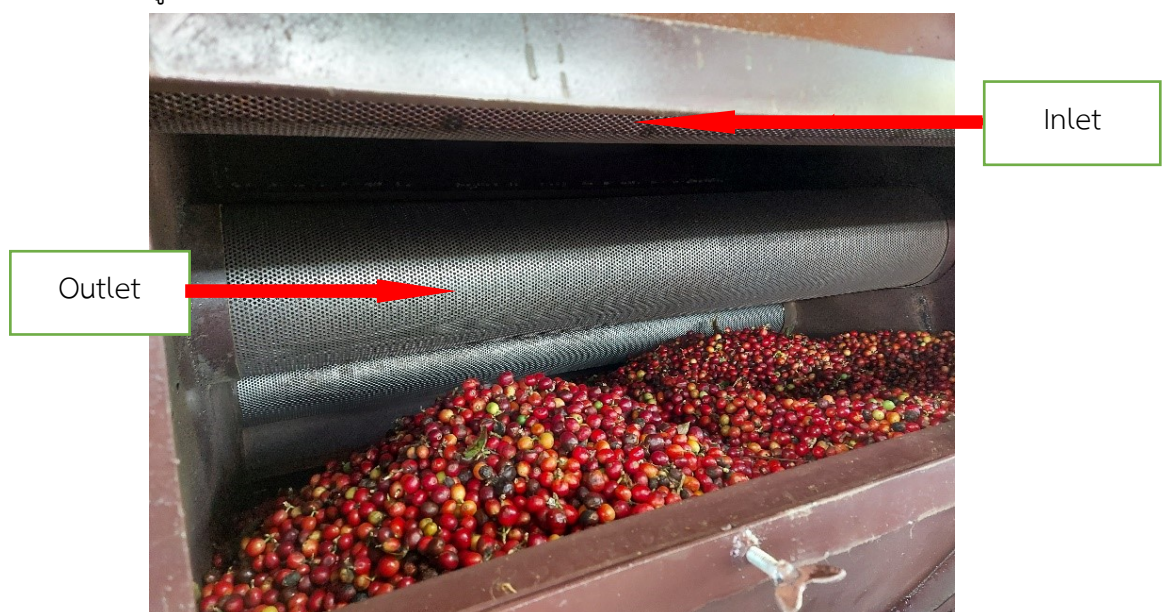


Figure 5 Cherry coffee beans in the dryer tank



Figure 6 record data Temperature, Humidity and air flow rate

เมื่อทำการอบผลกาแฟได้ประมาณ 12 ชั่วโมง พบว่า กาแฟเกิดการยุบตัวลง จนทำให้ท่อลมออกที่ต้องมีกาแฟท่วมท้นขึ้นมาอยู่เหนือกาแฟ (Figure 7) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการอบลดลง เมื่อกาแฟยุบตัวต่ำกว่าท่อลมออก จะทำให้ลมร้อนที่เป่าเข้าไปเพื่อลดความชื้นผลกาแฟไหลออกทางท่อลมออกอย่างรวดเร็ว หากยังทำการอบต่อในสภาวะนี้ จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบต่ำลง จึงจำเป็นต้องถ่ายกาแฟออกจากเครื่องอบออกมาพักภายนอก และบรรจุผลกาแฟชุดต่อไปเข้าเครื่องอบลดความชื้นต่อไป

การลดความชื้นผลกาแฟ พบว่า ผลกาแฟก่อนอบมีความชื้นประมาณ 57.7%มาตรฐานเปียก หลังอบ 12 ชั่วโมง ความชื้นเหลือประมาณ 36.6%มาตรฐานเปียก ในกรณีที่ให้มีผลผลิตกาแฟเข้ามาพร้อมกันจำนวนมาก ผนวกกับในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุก มีความชื้นสูง เครื่องอบสามารถลดความชื้นในผลกาแฟได้อย่างรวดเร็ว ต่างกับการลดความชื้นด้วยการตากแดด หรือใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสามารถลดความชื้นได้เมื่อสภาพอากาศเหมาะสมเท่านั้น นอกจากนี้กาแฟที่ผ่านการอบลดความชื้นแล้ว สามารถนำไปลดความชื้นด้วยวิธีอื่นๆ จนถึงความชื้นเก็บรักษาได้หากสภาพอากาศเอื้ออำนวย



Figure 7 The cherry coffee beans after drying

4. ทดสอบการทำงานร่วมกับเกษตรกร

การทดสอบเครื่องอบลดความชื้นกาแฟร่วมกับผู้ประกอบการผลิตสารกาแฟ พบว่า ผลกาแฟเชอร์รี่เมื่อความชื้นลดลงเปลือกกับเมล็ดจะแยกออกจากกัน ทำให้แม้วัดความชื้นที่เปลือกได้ต่ำกว่า 12% มาตรฐานเปียกแล้ว แต่ความชื้นภายในเมล็ดกาแฟที่สูงกว่าจะค่อยๆ ถ่ายเทความชื้นออกมาที่เปลือกกาแฟ จึงต้องพักการอบเพื่อให้เมล็ดกาแฟถ่ายเทอุณหภูมิและความชื้นออกมาที่เปลือก ในการทดสอบทำการอบลดความชื้นผลกาแฟเฉพาะเวลากลางวัน 12 ชั่วโมง และหยุดพักในเวลากลางคืน 12 ชั่วโมง เพื่อให้กาแฟถ่ายเทความชื้นจากภายในเมล็ดออกมาภายนอกเมล็ด โดยใช้อุณหภูมิการอบ 2 อุณหภูมิ คือ เริ่มต้นการอบด้วยอุณหภูมิร้อน 55 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกาแฟมีความชื้นสูง และใช้อุณหภูมิการอบ 45 องศาเซลเซียส เมื่อผลกาแฟมีความชื้นต่ำ โดยอุณหภูมิกาแฟเชอร์รี่ต้องไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส จากการเก็บข้อมูลความชื้น และอุณหภูมิกาแฟ ทุก 4 ชั่วโมง พบว่า การอบเมล็ดกาแฟ 12 ชั่วโมง ความชื้นอยู่ที่ 28.4%มาตรฐานเปียก เมื่อทำการอบต่อในวันที่ 2 เวลาการอบรวม 24 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 36) ความชื้นของเมล็ดกาแฟอยู่ที่ 20.4%มาตรฐานเปียก เมื่ออบต่อในวันที่ 3 ใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ต่อไปอีก 12 ชั่วโมง ความชื้นของกาแฟอยู่ที่ 14.1%มาตรฐานเปียก (Figure 8) อุณหภูมิกาแฟเชอร์รี่เฉลี่ย 33.15 องศาเซลเซียส เมื่ออบมาถึงความชื้นระดับนี้ ตัวเมล็ดกาแฟกับเปลือกจะแยกออกจากกัน มีช่องว่างระหว่างเปลือกกับเมล็ด ทำให้แม้อบจนเปลือกแห้ง แต่เมล็ดกาแฟที่อยู่ภายในยังมีความชื้นที่สูงกว่า การจะลดความชื้นให้ถึง 12%มาตรฐานเปียก จึงต้องใช้อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน นำเมล็ดกาแฟออกจากเครื่องอบไปตากแดดเพื่อประหยัดค่าเชื้อเพลิง นำไปตากแดดต่อเพียง 1-2 วัน ความชื้นของเมล็ดกาแฟจะลดลงจนถึง 12%มาตรฐานเปียก ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ

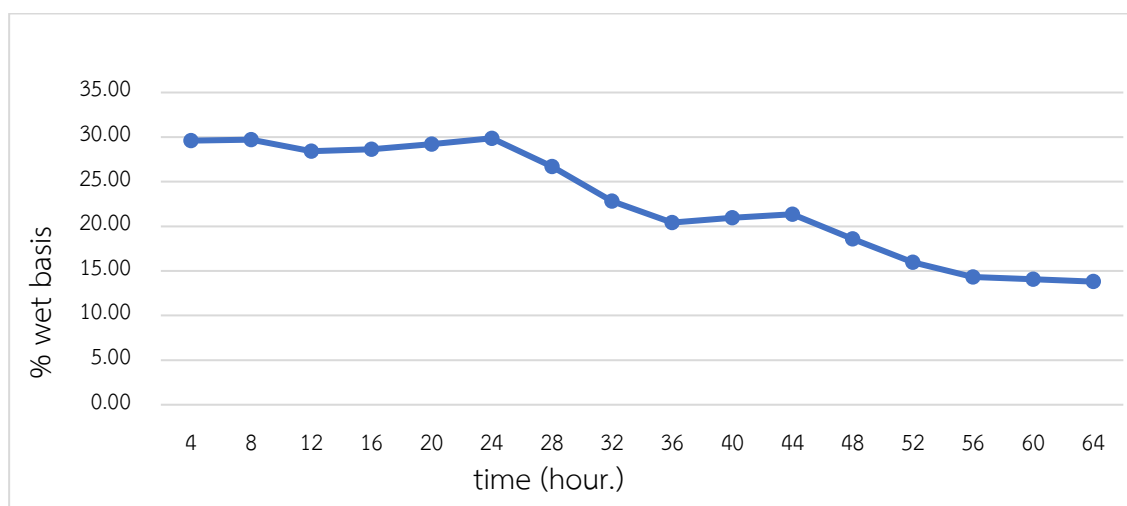


Figure 8 Line graph showing the moisture content

5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ ในกรณีที่เกษตรกรลงทุนสร้างเครื่องอบ ราคา 150,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี เพื่ออบลดความชื้นกาแฟ หากคิดค่าอบกาแฟเชอรี่ราคา 3 บาท/กิโลกรัม ค่าที่กำหนดสำหรับใช้ในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องอบกาแฟ ประกอบด้วย

- ราคาแรกซื้อ, P	150,000	บาท
- ราคาซาก, S (10%ของ P)	15,000	บาท
- อายุการใช้งาน, L	10	ปี
- อัตราดอกเบี้ย, i	10	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
- ค่าบำรุงรักษา (คิดประมาณ 5% ของราคาเครื่องต่อ 100 ชั่วโมง)	15	บาท/ครั้ง
- ค่าไฟฟ้า (ใช้ไฟฟ้า 0.5 หน่วย/ชั่วโมง หน่วยละ 4 บาท ใช้เครื่องอบ 12 ชม./วัน)	24	บาท/ครั้ง
- ค่าเชื้อเพลิง (แก๊สหุงต้ม ถึง 15 กก. 400 บาท ใช้เชื้อเพลิง 0.5 กก./ชั่วโมง ใช้เครื่องอบ 12 ชั่วโมง/ครั้ง)	160	บาท/ครั้ง
- ค่าแรง (คนงาน 2 คน ค่าจ้าง 300 บาท/วัน)	600	บาท/ครั้ง
- ผลผลิตต่อปี	A	กก./ปี

ต้นทุนการใช้งานเครื่องอบ คำนวณจากค่าที่เกี่ยวข้องดังนี้

ราคาเครื่องอบ	150,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา, D	13,500	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	8,250	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	21,750	บาท/ปี

ค่าต้นทุนผันแปร ในการอบ 1 ครั้ง (450 กก.):

ค่าบำรุงรักษา (15 บาท / 450 กก.)	0.0333	บาท/กก.
ค่าไฟฟ้า (24 บาท / 450 กก.)	0.0533	บาท/กก.
ค่าเชื้อเพลิง (160 บาท / 450 กก.)	0.3556	บาท/กก.
ค่าแรงงาน (600 บาท / 450 กก.)	1.3333	บาท/กก.
รวมค่าต้นทุนผันแปร	1.7755	บาท/กก.

ความสัมพันธ์ของต้นทุนการใช้งานเครื่องอบต่อปริมาณผลผลิต A กิโลกรัม/ปี สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนการใช้งานเครื่องอบ (บาท/กก.)} &= \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร} \\ &= (21,750/A) + 1.7755 \text{ บาท/กิโลกรัม}\end{aligned}$$

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานเครื่องอบ หากต้องการกำหนดต้นทุนการอบที่ราคา 3 บาท/กิโลกรัม สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งาน ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการใช้งานเครื่องอบ} &= \text{ราคาค่าอบ} \\ (21,750/A) + 1.7755 &= 3 \text{ บาท/กก.} \\ A &= 17,762.35 \text{ กิโลกรัม/ปี}\end{aligned}$$

ดังนั้น การใช้งานเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนมีจุดคุ้มทุนที่ 17,762.35 กิโลกรัม/ปี เมื่อใช้งานอย่างน้อยเป็นระยะเวลา 10 ปี แต่เนื่องจากกาแฟโรบัสตามีช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนตุลาคม - ธันวาคม หรือประมาณ 90 วัน และเครื่องอบลดความชื้นสามารถอบเมล็ดกาแฟเชอร์รี่ได้ครั้งละ 450 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอบ 3 วัน ในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว 90 วัน เครื่องอบจะอบกาแฟได้ 13,500 กิโลกรัม/ปี

$$90 \text{ วัน} / 3 \text{ วัน/ครั้ง} \times 450 \text{ กิโลกรัม/ครั้ง} = 13,500 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

เมื่อคำนวณปริมาณที่จะอบกาแฟได้จริง หากใช้เวลาอบ 3 วัน จะอบกาแฟได้น้อยกว่าปริมาณการอบกาแฟต่อปีที่จุดคุ้มทุน 10 ปี ในกรณีนี้ หากใช้การทำแห้งแบบผสมผสาน โดยการใช้เครื่องอบอบเมล็ดกาแฟเพียง 2 วัน แล้วนำกาแฟไปตากแห้งต่ออีก 2-3 วัน เมล็ดกาแฟก็จะถึงความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษา คำนวณความสามารถในการอบกาแฟ

$$90 \text{ วัน} / 2 \text{ วัน/ครั้ง} \times 450 \text{ กิโลกรัม/ครั้ง} = 20,250 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

เมื่อใช้เครื่องอบลดความชื้นกาแฟผสมผสานรวมกับการตากแห้ง จะทำให้สามารถอบกาแฟต่อปีได้มากกว่า ปริมาณการอบกาแฟที่ถึงจุดคุ้มทุนที่ 10 ปี การใช้เครื่องอบผสมผสานรวมกับการตากนอกจากจะทำให้ถึงจุดคุ้มทุนเร็วขึ้นแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนของเชื้อเพลิงในการอบลงได้ด้วย นอกจากนี้ ในช่วงที่ไม่มีผลผลิตกาแฟ เครื่องอบลดความชื้นยังสามารถนำไปใช้งานในการอบลดความชื้นสินค้าเกษตรอื่น ๆ ได้อีกด้วย เช่น หมาก ถั่วลิสง ฯลฯ จะยิ่งทำให้ถึงจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องอบลดความชื้นเร็วยิ่งขึ้น

สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบ่งส่วนประกอบของเครื่องหลักๆ ได้ 3 ส่วน คือ 1) ชุดถังอบและระบบขับเคลื่อนถังอบ เป็นถังอบทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุกาแฟเชอร์รี่ประมาณ 450 กิโลกรัม/ครั้ง มีระบบควบคุมการหมุนถังเพื่อช่วยกลับเมล็ดกาแฟ 2) ชุดพัดลมและระบบท่อลม พัดลมเป่าลมร้อนเข้าไปอบแห้งเมล็ดกาแฟ และมีท่อลม

นำลมร้อนมาใช้เมื่อเมล็ดกาแฟมีความชื้นต่ำเพื่อลดการใช้พลังงาน 3) ระบบควบคุมอุณหภูมิและการให้ความร้อน ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิการอบให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ และมีระบบตัดแก๊สและสัญญาณเตือน เมื่อหัวเผาให้ความร้อนจุดไฟไม่ติดเพื่อป้องกันอันตราย ใช้อุณหภูมิในการอบเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส สามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟเชอร์รี่จากความชื้นเริ่มต้น 57.7%มาตรฐานเปียก ให้เหลือ 36.6%มาตรฐานเปียก ได้ในเวลา 12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.54 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยในการใช้งานเครื่องอบลดความชื้นนั้น สามารถใช้ผสมผสานกับการลดความชื้นด้วยการตากแห้ง หรือโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ คือ ในช่วงที่มีผลผลิตเข้ามาเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กัน ก็ใช้เครื่องอบเพื่อลดความชื้นผลผลิตกาแฟให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาสั้นๆ ก่อน แล้วค่อยไปลดความชื้นด้วยโรงตากได้ เป็นการลดความเสียหายของผลผลิต และควบคุมต้นทุนในการลดความชื้นไม่ให้สูงเกินไป หรือหากกรณีที่มีฝนตกการลดความชื้นแบบอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เครื่องอบลดความชื้นก็จะเป็นตัวช่วยที่ดีในการอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ

การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำเครื่องอบลดความชื้นไปจัดแสดงในงาน field day และนำไปสาธิตการใช้งานให้กับกลุ่มเกษตรกร หรือผู้ประกอบการที่สนใจ
2. ผู้ผลิตกาแฟ โรงคั่วกาแฟวังทองคอฟฟี่ ผู้ผลิตเมล็ดกาแฟและกาแฟคั่วบด ต.ปากทรง อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพร ได้ร่วมทดสอบเครื่องอบลดความชื้นกาแฟ และมีความสนใจจะจัดหาเครื่องอบไปใช้
3. บริษัท ดีจิริงเอ็นจิเนียริง จำกัด สนใจขอแบบเครื่องอบลดความชื้นไปผลิตและพัฒนา ตามหนังสือลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2566

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ที่ช่วยทดสอบและเก็บข้อมูลการทดลอง เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่นที่ช่วยเหลือในการสร้างและทดสอบต้นแบบ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรที่ช่วยเหลือเรื่องข้อมูลและเมล็ดกาแฟที่ใช้ในการทดสอบ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานีที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือต่างๆ ในการทดสอบ นอกจากนี้ ขอขอบคุณเกษตรกร เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ที่ช่วยเหลือในการทดสอบและเก็บข้อมูล ยังมีเจ้าหน้าที่และหน่วยงานต่างๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ได้เอื้อเฟื้อทั้งข้อมูล และให้คำแนะนำต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. กาแฟ. เอกสารวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 80 หน้า.
- เวียง อากรชี พิมล วุฒิสินธ์ และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2542. การพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอน. เอกสารรายงานผลการวิจัยฉบับเต็ม, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. การผลิตกาแฟ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: <https://mis-app.oae.go.th/product/กาแฟ>. สืบค้น: 3 มิถุนายน 2566.
- Wintgens. 2004. *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guidebook for Growers, Processors, Traders and Researchers*. WILEY-VCH Verlag GmbH & KGaA Weinheim. 656 p.

แผ่นเทียบสีสำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟในระยะที่เหมาะสม Color Chart for Harvesting the Coffee Cherry at Optimum Stage

อารีรัตน์ การุณสฤตย์ชัย¹ ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์¹ โกเมศ สัตยาวิธ¹

สุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี² ปานหทัย นพชินวงศ์³ เมรินทร์ บุญอินทร์⁴

Areerat Karunsatitchai¹ Chaowalert Trikarunasawat¹ Komate Satyawut¹

Supaporn Luangpaiboonsri² Parnhathai Nopchinwong³ Merin Boonin⁴

บทคัดย่อ

ความสุกแก่ของผลกาแฟ มีผลต่อสารประกอบต่าง ๆ รวมถึงกลิ่นและรสชาติของเมล็ดกาแฟ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผ่นเทียบสีสำหรับประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟที่เข้าใจง่ายและสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรและแรงงานเก็บเกี่ยวผลกาแฟ การเลือกใช้สีผิวผลกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์แผ่นเทียบสีได้จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสีผิวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในผลกาแฟ ปริมาณทรिโบเตน กรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก กรดคลอโรจีนิค และคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ โดยศึกษาในระยะความสุกแก่ 4 ระยะ ได้แก่ (0) ผลอ่อน อายุ 92-98 วันหลังดอกบาน (1) ผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีชมพู อายุ 172-182 วันหลังดอกบาน (2) ผลสีแดง อายุ 232-238 วันหลังดอกบาน และ (3) ผลสีแดงมะเหมี่ยว อายุ 273-280 วันหลังดอกบาน (แหล่งปลูกเขาคว่ำ เมืองเชียงราย ขุนวางและวาวี) พบว่า ปริมาณ TSS ในผลกาแฟสูงขึ้นตามอายุของผล (5.6-22.4 °Brix) เมล็ดกาแฟหรือสารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟแต่ละระยะ ไม่พบทริโบเตน และกรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก แต่พบกรดคลอโรจีนิคและคาเฟอีนเป็นส่วนประกอบสำคัญ และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอายุของผลกาแฟ ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมและมีคุณภาพดีของผลกาแฟ คือ ผลมีอายุไม่น้อยกว่า 232 วันหลังดอกบาน และน้ำคั้นจากผลกาแฟควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 17 °Brix และเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีแดง ได้เมล็ดกาแฟคุณภาพดี มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากข้อมูลงานวิจัยนำมาสู่การพัฒนาเป็นแผ่นเทียบสีสำหรับประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟในแปลง เริ่มจากการเลือกสีผิวผลกาแฟที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์แผ่นเทียบสีต้นแบบ ออกแบบ ทดสอบการใช้งานในพื้นที่และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ใช้งานในโครงการแฟฟริเมียม (วาวี) แผ่นเทียบสีที่ประดิษฐ์ขึ้นประกอบด้วยแถบสีที่ทดแทนความสุกแก่ของผลกาแฟเริ่มตั้งแต่สีชมพู แสดงถึง (1) ผลกาแฟที่ยังไม่สุก สีแดง แสดงถึง (2) ผลกาแฟที่สุก ไปจนถึงสีแดงมะเหมี่ยว แสดงถึง (3) ผลกาแฟที่สุกเกิน

¹ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ลาตยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Postharvest and Processing Research and Development Division, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

² กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช ลาตยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Plant Standard and Certification Division, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

³ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร 70 หมู่ 2 ต.วิสัยใต้ อ.สะวี จ.ชุมพร 86130

³ Chumphon Horticulture Research Centre, 70 Moo 2, Wisai Tai Sub-district, Sawi District, Chumphon 86130

⁴ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ 51 หมู่ที่ 3 ต.สะเดาพะง อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ 67270

⁴ Phetchabun Highland Agricultural Research Centre, 51 Moo 3, Sado Phong Sub-district, Khao Kho District, Phetchabun 67270

และพัฒนาแผ่นเทียบสีที่ใช้ได้กับกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งและปลูกร่วมกับไม้ให้ร่มเงารวมทั้งถ่ายทอดสู่กลุ่มเป้าหมายโดยฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟและการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟเบื้องต้น” พบว่า เกษตรกร ผู้รับจ้างเก็บเกี่ยว และผู้ประกอบการ ให้การยอมรับเทคโนโลยีเป็นอย่างดี เนื่องจากการใช้แผ่นเทียบสีสามารถจำแนกการสุกแก่ของผลกาแฟตั้งแต่ผลไม่สุก สุก และสุกเกินไปให้เข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน

คำสำคัญ: กาแฟอาราบิกา การสุกแก่ การเก็บเกี่ยว แผ่นเทียบสี

ABSTRACT

Maturity stage of coffee cherries affects various compounds of the coffee beans, including the aroma and flavor. The objective of this research was to create a color chart for assessing the ripeness of coffee cherries that was easy to understand and convenient to farmers and harvesters. The optimum color selection for fabrication of color chart was obtained from the study of the correlation between the skin color and total soluble solid (TSS) of the coffee cherry including the amount of tryptophan, 3-methylbutanoic acid, chlorogenic acid (CGA) and caffeine in coffee beans. The study was conducted in 4 stages of maturity: (0) young fruit, age of 92-98 days after flowering (DAF), (1) pink fruit, age of 172-182 DAF, (2) red fruit, age of 232-238 DAF and (3) crimson fruit, age of 273-280 DAF from area of Khao Kho, Chaing Rai, Khun Wang and Wawi. It was found that the TSS content (5.6-22.4 °Brix) in coffee cherries increased with age. Tryptophan and 3-methylbutanoic acid were not detected but CGA and caffeine were found as the main components in coffee bean which increased with the age of the coffee cherry. The optimum stage for harvesting should be at least 232 DAF with minimum TSS at 17°Brix with red to dark-red skin color. From the research results led to create a color chart for assessing the ripeness of coffee cherries bloom. The first step: selecting the suitable coffee cherry color for creating color reference chart, design the prototype that accurately reflects the color of coffee cherries and test under real conditions at Wawi Premium Coffee Program. The invented color chart, color brand was replaced the maturity of the coffee fruit, starting from pink showed (1) unripen fruit, red showed (2) ripen fruit to dark red showed (3) overripen fruit for both open space coffee plantation and shade tree cover. After the improved color chart was successfully transferred to target group of workshops which were conducted to assess the maturity of coffee fruits and perform preliminary grading of coffee bean quality. It has been well accepted by

the farmers, harvester and operators. Because color chart can help a sorting of maturity of the coffee fruits (unripening, ripe and overripe) to be easy to understand and convenient to use.

Keywords: arabica coffee, color plate, harvesting, maturity

คำนำ

ในปี พ.ศ. 2561 การเติบโตของธุรกิจกาแฟในภาพรวมมีมูลค่ากว่า 419.70 ล้านบาท โดยจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย เป็นจังหวัดที่มีเติบโตของธุรกิจสูงที่สุด และมีแนวโน้มมุ่งเน้นการผลิตกาแฟคุณภาพเพื่อเจาะตลาดกาแฟพิเศษและการพัฒนาเป็นผู้ผลิตกาแฟที่ทำการค้าอย่างเป็นธรรม (fair trade) เพื่อตีตลาดโลก (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, 2562) ในขณะที่การผลิตกาแฟ กลับประสบปัญหาการขาดแรงงานเนื่องจากแรงงานวัยทำงานเข้าสู่ภาคการเกษตรลดลง จนส่งผลให้ต้องจ้างแรงงานต่างชาติ ที่ขาดความชำนาญในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเก็บผลกาแฟที่เมล็ดยังไม่บริบูรณ์ ส่งผลให้ได้กาแฟคุณภาพต่ำ ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (กรมวิชาการเกษตร, 2559ก) กาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร มีลักษณะเด่น คือ ผลกาแฟมีการสุกพร้อมกัน เมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น ผลอ่อนสีเขียวเข้ม เปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน สีชมพู สีแดง และสีแดงเข้มหรือแดงมะเหมี่ยวตามลำดับ โดยผลสีแดงเป็นระยะผลมีคุณภาพดีที่สุดถือเป็นระยะที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยว (กรมวิชาการเกษตร, 2559ข) ขณะเดียวกัน ผลกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอื่นๆ ได้แก่ การพักตัวและขยายขนาดของผล การสะสมอาหารและสารสำคัญของผลและเมล็ดกาแฟ โดยมีปัจจัยภายนอกที่ส่งเสริมหรือชะลอการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ได้แก่ ระดับความสูงจากน้ำทะเลของพื้นที่ปลูกกาแฟ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในการเพาะปลูก ความลาดชันของพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น (มานพ และคณะ, 2547; Keiko *et al.*, 2014 และ SCAA, 2014)

การเปลี่ยนแปลงอาหารที่สะสมในผลกาแฟ เมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น แบ่งเป็นอาหารสำรองสะสมในเนื้อผลกาแฟ เกิดการสลายตัวกลายเป็นน้ำตาล ทั้งน้ำตาลรีดิวซ์และซูโครสสะสมเพิ่มขึ้นตลอดการสุกแก่ของผลกาแฟ โดยการสลายตัวของแป้งเป็นน้ำตาลของผลกาแฟที่มีอายุเพิ่มขึ้น สามารถตรวจวัดในรูปปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid: TSS) ค่า TSS สามารถใช้ในการประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟและคุณภาพของเมล็ดกาแฟจากผลกาแฟที่มีความสุกแก่แตกต่างกันได้ จากรายงานคุณภาพกาแฟหลังผ่านการแปรรูป (final cup score) ของ Specialty Coffee Association of America : SCAA (2014) พบว่า TSS ของน้ำคั้นเนื้อผลกาแฟส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพเมล็ดกาแฟ หลังผ่านกระบวนการแปรรูปและคั่วบด โดยประเมินการยอมรับคุณภาพกาแฟแต่ละด้าน หากน้ำคั้นของเนื้อผลกาแฟที่มีความสุกแก่และอายุที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยว จะมีค่า TSS สูง ส่งผลให้ final cup score ของเมล็ดกาแฟ มีค่าสูงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น การสะสมสารประกอบที่มีผลต่อกลิ่นและกลิ่นรสของเมล็ดกาแฟ เมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่อ่อนเกินไป มีการสะสมกรดอะมิโนทริปโตเฟนในปริมาณสูง

แตกต่างกับเมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่มีอายุเพิ่มขึ้น มีการสะสมในปริมาณต่ำ หากมีเมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่เป็นระยะผลอ่อนปะปนในปริมาณมาก เมื่อนำมาคั่วบดจะส่งผลให้เกิดกลิ่นของสารประกอบอินดอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส (pyrolysis product) ของทริบิโตนเฟน ในปริมาณสูง ทำให้มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ขณะเดียวกันเมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟที่อ่อนเกินไป มีการสะสมกรดอินทรีย์ในปริมาณน้อย ซึ่งสารกลุ่มนี้เป็นสารสำคัญที่มีผลต่อกลิ่นรสและรสชาติหลังเมล็ดกาแฟผ่านการคั่วบด ทำให้กลิ่นรสและรสชาติของเมล็ดด้อยคุณภาพ จึงส่งผลให้ final cup score มีค่าต่ำ และเกิดปัญหาไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคกาแฟ (โกเมศ, 2559 และ Keiko *et al.*, 2014) นอกจากนี้ พบว่า เมื่อผลกาแฟที่อยู่บนต้น มีอายุเพิ่มมากขึ้น เมล็ดกาแฟมีการสังเคราะห์สารสำคัญต่าง ๆ เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่น กรดอินทรีย์ เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเกี่ยวกับคุณภาพกาแฟหลังคั่วบด ดังนั้น การเก็บเกี่ยวผลกาแฟในระยะสุกแก่ที่เหมาะสม ส่งผลให้เมล็ดกาแฟที่ได้มีคุณภาพดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากข้อมูลงานวิจัยความสุกแก่ของผลกาแฟ มีผลต่อสารประกอบต่าง ๆ รวมถึงกลิ่นและรสชาติของเมล็ดกาแฟ นำมาสู่การสร้างและพัฒนาแผ่นเทียบสีผิวผลกาแฟเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ในแปลง ซึ่งเข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานของเกษตรกรและแรงงานรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ยังไม่มีความชำนาญ สามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ในระยะที่เหมาะสม ลดการปะปนของผลอ่อน ส่งผลให้ได้กาแฟที่มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะความสุกแก่ของกาแฟและสารสำคัญในเมล็ดกาแฟ

1.1 ศึกษาคุณภาพของกาแฟหลังการเก็บเกี่ยว

โดยคัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ตัดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดกรรมวิธีตามอายุการเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่สอดคล้องกับระยะการพัฒนาของผลกาแฟ 4 ระยะ ได้แก่ ระยะ 0 ผลอ่อน อายุ 92 92 94 และ 98 วันหลังดอกบาน 1 ผลไม่สุก อายุ 172 172 180 และ 182 วันหลังดอกบาน 2 ผลสุก อายุ 232 232 235 และ 238 วันหลังดอกบาน และ 3 ผลสุกเกิน อายุ 273 273 278 และ 280 วันหลังดอกบาน (Table 1) โดยการสุกแก่ของผลกาแฟจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้า นั้น ขึ้นอยู่ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในการเพาะปลูกในแต่ละปี (มานพ และคณะ, 2547) เก็บตัวอย่างผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 จากแหล่งปลูกในเขตภาคเหนือ จำนวน 4 แห่ง คือ 1) ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) 2) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (ที่ราบเชียงราย) ทั้ง 2 แห่งสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 750-800 เมตร 3) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) และ 4) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวิ) ปลูกสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,000 เมตร ขึ้นไป

โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ มีขนาดของหน่วยทดลองละ 400 ผลกาแฟพันธุ์เชียงใหม่ 80 เก็บผลกาแฟตามระยะของผลที่กำหนด คือ

กรรมวิธีที่ 1 ผลอ่อน (84-98 วันหลังดอกบาน) ผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน

กรรมวิธีที่ 2 ผลไม่สุก (98-182 วันหลังดอกบาน) เมล็ดและผลมีการสะสมน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีชมพู

กรรมวิธีที่ 3 ระยะผลสุก (182-238/270 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากสีชมพูเป็นสีแดง โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก

กรรมวิธีที่ 4 ระยะสุกแก่มาก (อายุมากกว่า 238 หรือ 270 วันขึ้นไป) ผลเปลี่ยนจากสีแดงกลายเป็นสีแดงมะเขียวย หากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะผลเชอร์รี่

หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง pocket refractometer (pocket PAL-1) อ่านค่าที่ได้เป็นอาศาบริกซ์ และวัดสีเปลือกของผลกาแฟด้วยเครื่องวัดสี colorimeter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็นค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale

Table 1 Maturity stages of *Coffea Arabica* cherry from four locations: Khao Kho, Chaing Rai, Khung Wang and Wawi

Location	Maturity stage of arabica coffee cherry (Days after flowering) ⁽¹⁾			
	Green-young	Pink-unripen	Red-ripen	Dark red-over ripen
Khao Kho	92	172	232	273
Chaing Rai	92	172	232	273
Khun Wang	94	180	235	278
Wawi	98	182	238	280

⁽¹⁾ Different maturity stage of Arabica coffee cherry were indicate day after flowering

Source: Karunsatitchai *et al.* (2020) (in Thai)

1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ ได้แก่ ปริมาณทริบโทเฟน กรด 3-เมทิลพิวทาโนอิก กรดคลอโรจีนิก และคาเฟอีน

1.2.1 การแปรรูปเป็นสารกาแฟ นำผลกาแฟข้างต้นมาแปรรูป เริ่มจากการแยกเปลือก เนื้อ และเมล็ดออกจากกันด้วยเครื่องสีกาแฟ นำเมล็ดกาแฟแช่น้ำ เป็นเวลานาน 24-48 ชั่วโมงเพื่อหมักเปลือก และล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง นำไปตากแดดบนลานปูนซีเมนต์ปูด้วยผ้าใบหรือสแลน ประมาณ 10-15 วัน หรือตากจนกว่าเมล็ดกาแฟมีความชื้นไม่เกิน 12 % เมล็ดกาแฟที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหรือกาแฟกะลาไปบรรจุในถุงตาข่าย วางบนแผ่นไม้ที่อยู่ในโรงเก็บรักษาที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลานาน 6-9 เดือน จากนั้นนำกาแฟกะลาที่ได้มาสีเปลือกหุ้มเมล็ดออกจนได้สารกาแฟเพื่อนำมาทดสอบสมบัติทางเคมีในสารกาแฟต่อไป

1.2.2 การสกัดสารสำคัญ ชั่งสารกาแฟที่ผ่านการคั่ว และบดจนละเอียด ปริมาณ 5 กรัม แช่ในสารละลายเมทานอลต่ออะซิโตรไนโตรลต์ต่อน้ำ อัตราส่วน 2:2:1 จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 85 รอบต่อนาที ด้วยเครื่องเขย่า นาน 8 ชั่วโมง แยกสารสกัดที่ได้และตัวทำละลายออกจากกันด้วย vacuum rotary evaporator ที่ความดัน 50-200 mbar อุณหภูมิ 34 °ซ จนได้สารสกัดกาแฟเข้มข้น แล้วนำไปกรองด้วย pre-filtered ขนาด 0.2 ไมครอน นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

1.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ โดยใช้ UV chromatograms ซึ่งสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน การทดลองนี้ใช้ทริปโตเฟน กรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก กรดคลอโรจีนิก และคาเฟอีน เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ คอลัมน์ที่ใช้ คือ Waters XSelect-CSH ขนาด 100 mmx 4.6 mm. ความจุ 3 ไมโครลิตร gradient time คือ 12-30 นาที สารละลาย A คือ น้ำที่มีกรดฟอร์มิก 0.1 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย B คือเมทานอลและอะซิโตรไนโตรลต์อัตรา 1:1 MS ที่ใช้คือ ESI+ อัตราการไหล คือ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ฉีดตัวอย่างสารสกัด 10 ไมโครลิตร โดยใช้สารมาตรฐาน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร 10 ไมโครลิตร ทั้งแบบสารมาตรฐานผสมและแบบสารมาตรฐานแต่ละชนิด ฉีดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง โดยมี retention time (RT) และความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสง UV มากที่สุด ($W_{mix\ UV}$)ของสารมาตรฐาน

1.3 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม

นำสารกาแฟที่เตรียมได้จากข้อที่ 1.2.1 คั่ว บดให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh ชั่งน้ำหนัก 10 กรัมต่อแก้ว เติมน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 92 -94 °ซ 180-200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 3 นาที ประเมินกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้าง โดยผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ทำการประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 5 มิลลิลิตร ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามข้อกำหนดของ SCAA (2012) แล้วให้คะแนนคุณภาพกาแฟที่ชิม คือ

1) กลิ่น (aroma) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นหอมของผงกาแฟที่บดไว้ไม่เกิน 15 นาที กลิ่นหอมที่ระเหยออกมาเมื่อเทน้ำร้อนลงบนกาแฟตามอัตราส่วนในข้อ 1.3 เป็นเวลานาน 3 นาที

2) กลิ่นรส (flavor) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นรสสัมผัสของกาแฟ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมินคือ 8-10 นาที นับจากเริ่มเทน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 92 -94°ซ ที่อุณหภูมิห้อง 25°ซ

3) ความรู้สึกตกค้าง (after taste) หมายถึง ความยาวนานในความรู้สึกเชิงคุณภาพของกลิ่นรสที่ยังคงอยู่ในลมหายใจ หลังจากที่ถูกทดสอบกลิ่นกาแฟเข้าไปแล้วหรือบ้วนออกมา หากความรู้สึกนั้นสั้น หรือไม่ดี คะแนนควรจะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมิน คือ 8-10 นาที

โดยเกณฑ์การประเมินของผู้ทดสอบ การยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้าง โดยใช้เกณฑ์คะแนน 9 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

1= extremely poor แย่ที่สุด	4= below average ต่ำกว่าเกณฑ์	7= very good ดีมาก
2= very poor แย่มาก	5= fair ปานกลาง	8= excellent ยอดเยี่ยม
3= poor แย่	6= good ดี	9= outstanding โดดเด่น

2. การออกแบบและพัฒนาแผ่นเทียบสีเพื่อประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟ

2.1 ออกแบบแผ่นเทียบสีกาแฟ (color chart) ต้นแบบ เพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 โดยใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ของสีผิวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 และปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสข้างต้น จัดทำแผ่นเทียบสีต้นแบบ เพื่อใช้ประเมินความสุกแก่ของผลกาแฟ ทดสอบ และปรับแก้ไขก่อนใช้งานจริง

2.2 การทดลองใช้งาน นำแผ่นเทียบสีไปให้เกษตรกรและผู้เก็บเกี่ยวผลกาแฟในโครงการกาแฟพรีเมียม (วาวี) ทดลองใช้งาน พร้อมเก็บข้อมูลความคิดเห็นจากผู้ใช้งานมาประเมินเพื่อปรับปรุงให้ได้แผ่นเทียบสีกาแฟที่เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้และมีประสิทธิภาพ

2.3 การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้ที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะความสุกแก่ของผลกาแฟและสารสำคัญในเมล็ดกาแฟ

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ กาแฟจาก 4 แหล่งปลูก มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น ผลกาแฟสีเขียว (stage 0) มีค่า TSS น้อยที่สุด 5.6-9.7 องศาบริกซ์ ถัดไปคือผลสีชมพู (stage 1) มีค่า 7.3-9.8 องศาบริกซ์ เมื่อผลกาแฟเปลี่ยนเป็นสีแดง (stage 2) ค่า TSS เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว 16.8-20.5 องศาบริกซ์ และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนเป็นสีแดงมะเหมี่ยว (stage 3) มีค่า 19.2-22.4 องศาบริกซ์ โดยผลกาแฟสีแดงและสีแดงมะเหมี่ยวจากเขาค้อและที่ราบเชิงทราย มีปริมาณ TSS ต่ำกว่าผลกาแฟที่ได้จากขุนวางและวาวี เนื่องจากการพัฒนาการสุกของผลกาแฟจากเขาค้อและที่ราบเชิงทรายใช้ระยะเวลานาน ทำให้เกิดการสะสมปริมาณ TSS น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลกาแฟจากขุนวางและวาวีที่มีการพัฒนาการสุกที่นาน ส่งผลให้มีปริมาณ TSS สะสมสูง (Figure 1) สอดคล้องกับมานพ และคณะ (2547)

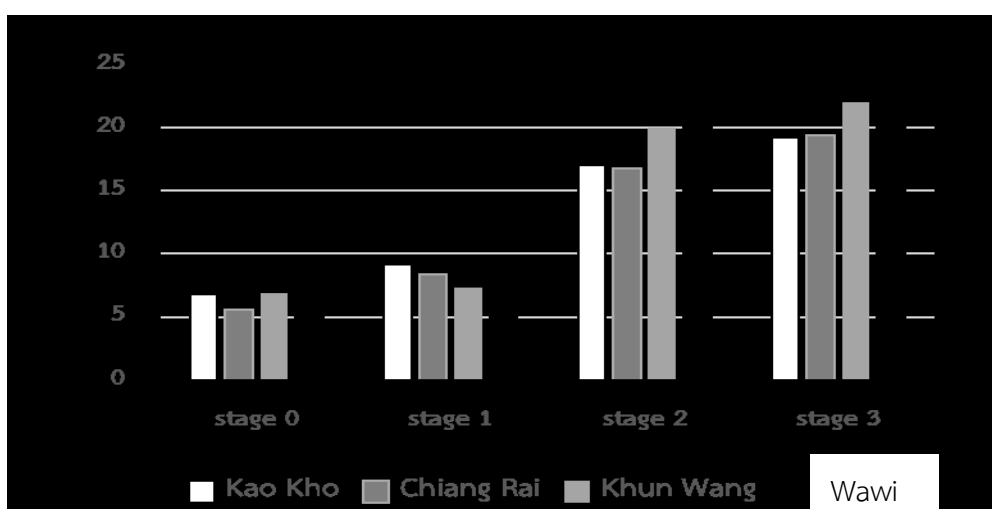


Figure 1 Total soluble solid in different maturity stages of of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 from Khao Kho, Chaing Rai, Khun Wang and Wawi

การเปลี่ยนสีของผิวผลกาแฟ ค่า L ของผลกาแฟจากทั้ง 4 แหล่ง มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุของผลกาแฟมากขึ้น ผลกาแฟจากแหล่งปลูกที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร มีค่า L ลดลงอย่างรวดเร็ว ผลกาแฟจากเขาค้อที่ระยะผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกเกิน มีค่า L อยู่ที่ 55.34 43.51 33.85 และ 28.02 ตามลำดับ ทำนองเดียวกับที่ราบเชิงทราย มีค่า L อยู่ที่ 44.23 46.68 39.49 และ 26.60 ตามลำดับ แตกต่างกับแหล่งปลูกที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร ที่มีค่า L ลดลงเล็กน้อย ทั้งผลกาแฟจากขุนวางและจากาวี ตลอดอายุของผลกาแฟที่เพิ่มขึ้น (Figure 2) ค่า b มีทิศทางลดลง เช่นเดียวกับค่า L ส่วนค่า a มีค่าสูงสุดในผลกาแฟที่สุกแดงเหมาะแก่การเก็บเกี่ยว (ระยะที่ 2 ผลสุก) โดยผลกาแฟของเขาค้อ ที่ราบเชิงทราย ขุนวางและาวี มีค่าอยู่ที่ 25.30 20.12 21.40 และ 22.64 ตามลำดับ และลดลงเล็กน้อยในระยะที่ 3 ผลเปลี่ยนเป็นสีแดงมะเหมี่ยว โดยมีค่าอยู่ที่ 16.63 14.66 17.82 และ 19.84 ตามลำดับ (Figure 2)

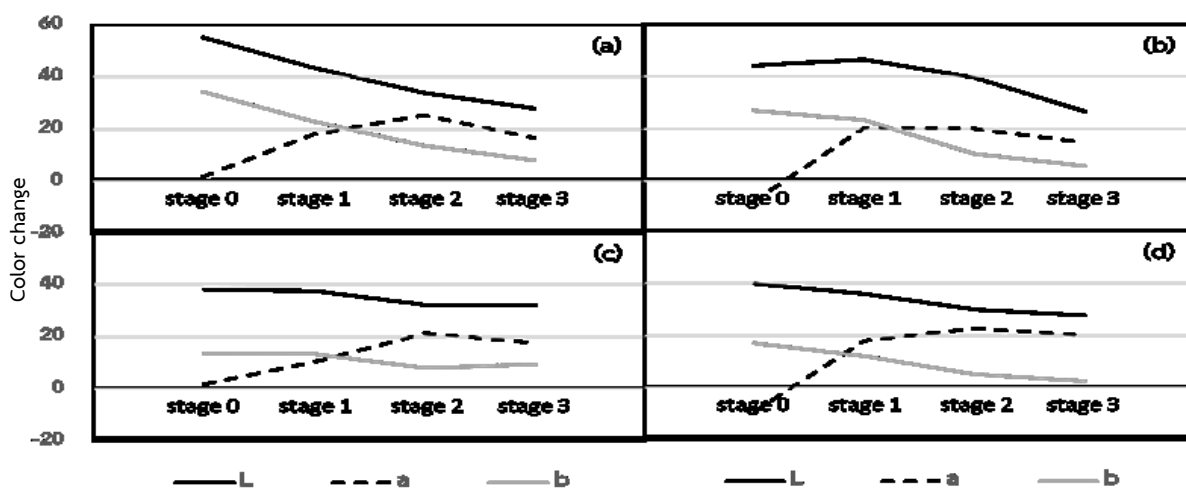


Figure 2 Color changes (L, a, b values) in different maturity stages of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 from Khao Kho (a), Chaing Rai (b), Khun Wang (c) and Wawi (d)

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ ทั้ง 4 แหล่งปลูก พบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ กรดคลอโรจีนิค และคาเฟอีน ไม่พบทริบิโตนเฟน และกรด 3-เมทิลบิวทาโนอิก (Figure 3) สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ มีปริมาณกรดคลอโรจีนิคสูงกว่าปริมาณคาเฟอีน ปริมาณกรดคลอโรจีนิคลดลงเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของผลกาแฟเพิ่มมากขึ้น ส่วนปริมาณคาเฟอีนของสารกาแฟ พบว่า ลดลงเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู โดยผลกาแฟสีชมพูจากขุนวางและาวีตรวจไม่พบคาเฟอีน ส่วนผลกาแฟสีชมพูจากเขาค้อและที่ราบเชิงทราย ตรวจพบในปริมาณ 0.424 และ 0.415 พีพีที ตามลำดับ จากนั้นมีค่าคงที่เมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดง และเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงมะเหมี่ยว เนื่องจากการสังเคราะห์คาเฟอีนเกิดขึ้นในขณะที่ยอดสเปิร์มยังอ่อนและเป็นของเหลวอยู่ในผลกาแฟ ส่วนการสังเคราะห์กรดคลอโรจีนิคมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นขณะที่ยอดสเปิร์มเกิดการพัฒนามาในผลกาแฟ และมีปริมาณลดลง เมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น แต่กรดคลอโรจีนิคที่ตรวจพบในปริมาณสูงก็ใกล้เคียงกับ

คาเฟอีน เนื่องจากมี 5 -CQA เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดคลอโรจินิกและคาเฟอีนเหมือนกัน (Castro and Marraccini, 2006) ทั้งนี้ ปริมาณที่พบขึ้นกับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยภายนอก ได้แก่ สภาพอากาศ การเพาะปลูก คุณภาพดิน ปริมาณและการกระจายตัวของฝน ตลอดจนอุณหภูมิในแต่ละปีรวมด้วย

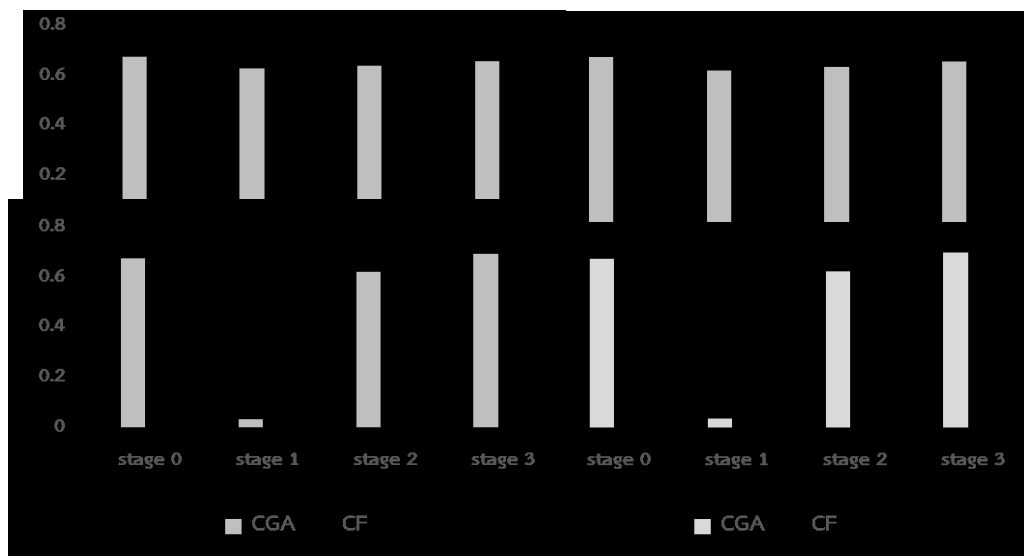


Figure 3 Accumulation of chlorogenic acid (CGA) and caffeine (CF) in different maturity stages of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 from Khao Kho (a), Chaing Rai (b), Khun Wang (c) and Wawi (d).

คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม คะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้านเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการสุกที่เพิ่มขึ้น มีค่าระหว่าง 5.8-6.8 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก โดยสารกาแฟจากผลสีแดง มีคะแนนการยอมรับทั้ง 3 ด้านมากที่สุด กาแฟจากเขาค้อได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 6.3 6.2 และ 6.4 กาแฟจากที่ราบเชิงเขาได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 5.8 5.8 และ 5.5 ขณะที่กาแฟจากขุนวางได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.5 และ 6.3 ตามลำดับ กาแฟจากกว๊นาได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.8 และ 6.5 ตามลำดับ ทั้งนี้ ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสทั้ง 3 ด้าน เกิดขึ้นจากความอ่อนแก่ของผลกาแฟที่ต่างกัน สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟระยะต่างๆ มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์ที่มีผลต่อกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างในการชิมหลังคั่วบดแล้วแตกต่างกัน รวมถึงมีปัจจัยด้านการหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย จึงส่งผลให้การยอมรับจากผู้ชิมด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างแตกต่างกันไป (Boot, 2005)

คะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้านเพิ่มสูงขึ้นตามระยะการสุกที่เพิ่มขึ้น มีค่าระหว่าง 5.8-6.8 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก โดยสารกาแฟจากผลสีแดง มีคะแนนการยอมรับทั้ง 3 ด้านมากที่สุด กาแฟจากเขาค้อได้รับคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 6.3 6.2

และ 6.4 กาแฟจากที่ราบเชียงรายได้รับการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้าง อยู่ที่ 5.8 5.8 และ 5.5 ขณะที่กาแฟจากขุนวางได้รับการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.5 และ 6.3 ตามลำดับ กาแฟจากวาปีได้รับการยอมรับอยู่ที่ 6.7 6.8 และ 6.5 ตามลำดับ ทั้งนี้ ความแตกต่างทางประสาทสัมผัสทั้ง 3 ด้าน เกิดขึ้นจากความอ่อนแก่ของผลกาแฟที่ต่างกัน สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟระยะต่างๆ มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์ที่มีผลต่อกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างในการชิมหลังคั่วบดแล้วแตกต่างกัน รวมถึงมีปัจจัยด้านการหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย จึงส่งผลให้การยอมรับจากผู้ชิมด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างแตกต่างกันไป (Boot, 2005)

2. การออกแบบและพัฒนาแผ่นเทียบสีเพื่อประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟ

ออกแบบแผ่นเทียบสีต้นแบบ สำหรับใช้ในการเลือกเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ด้วยการเลือกสีที่เหมาะสมทดแทนระยะการสุกแก่ของผลทั้ง 4 ระยะ เริ่มจากการใช้ eyedropper tool ดูดสีจากรูปภาพตัวอย่างผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ จาก 4 แหล่งปลูก (Figure 4 5 6 and 7) นำมาจัดเรียงสีที่ได้จากอ่อนไปเข้มในแต่ละระยะการสุกแก่ของผลกาแฟ จากนั้นนำสีอ่อนที่สุดและเข้มที่สุดจากรูปภาพ ผสมกันด้วยการใช้ mixer brush tool จนได้ “สีกลาง” เป็นสีที่ไม่มีอยู่จริงแต่เป็นสีที่สามารถรับรู้ได้จากการมองเห็นภาพรวมในแต่ละระยะการสุกแก่ของผลกาแฟ (Figure 8) แล้วนำมาเรียงต่อกันเป็นแถบสี เริ่มจากสีอ่อน สีกลาง และสีเข้ม จนได้ 3 ช่องสีในแต่ละแถบสีที่ทดแทนระยะการสุกของผลกาแฟ จัดเรียงแถบสีจนครบทั้ง 4 ระยะการสุกแก่ของผลกาแฟ จนได้แผ่นเทียบสีต้นแบบ

การใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ของระยะความสุกแก่ของผลกาแฟ สีผิวผลกาแฟ อายุผลกาแฟหลังดอกบาน ปริมาณกรดคลอโรจีนิกและคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ นำมาจัดจำแนกตามระยะของผลกาแฟ ตาม RGB color chart ได้ดังแสดงใน Table 2 ออกแบบให้แผ่นเทียบสีกาแฟมีลักษณะที่สามารถวางด้านบนผลกาแฟที่ต้องการ แต่ละช่องสีมีช่องว่างเป็นวงกลมตรงกลางของสี เพื่อให้เลือนหาช่องสีของแผ่นเทียบสีที่มีสีใกล้เคียงกับผลกาแฟที่ต้องการมากที่สุด โดยแผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ ทำจากกระดาษเคลือบพลาสติกด้านเพื่อลดการสะท้อนแสง มีขนาด 15 ซม. X 5 ซม. จัดเรียงสีเป็นชุดสี โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงตามความสุกแก่ของผลกาแฟ เริ่มจากผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกเกิน โดยแต่ละชุดสี แยกเป็น 3 ระดับสีที่ใกล้เคียงกับสีที่วัดได้จริง ด้วยเครื่องวัดสี colorimeter และอ่านค่าสีในระบบ RGB (Table 2)

วิธีการใช้แผ่นเทียบสีกาแฟเพื่อประเมินความสุกในกาแฟอะราบิกา เริ่มจากการนำแผ่นเทียบสีกาแฟวางด้านบนผลกาแฟที่ต้องการ โดยให้ช่องว่างของแผ่นเทียบสีตรงกับกลางผลผลกาแฟ เลือนหาช่องสีของแผ่นเทียบสีที่มีสีใกล้เคียงกับผลกาแฟที่ต้องการมากที่สุด นำค่าที่ได้มาเทียบกับตารางเพื่อทราบข้อมูลความสัมพันธ์ของปริมาณกรดคลอโรจีนิกและคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ ควรใช้แผ่นเทียบสีกับผลกาแฟขณะอยู่กลางแจ้งเพื่อลดความผิดพลาดจากสายตาและแสงขณะอ่านค่า

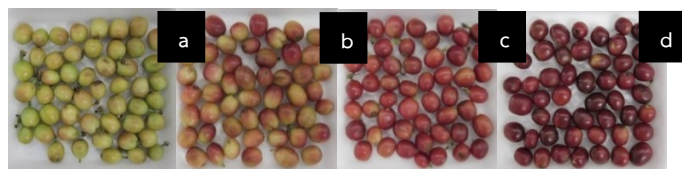


Figure 4 Appearance of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 at different maturity stages: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Khao Kho



Figure 5 Appearance of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 at different maturity stages: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Chaing Rai



Figure 6 Appearance of *Coffea arabica* cherry cv. Chaing Mai 80 at different maturity stages: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Khun Wang



Figure 7 Maturity stages of coffee cherry of *Coffea arabica* cv. Chaing Mai 80: (a) Green (b) Pink (c) Red and (d) Dark red from Wawi

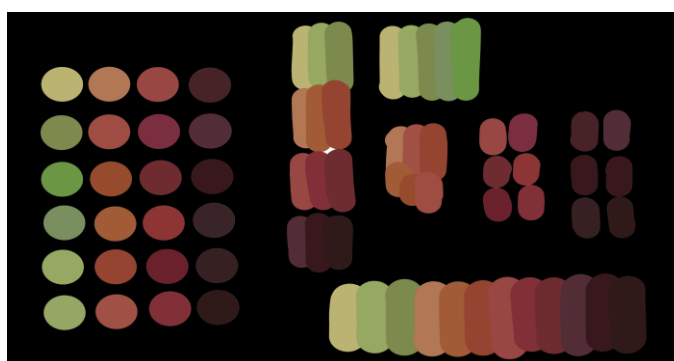
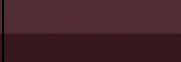


Figure 8 Color mixture and gradation obtained from coffee skin color in the color chart

Table 2 The correlation between maturity stage of arabica coffee cherry, color chart, RGB, days after flowering and accumulation of chlorogenic acid and caffeine in coffee bean

Maturity stage of Arabica coffee cherry	Color chart	RGB	Days after flowering	Accumulation of components in coffee bean (ppt)	
				Chlorogenic acid	Caffeine
young		R182:G198:B174	84-98	0.680-0.684	0.360-0.561
		R154:G185:B158			
		R136:G165:B136			
unripen		R173:G150:B127	98-182	0.040-0.635	0.415-0.424
		R164:G126:B97			
		R151:G103:B86			
ripen		R156:G96:B87	182-270	0.628-0.646	0.408-0.425
		R139:G82:B80			
		R126:G82:B85			
over ripen		R111:G83:B94	More than 270 days	0.659-0.706	0.420-0.498
		R96:G79:B87			
		R93:G79:B86			

การทดลองใช้งาน ผลการทดลองใช้งานแผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ พบว่า แผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ เหมาะกับการประเมินการสุกของผลกาแฟอาราบิก้าจากต้นที่ปลูกในที่ร่ม ควรตัดแถบสีระยะผลอ่อนหรือระยะ 0 ออก เนื่องจากเกษตรกรและแรงงานรับจ้างจะไม่เก็บเกี่ยวในระยะนี้ ในแต่ละแถบสีควรตัดสีอ่อนออก เนื่องจากสีกลางและสีเข้มของแต่ละแถบสีที่ทดแทนระยะความสุกแก่ของผลกาแฟเป็นสีที่ใกล้เคียงและเหมือนกับสีผลกาแฟมากที่สุด และควรมีการเจาะรูกลางช่องสีเพื่อง่ายต่อการเทียบสีกับผลกาแฟ พกพาโดยนำแผ่นเทียบสีกาแฟผูกติดกับสายคล้องคอ นอกจากนี้ ควรมีแผ่นเทียบสีผลกาแฟอาราบิก้าสำหรับแปลงที่ปลูกกลางแจ้งด้วย เนื่องจากสีของผลกาแฟมีความแตกต่างจากต้นที่ปลูกแบบมีไม้ให้ร่มเงา จึงทำการปรับปรุงแผ่นเทียบสีกาแฟต้นแบบ ตามข้อเสนอจากการนำไปใช้งาน ประเมินสีผิวผลกาแฟที่มีความสุกแก่ตั้งแต่ระยะผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกเกิน จากต้นกาแฟที่เพาะปลูกในนาวิ แยกแผ่นเทียบสีเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ใช้กับกาแฟที่ปลูกร่วมกับไม้บังเงา และกาแฟที่ปลูกกลางแจ้ง จนได้แผ่นเทียบสีกาแฟที่สมบูรณ์มีจุดเด่น คือ สามารถใช้ประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟจากต้นที่เพาะปลูกร่วมกับไม้บังเงา และผลกาแฟจากต้นที่เพาะปลูกกลางแจ้งได้ โดยแผ่นเทียบสีกาแฟชุดนี้ มีขนาดเท่าต้นแบบแรก แต่มีการจัดเรียงสีเป็นชุดสี โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงตามความสุกแก่ของผลกาแฟ โดยแต่ละแถบสีที่ทดแทนความสุกแก่ของผลกาแฟ เริ่มตั้งแต่สีชมพู แสดงถึง (1) ผลกาแฟที่ยังไม่สุกสีแดง แสดงถึง (2) ผลกาแฟที่สุก ไปจนถึงสีแดงมะเขียวย แสดงถึง (3) ผลกาแฟที่สุกเกิน โดยแต่ละช่วง

แยกเพียง 2 ระดับสีที่ใกล้เคียงกับสีที่วัดได้จริง ด้วยการใช้เครื่องวัดสี colorimeter อ่านค่าสีในระบบ RGB และระบุ color group (Table 3)

เมื่อนำไปทดสอบ พบว่า แผ่นเทียบสีกาแฟที่ได้นี้ เหมาะกับการประเมินการสุกของผลกาแฟอะราบิกาจากต้นที่ปลูกร่วมกับไม้ให้ร่มเงา และต้นที่ปลูกกลางแจ้ง โดยเกษตรกรและแรงงานรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟให้การยอมรับเทคโนโลยีการประเมินการสุกแก่ของเชอร์รี่โดยใช้แผ่นเทียบสีนี้ เนื่องจากช่องสีที่กว้างขึ้นทำให้เปรียบเทียบได้ชัดเจนเมื่อนำวางบนผลกาแฟที่อยู่กลางแจ้ง ใช้งานง่าย ขนาดสะดวกต่อการพกพาและใช้งาน สามารถแก้ไขปัญหาการสื่อสารระหว่างผู้จ้างและแรงงานรับจ้างเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่ไม่มีประสบการณ์และทักษะ ลดปัญหาการปะปนผลอ่อนที่ไม่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตามควรมีการต่อยอดด้วยการทำแผ่นเทียบสีเชอร์รี่เป็นสายรัดข้อมือ หรือริสแบนด์ และแอปพลิเคชันในมือถือเพื่อความสะดวกต่อผู้ใช้งาน และทำแผ่นเทียบสีที่ใช้กับผลกาแฟผลสีเหลือง

Table 3 The invented color chart for coffee grown in shaded and open areas

Maturity stage of Arabica coffee cherry	Shade Area			Open Area		
	Color chart	RGB	Color group	Color chart	RGB	Color group
unripen	1	R175:G136:B114	Greyed-orange group 174, Moderate reddish brown A	1	R185:G175:B139	Greyed-brown group N199, Strong Yellowish Grown D
		R158:G108:B92	Greyed-orange group 176, Moderate reddish brown B		R187:G160:B127	Greyed-orange group 166, Moderate orangeD
ripen	2	R143:G84:B84	Greyed-purple group 183, Moderate red C	2	R176:G115:B105	Greyed-red group 151, Moderate red A
		R129:G85:B87	Greyed-purple group 187, Dark red A		R164:G100:B100	Greyed-purple group 184, Greyed red A
over ripen	3	R111:G85:B94	Purple group N77, Greyish purple A	3	R121:G90:B96	Greyed-Purple group N186, Dark Greyish Red C
		R100:G82:B91	Brown group 200, Dark Greyish reddish brown A		R106:G90:B98	Brown group N200, Dark Greyish reddish brown A

การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ นำแผ่นเทียบสีที่ปรับปรุงแล้วนี้ ไปถ่ายทอดสู่กลุ่มเป้าหมายภายใต้การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การประเมินการสุกแก่ของผลกาแฟและการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟเบื้องต้น เมื่อวันที่ 2 กันยายน 2565 ในรูปแบบออนไลน์ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) จังหวัดเชียงราย มีเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอะราบิกา และผู้สนใจ เข้าร่วมจำนวน 30 ราย (Figure 9)



Figure 9 Training of assessment of the maturity stage of coffee cherries using color chart

สรุปผลการทดลอง

1. ได้ใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ของดัชนีการเก็บเกี่ยวกาแฟต่อสารสำคัญ รสชาติ และกลิ่นของเมล็ดกาแฟในการจัดทำแผนเทียบสีผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (ที่ราบเชียงราย) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) และศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟที่สูงเชียงราย (วาวิ) จากงานวิจัย พบว่า กรดคลอโรจีนิค และ คาเฟอีนเป็นส่วนประกอบสำคัญในเมล็ดกาแฟและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอายุของผลกาแฟ สารกาแฟที่ได้จากผลกาแฟระยะที่ 2 ผลสุกเป็นสีแดง ได้รับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในการทดสอบทางประสาทสัมผัส เรื่องกลิ่นและกลิ่นรสสูงที่สุด ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมและมีคุณภาพดีของผลกาแฟอะราบิกา คือ ผลมีอายุไม่น้อยกว่า 232 วันหลังดอกบาน และน้ำคั้นจากกาแฟชอว์รีกาแฟควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 17 °Brix และเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีแดง ได้เมล็ดกาแฟคุณภาพดี มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2. การเลือกใช้สีผิวผลกาแฟที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์แผ่นเทียบสี แผ่นเทียบสีที่ประดิษฐ์ขึ้นแยกเป็นแผ่นเทียบสีกาแฟสำหรับกาแฟปลูกกลางแจ้งและกาแฟปลูกร่วมกับไม้ให้ร่มเงา แผ่นเทียบสีที่ประดิษฐ์ มีสีแบ่งออกเป็น 3 ช่วง เริ่มตั้งแต่สีชมพู แสดงถึง (1) ผลกาแฟที่ยังไม่สุก สีแดง แสดงถึง (2) ผลกาแฟที่สุก (ระยะที่แนะนำให้เก็บเกี่ยวผลกาแฟ) ไปจนถึงสีแดงมะเหมี่ยว แสดงถึง (3) ผลกาแฟที่สุกเกิน

การนำไปใช้ประโยชน์

การถ่ายทอดเทคโนโลยีแผ่นเทียบสีสำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟในระยะที่เหมาะสม สู่กลุ่มเป้าหมายผ่านการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การประเมินการสุกแก่ของเชอร์รี่และการคัดคุณภาพเมล็ดกาแฟเบื้องต้น ในปี พ.ศ. 2565 จำนวน 1 ครั้ง (Figure 10)



Figure 10 Model of color chart for Arabica coffee cherries harvesting

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า. 2562. ธุรกิจผลิตกาแฟหวิเคราะห์ธุรกิจ ประจำปีเดือนมกราคม 2562. แหล่งข้อมูล : https://www.dbd.go.th/download/document_file/Statistic/2562/T26/T26_201901.pdf. สืบค้น : วันที่ 6 เมษายน 2565.
- กรมวิชาการเกษตร. 2559ก. การผลิตกาแฟครบวงจร: การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว. แหล่งข้อมูล : <http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/prepostharvest.pdf>. สืบค้น : วันที่ 17 พฤษภาคม 2559.

- กรมวิชาการเกษตร. 2559ข. การผลิตกาแฟครบวงจร : ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์กาแฟ.
แหล่งข้อมูล :
<http://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/botanyandcultivar.pdf>. สืบค้น :
วันที่ 17 พฤษภาคม 2559.
- โกเมศ สัตยาจุ. 2559. Coffee taster and roaster level 1. เอกสารประกอบการฝึกอบรม วันที่ 25-29 เม.ย. 2559. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.
- มานพ หาญเทวี จันทรเพ็ญ แสนพรหม และอุทัย นพคุณวงศ์, 2547. ศึกษาคุณภาพเมล็ดกาแฟดิบในแต่ละแหล่งปลูกที่ระดับความสูงต่างกัน. หน้า 48-58. ใน : รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2545-2550. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่.
- อารีรัตน์ การุณสถิตชัย โกเมศ สัตยาจุ สุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี ฉัตตนาภา ช่มอาวุธ และปานหทัย นพชินวงศ์. 2563. ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน ($^{\circ}$ Brix) ปริมาณทริปีโตเฟนและสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอร์รี่ในกาแฟอาราบิก้าพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสต้าพันธุ์ชุมพร 2. หน้า 1-13. ใน : รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2563. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร.
- Boot, W. 2005. Cupping for flavor vs. Defects. *Roast Magazine*. 2005 (Jan/Feb):1-4.
- Castro, R. D., and P. Marraccini. 2006. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Braz. J. Plant Physiol.* 18(1):175-199.
- Keiko, I., S. Daiki, S. Harumichi, S. Hiroaki, F. Yoshinori, M. Daisuke, W. Hiroyaki, N. Chifumi and N. Koichi. 2014. World's First Evaluation of the Strong Correlation between Tryptophan in *Coffea arabica* green beans and the Maturity Level of Coffee Cherries, a Determinant of Coffee Flavor Quality. Presentation at the 25th International Conference on Coffee Science. Available at:
<http://www.suntry.com/softdrink/news/pr/d/SBF0198.html?fromid=sic>. Accessed: July 7, 2016.
- SCAA. 2012. SCAA standard for cupping: cupping vessel v.06_20_2012. Available at:
<http://www.scaa.org>. Accessed: December 7, 2016.
- SCAA. 2014. Three varieties in El Salvador Production and Potential. Available at:
<https://static1.squarespace.com/static/53a8685ee4b0b60c01cf8b20/t/53b2d744e4b00f80139736bd/1404229444681/2014+SCAA++Three+Varieties+Presentation.pdf>. Accessed: July 7, 2016.

การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกปาสธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248

ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร

Registration of Food Producers Exporting to the People's Republic of China, According to Decree 248 under the Operation of Department of Agriculture

พิทยาภรณ์ ตันติยากร¹ ทรรศน์สรล รัตนทัศนีย¹ อุมารณ สุจริตทวิสุข² จิตติภา พรพลอยจันท์¹

รามธ แชนเหลา¹ วีรยuth สุทธิรักษ์¹ วรณญา ปานเกตุ¹ มธสร ลำสูง¹ ณัชนัวรค์ม เปี่ยมญาติ¹

Pittayaporn Tantiyakorn¹ Tasrun Ratanathusnee¹ Umaporn Sujarittaweek²

Thitipa Phonploychan¹ Ramet Saelhao¹ Weerayuth Suttirak¹ Warunya Panket¹

Mathusorn Lamsoong¹ Nutwarat Peumyart¹

บทคัดย่อ

สาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นประเทศผู้นำเข้าสินค้าเกษตรและอาหารที่สำคัญของไทย ได้ออกระเบียบ 248 ว่าด้วยการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อใช้กำกับการขึ้นทะเบียนของกิจการการผลิต การแปรรูป และการเก็บรักษาสินค้าอาหารที่นำเข้ามายังสาธารณรัฐประชาชนจีน มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 ส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตสินค้าอาหารที่ไม่ได้รับการขึ้นทะเบียน จะไม่สามารถส่งออกสินค้า ไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ ดังนั้นกรมวิชาการเกษตร ในฐานะหน่วยงานกำกับดูแลสินค้าเกษตรด้านพืช ของไทย มีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบและเสนอชื่อผู้ผลิตสินค้าอาหารด้านพืช ที่ต้องขึ้นทะเบียนผ่านหน่วยงาน กำกับดูแลของประเทศผู้ส่งออก จึงได้ทำการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกปาสธารณรัฐประชาชนจีนตาม ระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระเบียบ 248 จัดทำ หลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียน เอกสารแบบฟอร์มต่างๆ และจัดทำคู่มือการขึ้นทะเบียน ตรวจสอบข้อมูล และเสนอรายชื่อผู้ผลิตสินค้าอาหารให้ได้รับการขึ้นทะเบียน ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2564 ถึง มีนาคม 2566 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ 1) การศึกษา รวบรวมข้อมูลของระเบียบ 248 2) การกำหนดหน่วยงาน รับผิดชอบในการขึ้นทะเบียนผ่าน CA ของไทย 3) การกำหนดขั้นตอนการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหาร 4) การ จัดทำหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียน เอกสารแบบฟอร์มต่างๆ และการจัดทำคู่มือการขึ้นทะเบียน 5) การ ประชาสัมพันธ์การขึ้นทะเบียน การฝึกอบรม และการประชุมชี้แจง 6) การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารตาม ระเบียบ 248 7) การประเมินผลการดำเนินงาน ผลการดำเนินงาน ได้หลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนผู้ผลิต

¹ กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช 50 พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Plant Standard and Certification Division 50 Phaholyothin, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

² สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 อ. กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี 84160

² Office of Agricultural Research and Development Region Kanjanadit, Surat Thani, 84160

สินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน ตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร และคู่มือการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหาร นำมาประชาสัมพันธ์และอบรมให้ความรู้ผู้ผลิตสินค้าอาหาร ทำให้ผู้ผลิตสินค้าอาหารสามารถยื่นขึ้นทะเบียนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ของสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ โดยมีผู้ผลิตสินค้าอาหารได้รับการพิจารณาอนุมัติขึ้นทะเบียนตั้งแต่ตุลาคม 2564 ถึง มีนาคม 2566 จำนวน 273 คำขอ และเมื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 พบว่าผู้ยื่นคำขอมีความพึงพอใจเฉลี่ยร้อยละ 86.70

คำสำคัญ: การขึ้นทะเบียน 248 ระเบียบ 248 ผู้ผลิตสินค้าอาหาร ระบบ CIFER สาธารณรัฐประชาชนจีน

ABSTRACT

The People's Republic of China, Thailand's importer of agricultural and food products, has issued Regulations on the Registration and Administration of Overseas Producers of Imported Food (Decree 248). To supervise the registration of Food Producers. Production type of production, processing and storage of food products imported to the People's Republic of China. The regulation will enter into force on January 1, 2022. This affects manufacturers of unregistered food products who will not be able to export their products to the Republic of China. Department of Agriculture (DOA) the regulator of agricultural products on crops, important role in inspected and proposed a list of food producers that must be registered through the competent authority (CA) of the exporting country. DOA has prepared the registration of food producers exported to the People's Republic of China in accordance with Decree 248 under the operation by DOA. The objective is to study Decree 248, prepared criteria and conditions for registration, documents, forms and registration manuals. Check the information and propose a list of food producers to be registered. Implementation period since October 2021 to March 2023 as follows 1) Study, gather information of Decree 248. 2) Determination of CA for responsibilities of registration. 3) Determination of the procedure for registration of food producers. 4) Preparation of criteria and conditions for registration documents, forms and registration manuals. 5) Public relations of registration, training and meetings. 6) Registration of food producers according to Decree 248 and 7) Evaluation of performance. Result the criteria and conditions for registration of food producers exported to the People's Republic of China in accordance with Decree 248 under the operation by DOA and the food producers registration manual to communication and training food producers. This allows food producers to submit registrations through the People's Republic of China's electronic system. Food producers are considered for registration. There were 273 applications,

when assessing the satisfaction level of the applicants for registration under Decree 248, it was found that the applicants were satisfied level with an average of 86.70 % of all topics.

Key words: Registration 248, Decree 248, Food Producers, CIFER, The People's Republic of China

คำนำ

ประเทศไทย เป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลก โดยมีสาธารณรัฐประชาชนจีนเป็นประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ในปี พ.ศ.2564 ไทยส่งออกสินค้าไปสาธารณรัฐประชาชนจีนและฮ่องกง ในหมวดสินค้ากสิกรรม มูลค่า 336,752.15 ล้านบาท และหมวดสินค้าอุตสาหกรรมเกษตร มูลค่า 48,132.39 ล้านบาท โดยมีสินค้าด้านพืชที่สำคัญ เช่น ข้าว มีมูลค่า 15,461.04 ล้านบาท ผลไม้แห้ง มีมูลค่า 8,217.31 ล้านบาท แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว มีมูลค่า 1,703.74 ล้านบาท น้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลือง มีมูลค่า 999.24 ล้านบาท เป็นต้น (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2566)

สำนักงานศุลกากรแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน (General Administration of Customs of the People's Republic of China: GACC) ซึ่งเป็นหน่วยงานเดียวที่กำกับดูแลตรวจสอบกักกันโรคในคน ตรวจสอบกักกันพืชและผลิตภัณฑ์พืช สัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ ความปลอดภัยของอาหารและสินค้าที่นำเข้าและส่งออกสาธารณรัฐประชาชนจีน รวมถึงจัดเก็บภาษีศุลกากร ได้ออกกฎระเบียบว่าด้วยการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารนำเข้าจากต่างประเทศ: ระเบียบ 248 (Regulations on the Registration and Administration of Overseas Producers of Imported Food: Decree 248) สำหรับใช้ในการกำกับดูแลการขึ้นทะเบียนผู้ผลิต ผู้แปรรูป และสถานที่เก็บสินค้า เพื่อให้สินค้าอาหารจากต่างประเทศที่นำเข้ามายังสาธารณรัฐประชาชนจีนมีความปลอดภัยและปลอดศัตรูพืช โดยมีการกำหนดวิธีการขึ้นทะเบียนของแต่ละกลุ่มสินค้า เอกสารประกอบการขึ้นทะเบียน ข้อมูลคำขอขึ้นทะเบียน วิธีการประเมินระบบบริหารจัดการด้านความปลอดภัยอาหารและสุขอนามัยพืชเพื่อการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหาร เช่น การตรวจสอบเอกสาร การตรวจสอบผ่านวิดีโอทางไกล การลงพื้นที่ตรวจสอบ เป็นต้น โดยการขึ้นทะเบียน เป็น 2 รูปแบบ ตามกลุ่มสินค้า ได้แก่ (1) สินค้าที่ผู้ผลิตอาหารต้องขึ้นทะเบียนผ่านหน่วยงานกำกับดูแลของประเทศผู้ส่งออก (competent authority : CA) และ (2) สินค้าที่ผู้ผลิตอาหารต้องขึ้นทะเบียนโดยตรงกับ GACC (สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงปักกิ่ง, 2564) ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 สินค้าอาหารที่ต้องการส่งออกไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน ผู้ผลิตสินค้าอาหารจะต้องได้รับการขึ้นทะเบียนจาก GACC แล้วเท่านั้น การดำเนินการตามระเบียบ 248 เป็นเรื่องใหม่และเร่งด่วนซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนจำนวนมาก มีสินค้าอาหารมากกว่า 5,000 รายการที่ต้องขึ้นทะเบียนตามระเบียบฉบับนี้ หากไม่ดำเนินการผู้ผลิตอาหาร จะไม่สามารถส่งออกสินค้าไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีนได้ ส่งผลกระทบต่อภาคการ

ส่งออกในวงกว้างมีผลต่อปริมาณและมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและอาหารของไทย รายได้เข้าประเทศ ลดลง ราคาสินค้าเกษตรภายในประเทศตกต่ำ และอาจสูญเสียส่วนแบ่งทางการตลาดให้กับประเทศคู่แข่ง

กรมวิชาการเกษตร โดยกองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช (กมพ.) ในฐานะหน่วยงานกำกับดูแลสินค้าเกษตรด้านพืชของไทย จึงมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบและเสนอชื่อผู้ผลิตอาหารที่ต้องขึ้นทะเบียน ตามระเบียบ 248 ผ่านหน่วยงานกำกับดูแลของประเทศผู้ส่งออก เพื่อให้ผู้ผลิตอาหารได้รับการขึ้นทะเบียน รักษา ตลาดการส่งออกสินค้าอาหารไปจำหน่ายยังสาธารณรัฐประชาชนจีน โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระเบียบ 248 จัดทำคำขอขึ้นทะเบียนและหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียน คู่มือการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหาร ส่งออกไปจีนตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร ตรวจสอบข้อมูลและเสนอรายชื่อ ผู้ผลิตสินค้าอาหารเพื่อให้ได้รับการขึ้นทะเบียนจาก GACC ดำเนินการระหว่างเดือนตุลาคม 2564 ถึง มีนาคม 2566

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. การศึกษา รวบรวมข้อมูล ของระเบียบ 248 ว่าด้วยการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารนำเข้าจากต่างประเทศ โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ต่างๆ และบันทึกข้อความจากสำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงปักกิ่ง (สพช.ปักกิ่ง) เพื่อเตรียมการสำหรับออกแบบขั้นตอนการดำเนินการของกรมวิชาการเกษตร

2. การกำหนดหน่วยงานรับผิดชอบในการขึ้นทะเบียนผ่าน CA ของไทย โดยการประชุมหารือร่วมกัน ระหว่างหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และกระทรวง สาธารณสุขเพื่อพิจารณากำหนดหน่วยงานที่รับผิดชอบในการขึ้นทะเบียนผ่าน CA ของแต่ละกลุ่มสินค้า

3. การกำหนดขั้นตอนการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารตามระเบียบ 248 แบ่งออกเป็น 2 วิธี ตามที่ ได้รับแจ้งจาก GACC

4. การจัดทำหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกตามระเบียบ 248 ไป สาธารณรัฐประชาชนจีน ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร การจัดทำเอกสารแบบฟอร์มต่างๆ สำหรับใช้ในการขึ้นทะเบียน และการจัดทำคู่มือการขึ้นทะเบียน

5. การประชาสัมพันธ์การขึ้นทะเบียน การฝึกอบรม และการประชุมชี้แจง ให้ผู้ผลิตอาหาร สามารถ ดำเนินการขึ้นทะเบียนได้

6. การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารตามระเบียบ 248 ดำเนินการติดตามผลการพิจารณาขึ้นทะเบียน 248 ของ GACC ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ 2 ช่องทาง คือ การตรวจสอบผ่านระบบ CIFER ที่เว็บไซต์ <http://cifer.singlewindow.cn> และที่เว็บไซต์ <http://ciferquery.singlewindow.cn>

7. การประเมินผลการดำเนินงาน เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนในการรับบริการ โดยการส่งแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้ผลิตสินค้าอาหารต่อการขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 ภายใต้การ ดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตรให้กับผู้ยื่นคำขอ เพื่อนำผลมาใช้ในการพัฒนาการดำเนินงานต่อไป

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษา รวบรวมข้อมูล ของระเบียบ 248

เมื่อวันที่ 12 เมษายน 2564 GACC ได้ประกาศกฎระเบียบว่าด้วยการจัดการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารนำเข้าจากต่างประเทศ: ระเบียบ 248 สำหรับใช้ในการกำกับดูแลการขึ้นทะเบียนกิจการผลิต แปรรูป และเก็บรักษาสินค้าอาหารในต่างประเทศที่มีการนำเข้ามายังสาธารณรัฐประชาชนจีน เพื่อให้สินค้าอาหารจากต่างประเทศที่นำเข้ามามีความปลอดภัยและปลอดภัยต่อสุขภาพ มีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม 2565 ซึ่งระเบียบฉบับนี้มีทั้งหมด 4 บท 28 มาตรา มีสาระสำคัญดังนี้

บทที่ 1 : บททั่วไป

มาตรา 1-4 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ กฎหมายที่ให้อำนาจในการออกระเบียบ ขอบข่ายการบังคับใช้ หน่วยงานที่รับผิดชอบในการขึ้นทะเบียน โดยผู้ผลิตอาหารนำเข้าจากต่างประเทศ ครอบคลุม กิจการผลิต แปรรูป และเก็บรักษาสินค้าอาหารในต่างประเทศที่มีการนำเข้ามายังสาธารณรัฐประชาชนจีน ต้องได้รับการขึ้นทะเบียนกับ GACC

บทที่ 2 : เงื่อนไขและขั้นตอนการขึ้นทะเบียน

มาตรา 5 กำหนดเงื่อนไขในการขึ้นทะเบียน โดยประเทศผู้ส่งออกต้องมีระบบการจัดการความปลอดภัยอาหารที่มีประสิทธิภาพ ปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านการตรวจสอบและกักกันโรค และผ่านการตรวจสอบหรือได้รับการประเมินความเท่าเทียมกันจาก GACC

มาตรา 6-12 กำหนดรูปแบบการขึ้นทะเบียนตามกลุ่มสินค้าและเอกสารประกอบการขึ้นทะเบียนของแต่ละรูปแบบ ข้อมูลในใบสมัครการขึ้นทะเบียน และความรับผิดชอบของ CA ต่อความถูกต้องของเอกสารโดยการขึ้นทะเบียนแบ่ง เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

(1) สินค้าที่ผู้ผลิตอาหารต้องขึ้นทะเบียนผ่าน CA ทั้งหมด 18 กลุ่มสินค้า ได้แก่ เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ในสัตว์ รังนกและผลิตภัณฑ์ น้ำผึ้งผลิตภัณฑ์จากผึ้ง ไข่และผลิตภัณฑ์ น้ำมัน/ไขมัน สำหรับการบริโภคและเมล็ดพืชน้ำมัน ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีสำเร็จรูปบรรจุใส่ ธัญพืชเพื่อการบริโภค ผลิตภัณฑ์เมล็ดธัญพืชเพื่อการอุตสาหกรรมและข้าวมอลต์ ผักสด/อบแห้งและเมล็ดถั่วแห้ง เมล็ดกาแฟและโกโก้ที่ยังไม่ผ่านการคั่ว เครื่องปรุงรส ถั่วเปลือกแข็งและเมล็ดพืช ผลไม้แห้ง เมล็ดกาแฟและเมล็ดโกโก้ที่ไม่ผ่านการคั่ว ผลิตภัณฑ์อาหารพิเศษ (ไม่รวมส่วนผสมนมเด็กทารก) อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์นม และผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ

(2) สินค้าที่ผู้ผลิตอาหารต้องขึ้นทะเบียนโดยตรงกับ GACC ได้แก่ กลุ่มสินค้าที่อยู่นอกเหนือ 18 กลุ่มข้างต้นทั้งหมด รวมถึงกำหนดวิธีการขึ้นทะเบียน และเอกสารประกอบการขึ้นทะเบียนของแต่ละกลุ่มสินค้า

มาตรา 13-14 กำหนดวิธีการตรวจสอบผู้ผลิตอาหาร การแจ้งผลการพิจารณา และการออกหมายเลขทะเบียนของ GACC

มาตรา 15 กำหนดให้ผู้ผลิตอาหารที่ได้รับการขึ้นทะเบียนติดหมายเลขทะเบียนบนบรรจุภัณฑ์ทั้งภายในและภายนอกของสินค้าอาหาร

มาตรา 16 กำหนดระยะเวลาการขึ้นทะเบียนมีผล 5 ปี

บทที่ 3 : การควบคุมการขึ้นทะเบียน

มาตรา 18-24 กำหนดการทวนสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดของผู้ได้รับการขึ้นทะเบียน ขั้นตอนการขอเปลี่ยนแปลงข้อมูลการขึ้นทะเบียน แนวทางการต่ออายุการขึ้นทะเบียน หน้าที่ของ CA ในการควบคุมกำกับผู้ได้รับการขึ้นทะเบียน การระงับและการเพิกถอนการขึ้นทะเบียน

บทที่ 4 : ข้อกำหนดเพิ่มเติม

มาตรา 25 กำหนดให้ระงับการนำเข้าและงดรับคำขอขึ้นทะเบียน กรณีประเทศผู้ส่งออกมีการแพร่ระบาดของโรคติดต่อหรือปัญหาด้านสาธารณสุขที่ร้ายแรง

มาตรา 26 กำหนดให้ CA มีหน้าที่รับผิดชอบความปลอดภัยอาหารและสุขอนามัยของสถานที่ผลิต

มาตรา 27 กำหนดให้ GACC มีหน้าที่ชี้แจงรายละเอียดตามประกาศนี้

มาตรา 28 กำหนดวันมีผลบังคับใช้วันที่ 1 มกราคม 2565

2. การกำหนดหน่วยงานรับผิดชอบในการขึ้นทะเบียนผ่าน CA ของไทย

ตามมาตรา 7 ของระเบียบ 248 ได้กำหนดให้อาหาร 18 กลุ่มสินค้าที่ผู้ผลิตอาหารต้องขึ้นทะเบียนผ่าน CA ของประเทศผู้ส่งออก หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องของไทยจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และกระทรวงสาธารณสุข ได้แก่ กรมวิชาการเกษตร กรมประมง กรมปศุสัตว์ สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงปักกิ่ง (สพช.ปักกิ่ง) ฝ่ายเกษตรประจำสถานกงสุลใหญ่ ณ นครเซี่ยงไฮ้ และ นครกว่างโจว และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) จึงได้ประชุมหารือร่วมกันเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2564 เพื่อพิจารณากำหนดหน่วยงานที่รับผิดชอบในการขึ้นทะเบียนผ่าน CA ของแต่ละกลุ่มสินค้า ได้ข้อสรุปว่า

กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการขึ้นทะเบียน 9 กลุ่มสินค้า ได้แก่ (1) น้ำมัน/ไขมัน สำหรับการบริโภคและเมล็ดพืชน้ำมัน (2) ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีสำเร็จรูปบรรจุใส่ กรณีที่ไม่มีไส้หรือบรรจุไส้ ผักหรือผลไม้ (3) ธัญพืชเพื่อการบริโภค (4) ผลิตภัณฑ์เมล็ดธัญพืชเพื่อการอุตสาหกรรมและข้าวมอลต์ (5) ผักสด/อบแห้งและเมล็ดถั่วแห้ง (6) เมล็ดกาแฟและโกโก้ที่ยังไม่ผ่านการคั่ว (7) เครื่องปรุงรส (8) ถั่วเปลือกแข็ง และเมล็ดพืช และ (9) ผลไม้แห้ง โดยมี กมพ. เป็นผู้ดำเนินการ

กรมประมงเป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการขึ้นทะเบียนกลุ่มสินค้าผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ

กรมปศุสัตว์เป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการขึ้นทะเบียน 6 กลุ่มสินค้า ได้แก่ (1) เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ (2) ผลิตภัณฑ์ใส่น้ำสัตว์ (3) รังนกและผลิตภัณฑ์ (4) น้ำผึ้งผลิตภัณฑ์จากผึ้ง (5) ไช้และผลิตภัณฑ์ (6) ผลิตภัณฑ์นม

อย.เป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการขึ้นทะเบียน 2 กลุ่มสินค้า ได้แก่ (1) ผลิตภัณฑ์อาหารพิเศษ (ไม่รวมส่วนผสมเด็กทารก) และ (2) อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ

3. การกำหนดขั้นตอนการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารตามระเบียบ 248

ขั้นตอนการขึ้นทะเบียนแบ่งออกเป็น 2 วิธี ตามที่ได้รับแจ้งจาก GACC

วิธีที่ 1 ก่อนวันที่ 31 ตุลาคม 2564 เป็นขั้นตอนการขึ้นทะเบียนสำหรับผู้ผลิตอาหารที่เคยมีประวัติการส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 เมื่อผู้ผลิตอาหารยื่นคำขอพร้อมหลักฐาน

ประกอบคำขอ กรมปศุสัตว์และตรวจสอบคำขอ โดยพิจารณาหลักฐานยืนยันตัวตน การรับรองมาตรฐานด้านความปลอดภัยอาหาร รายการสินค้าที่ขอขึ้นทะเบียน และหลักฐานการส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน จากนั้นจัดทำบัญชีรายชื่อ และข้อมูลผู้ผลิตอาหารจำแนกตามกลุ่มสินค้า พร้อมจัดทำเอกสารรับรองความสอดคล้องของผู้ผลิตสินค้าอาหารเสนออธิบดีกรมวิชาการเกษตรลงนามส่ง GACC ผ่าน สปช.ปักกิ่ง เมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2564

วิธีที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2564 เป็นขั้นตอนการขึ้นทะเบียนสำหรับผู้ผลิตอาหารที่ไม่เคยมีประวัติส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน หรือส่งครั้งสุดท้ายก่อนวันที่ 1 มกราคม 2560 หรือไม่ได้ยื่นคำขอก่อนวันที่ 25 ตุลาคม 2564 ให้ดำเนินการผ่านระบบ CIFER มีขั้นตอนการขึ้นทะเบียน ดัง Figure 1

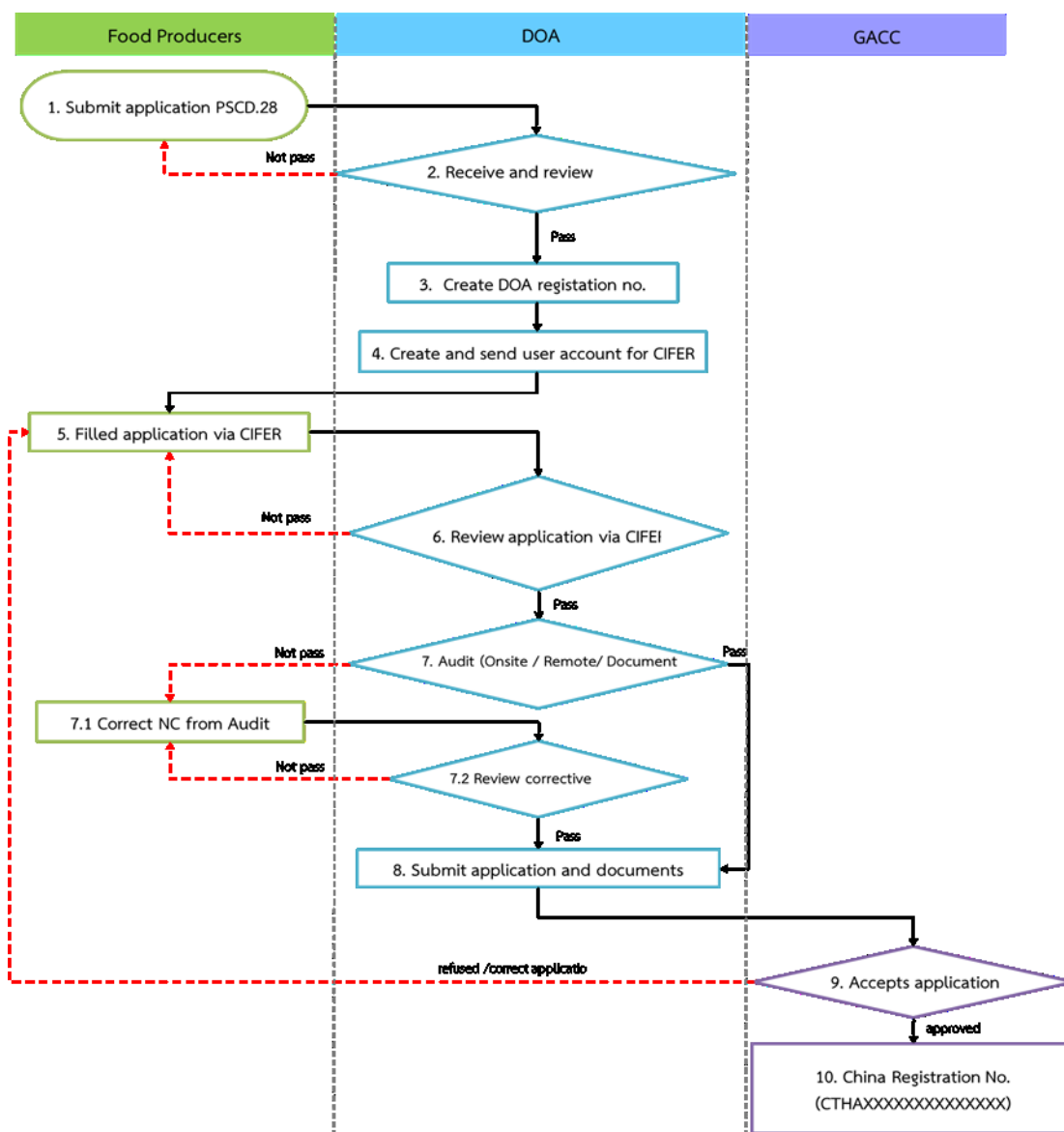


Figure 1 Flow chart of register Decree 248 via CIFER

โดยผู้ผลิตอาหารยื่นคำขอพร้อมหลักฐานประกอบคำขอทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ รับคำขอพร้อมตรวจสอบคำขอ โดยพิจารณาหลักฐานยืนยันตัวตน การรับรองมาตรฐานด้านความปลอดภัยอาหาร และพิศุทธการกรเงินของสินค้าที่ต้องการขึ้นทะเบียนว่าอยู่กลุ่มสินค้าที่ต้องขึ้นทะเบียนผ่าน กรมวิชาการเกษตร จากนั้น กรมพ. ออกเลขขึ้นทะเบียนและเข้าระบบ CIFER เพื่อสร้างบัญชีการใช้งาน และกำหนดรหัสผ่าน ส่งกลับไปให้ผู้ยื่นคำขอ ผู้ยื่นคำขอใช้บัญชีการใช้งานและรหัสผ่านที่ได้รับจาก กรมพ. ในเข้าใช้งานระบบ CIFER เพื่อกรอกข้อมูลพร้อมแนบเอกสาร ซึ่งกำหนดให้กรอกข้อมูลและแปลเอกสารแนบด้วยภาษาอังกฤษหรือภาษาจีนเท่านั้น และส่งผ่านระบบ จากนั้น กรมพ. ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและเอกสารแนบในหัวข้อ (1) ข้อมูลพื้นฐาน (2) การขึ้นทะเบียนจากหน่วยงานของรัฐ (3) ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการขึ้นทะเบียน เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต และควบคุมคุณภาพ (4) ประวัติการส่งออกจีนย้อนหลัง 2 ปี (5) ประวัติการส่งออกไปประเทศอื่น (6) ข้อมูลวัตถุดิบและส่วนผสม (7) การใช้สารกำจัดศัตรูพืช (8) แหล่งที่มาของวัตถุดิบ (9) น้ำใช้ในกระบวนการผลิต (10) บุคลากร จากนั้นพิจารณาเข้าตรวจประเมินสถานที่ผลิต หรือส่งเอกสารการตรวจประเมินตนเอง โดยพิจารณาสอดคล้องตามข้อกำหนดและจุดสำคัญที่ต้องตรวจสอบการขึ้นทะเบียนสำหรับสถานประกอบการผลิตสินค้านำเข้าในต่างประเทศ เมื่อผลการตรวจประเมินสถานที่ผ่านจะจัดทำรายงานการตรวจสอบ และเอกสารรับรองความสอดคล้อง แล้วดำเนินการจัดส่งผ่านระบบ CIFER ให้ GACC พิจารณา ทั้งนี้ผู้ขอขึ้นทะเบียนสามารถติดตามสถานะการขึ้นทะเบียนได้จากระบบ CIFER

4. การจัดทำหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกตามระเบียบ 248

4.1 การจัดทำหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียน

ได้จัดทำหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งประกอบด้วย (1) วิธีการยื่นคำขอ (2) วิธีการกรอกข้อมูล การตรวจสอบ และส่งคำขอให้ GACC (3) การตรวจสอบเอกสาร และความร่วมมือในการตรวจประเมินของ GACC (4) อายุการขึ้นทะเบียนและระยะเวลายื่นคำขอต่ออายุ (5) การเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ได้รับการขึ้นทะเบียน (6) การคงไว้ การระงับ และการเพิกถอนทะเบียน (7) การระงับการส่งออกด้วยตนเองเมื่อไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของการขึ้นทะเบียน (8) การขึ้นทะเบียนโรงงานผลิตสินค้านำเข้ากับกรมวิชาการเกษตร

4.2 จัดทำเอกสารและแบบฟอร์มต่างๆ สำหรับใช้ในการขึ้นทะเบียน เพื่อใช้ในการรับสมัคร ประเมินและแนบในระบบ CIFER ซึ่งประกอบด้วย

1) คำขอขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร (แบบฟอร์ม กรมพ.28) ประกอบด้วยชื่อ ที่ตั้ง สถานที่ผลิต รายการสินค้า และพิศุทธการ (HS Code) ของสินค้าที่ต้องการขึ้นทะเบียน ประวัติการส่งออกปสาธารณรัฐประชาชนจีน พร้อมแนบหนังสือรับรองการจดทะเบียนนิติบุคคล สำเนาบัตรประจำตัวประชาชนของผู้มีอำนาจลงนาม (กรณีไม่ได้มายื่นเอกสารด้วยตนเอง) หนังสือมอบอำนาจ (กรณีมอบอำนาจให้ผู้อื่นดำเนินการแทน) สำเนาหนังสือรับรองมาตรฐานการผลิต

2) หนังสือรับรองสถานะของผู้ผลิตอาหาร

3) หนังสือรับรองการปฏิบัติตามระเบียบ 248 และเสนอชื่อการขึ้นทะเบียน

4) ข้อกำหนดและจุดสำคัญที่ต้องตรวจสอบการขึ้นทะเบียนสำหรับสถานประกอบการผลิตสินค้านำเข้าในต่างประเทศ

ประเมินสถานประกอบการและพิจารณาการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดและจุดสำคัญที่ต้องตรวจสอบการขึ้นทะเบียนสำหรับสถานประกอบการผลิตสินค้านำเข้าในต่างประเทศ จำนวน 9 ฉบับ จำแนกตามกลุ่มสินค้า 9 กลุ่ม ที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบในการขึ้นทะเบียน โดยแปลและเรียบเรียงจาก Conditions and key points of control inspections of overseas production enterprise of imported (1) edible oils and oil seeds (2) stuffed pastry products (3) edible grains (4) grain milling industrial products and malt overseas manufacturers (5) fresh and dehydrated vegetables and dried beans (6) nuts and seeds food (7) plant spices (8) dried fruits (9) unroasted coffee beans and cocoa (GACC, 2021) ซึ่งผู้ผลิตอาหาร สามารถนำไปใช้ในการเตรียมความพร้อม และประเมินตนเองในเบื้องต้นได้

สำหรับข้อกำหนดและจุดสำคัญที่ต้องตรวจสอบการขึ้นทะเบียนสำหรับสถานประกอบการผลิตสินค้านำเข้าในต่างประเทศ ประกอบด้วยหัวข้อ (1) ข้อมูลพื้นฐานของสถานประกอบการ (2) ระบบการจัดการ (3) การจัดการองค์กร (4) สถานที่และสภาพแวดล้อม (5) โครงสร้างสถานที่ผลิต (6) อุปกรณ์การผลิตและการแปรรูป (7) สถานที่จัดเก็บ (8) น้ำ/ไอน้ำ/น้ำแข็ง ที่ใช้ในการผลิตและแปรรูป (9) เกณฑ์การรับและการควบคุมวัตถุดิบ (10) แหล่งวัตถุดิบ (11) วัตถุดิบอาหาร (12) บรรจุภัณฑ์ (13) การประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (14) การควบคุมสารพิษจากเชื้อรา (15) การใช้สารเสริมโภชนาการ (16) การทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ (17) การควบคุมสารเคมี (18) การจัดการอันตรายทางกายภาพ (19) การควบคุมสัตว์พาหะ (20) การจัดการของเสีย (21) การตรวจสอบย้อนกลับและการเรียกคืน (22) การจัดการคลังสินค้า (23) การจัดการด้านสุขภาพและสุขอนามัยของบุคลากร (24) การฝึกอบรม (25) ข้อกำหนดการจัดการ (26) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (27) การป้องกันและควบคุมศัตรูพืชกักกันของจีน (28) การระบุศัตรูพืช (29) การควบคุมศัตรูพืช (30) การรมยา

5) การจัดทำคู่มือการขึ้นทะเบียน เนื่องจากการขึ้นทะเบียนผ่านระบบ CIFER เป็นเรื่องใหม่และมีความยุ่งยากซับซ้อน การดำเนินงานในระยะแรกศึกษาวิธีการเข้าใช้งานจาก User Manual of Registration Management System for Overseas Manufacturers of Imported Food For Overseas Competent Authorities (China International Trade Single Window, 2021) จากนั้นนำมาจัดทำ (ร่าง) คู่มือการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 ภายได้ การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร เพื่อให้เจ้าหน้าที่ทดลองใช้งานระบบ CIFER ในขั้นต้นพบว่าเจ้าหน้าที่ ไม่สามารถตรวจสอบสถานะของคำขอได้ ไม่สามารถยื่นคำขอขึ้นทะเบียนใหม่กรณีถูกปฏิเสธจาก GACC และขอเปลี่ยนแปลงข้อมูลเมื่อได้รับการขึ้นทะเบียนแล้ว จึงได้ปรับแก้ไข (ร่าง) คู่มือการขึ้นทะเบียน ฯ โดยเพิ่มรายละเอียดในส่วนที่พบเนื่องจากระบบ CIFER มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีการปรับเปลี่ยนวิธีการใช้งานในหัวข้อต่างๆ จำเป็นต้องศึกษา

การใช้งานระบบอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงทดลองใช้งานในส่วนการยื่นคำขอ ขึ้นทะเบียนของผู้ผลิตสินค้าอาหาร และใช้งานในฐานะหน่วยงานกำกับดูแล เพื่อที่จะสามารถนำความรู้ไปถ่ายทอดให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้ ทั้งนี้ได้นำความรู้และประสบการณ์จัดทำเป็นเอกสารคู่มือการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร เพื่อใช้เป็นคำแนะนำสำหรับผู้ผลิตสินค้าอาหารในการยื่นคำขอขึ้นทะเบียนฯ รวมถึงการจัดเตรียมเอกสาร เนื้อหาประกอบด้วย (1) การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารส่งออกไปจีน (2) ขั้นตอนในการยื่นคำขอขึ้นทะเบียน (3) การตรวจสอบกลุ่มสินค้าตามพิกัดศุลกากรจีนของสินค้าที่ต้องการขึ้นทะเบียน (3) การขอขึ้นทะเบียนใหม่ วิธีการกรอกข้อมูลและเอกสารที่ต้องยื่น (4) การเปลี่ยนแปลงข้อมูลสำหรับผู้ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนแล้ว วิธีการขอเปลี่ยนแปลงแก้ไขคำขอ (5) การส่งคำขอใหม่ เมื่อถูกปฏิเสธจาก GACC และ (6) การตรวจสอบสถานะการขึ้นทะเบียน และเลขทะเบียนที่ได้รับอนุมัติจาก GACC

5. การประชาสัมพันธ์การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหาร

5.1 ประชาสัมพันธ์การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารตามระเบียบ 248 โดยจัดทำหนังสือแจ้งผู้ผลิตอาหาร รวมถึงแจ้งผ่านหอการค้าไทยและสภาหอการค้าแห่งประเทศไทย สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูปกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ให้ทราบว่า GACC มีการประกาศระเบียบใหม่ในการนำเข้าสินค้าอาหาร มีผลบังคับใช้ในวันที่ 1 มกราคม 2565 รวมทั้งประชาสัมพันธ์ให้ทราบถึงวิธีการขึ้นทะเบียนสำหรับผู้ผลิตอาหารกลุ่มที่ต้องขึ้นทะเบียนผ่านกรมวิชาการเกษตร เอกสารที่ต้องจัดส่ง ช่องทางการจัดส่งเอกสารและช่องทางสำหรับติดต่อสอบถามรายละเอียดและข้อมูลเพิ่มเติม โดยผู้ผลิตอาหารที่เคยมีประวัติการค้าอาหารที่ส่งออกมายังสาธารณรัฐประชาชนจีนตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 ใน 9 กลุ่มสินค้า สามารถยื่น แบบฟอร์ม กมพ. 28 ลงนามในหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน ตามระเบียบ 248 และกรอกข้อมูลตามแบบฟอร์มบัญชีรายชื่อขอรับการขึ้นทะเบียนเป็นบริษัทผู้ผลิตอาหารส่งออกของต่างประเทศตามที่ GACC กำหนด พร้อมแนบหลักฐานการส่งออกครั้งล่าสุด ส่งกลับมายัง กรมพ. ภายในวันที่ 25 ตุลาคม 2564 สำหรับผู้ผลิตอาหารที่ไม่เคยมีประวัติส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน หรือส่งครั้งสุดท้ายก่อนวันที่ 1 มกราคม 2560 หรือไม่ได้ยื่นคำขอก่อนวันที่ 25 ตุลาคม 2564 สามารถขอขึ้นทะเบียนโดยดำเนินการผ่านเว็บไซต์ของ China Import Food Enterprise Registration (CIFER) ที่ <http://cifer.singlewindow.cn>

5.2 จัดอบรมสัมมนา เรื่อง ระเบียบ 248 และขั้นตอนการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2565 ผ่านระบบออนไลน์ ให้กับผู้ผลิตสินค้าอาหารที่ประสงค์ส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีน มีผู้สนใจเข้ารับการอบรม จำนวน 558 คน เป็นผู้ผลิตสินค้าอาหาร 448 คน เจ้าหน้าที่ภาครัฐ 110 คน โดย ผู้ผ่านการฝึกอบรมได้รับประกาศนียบัตร รวมถึงมีการเผยแพร่เอกสารจากการบรรยายบนเว็บไซต์ของ กรมพ. ที่ https://www.doa.go.th/psco/?page_id=8337 เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำไปใช้ทบทวนความรู้ รวมทั้งสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมภายในของสถานประกอบการได้

5.3 จัดประชุมชี้แจงขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูลตามระเบียบ 248 ผ่านระบบ CIFER ให้กับผู้ผลิตสินค้าอาหารที่ได้รับการขึ้นทะเบียน 248 จาก GACC แล้ว ผ่านระบบออนไลน์ จำนวน 4 ครั้ง เมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2565 วันที่ 19 สิงหาคม 2565 วันที่ 28 ตุลาคม 2565 และวันที่ 16 มกราคม 2566 เพื่อให้ทราบขั้นตอนการเข้าระบบ วิธีการปรับปรุงข้อมูลในแต่ละหัวข้อ การขอเพิ่มรายการสินค้า รายการเอกสารที่ต้องจัดเตรียมเพื่อแปลเป็นภาษาจีนหรือภาษาอังกฤษ การตรวจสอบสถานะคำขอ การกรอกหนังสือรับรองบริษัท และเอกสารขอเปลี่ยนแปลงข้อมูล รวมทั้งตอบข้อซักถาม โดยมีผู้สนใจเข้าประชุม จำนวน 278 คน

6. การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารตามระเบียบ 248

ติดตามผลการพิจารณาอนุมัติขึ้นทะเบียน 248 ของ GACC ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ 2 ช่องทาง คือ การตรวจสอบผ่านระบบ CIFER ที่เว็บไซต์ <http://cifer.singlewindow.cn> และที่เว็บไซต์ <http://ciferquery.singlewindow.cn> โดยแบ่งเป็น (1) ผู้ได้รับการพิจารณาอนุมัติขึ้นทะเบียนแบ่งเป็นผู้ผลิตสินค้าอาหารที่เคยมีประวัติการส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 ซึ่งกรมวิชาการเกษตรส่งบัญชีรายชื่อให้ GACC ผ่าน สปช.ปักกิ่ง เมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2564 จำนวน 51 คำขอ และ (2) ผู้ผลิตสินค้าอาหารที่ดำเนินการขึ้นทะเบียนผ่านระบบ CIFER ตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน 2564 ถึง วันที่ 2 มีนาคม 2566 ได้รับการพิจารณาอนุมัติขึ้นทะเบียนจำนวน 222 คำขอ รวมทั้งสิ้น 273 คำขอ กลุ่มสินค้าผลไม้แห้ง มีคำขอขึ้นทะเบียนและได้รับอนุมัติขึ้นทะเบียนมากกว่ากลุ่มสินค้าอื่น (Table 1) โดยสินค้าที่ขอขึ้นทะเบียนส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งและเนื้อลำไยอบแห้ง ซึ่งมีมูลค่าการส่งออกในแต่ละปีก่อนข้างสูง จากสถิติการส่งออก ปี พ.ศ. 2564 ปริมาณ 131,735 ตัน มูลค่าประมาณ 7,151.13 ล้านบาท ส่งออกปี พ.ศ. 2565 ปริมาณ 136,883 ตัน มูลค่าประมาณ 6,476.78 ล้านบาท ปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 จากช่วงก่อนการบังคับใช้ระเบียบ 248 แต่มูลค่าลดลง ร้อยละ 9 (สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงปักกิ่ง, 2566) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลสินค้าส่งออกสำคัญของไทยตามโครงสร้างสินค้าส่งออก สาธารณรัฐประชาชนจีนและฮ่องกงนำเข้าลำไยอบแห้งจากไทยปี พ.ศ. 2564 ปริมาณ 148,491 ตัน มูลค่า 8,217.31 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2565 ปริมาณ 151,944 ตัน มูลค่า 8,153.34 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2566) และมีการนำเข้าลำไยอบแห้งไทยจำนวนมากในช่วงครึ่งปีหลัง โดยเฉพาะเดือนสิงหาคม - ธันวาคม เพื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น สำหรับการรองรับพฤติกรรมกบฏการค้าของชาวจีนในช่วงฤดูหนาว และการจัดเตรียมของขวัญในช่วงเทศกาล (ฝ่ายเกษตร ประจำสถานกงสุลใหญ่ ณ นครเซี่ยงไฮ้, 2565)

การเปลี่ยนแปลงระบบการขึ้นทะเบียนเพื่อส่งออกสินค้าไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 และการตั้งรับของประเทศไทย ช่วยให้การส่งออกสินค้าเกษตรดำเนินไปได้ตามปกติ ดังจะเห็นได้จากมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรด้านพืชไปสาธารณรัฐประชาชนจีนและฮ่องกง ในปี พ.ศ. 2564 มูลค่า 336,752.15 ล้านบาท และ ปี พ.ศ. 2565 มูลค่า 348,860.04 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2566)

Table 1 Number of registered food producer according to Decree 248 from October 2021 to March 2023

Catagory	edible oil and fat	stuff pasty products	edible Grains	milled grain industry products and malt	fresh and dehydrated	Plant spices	nuts and seeds	dried fruits	unroasted coffee beans and cocoa	total
(1) Applied in October 2021	4	0	0	4	3	4	5	31	0	51
(2) Applied since November 2021 via CIFER	8	2	104	7	11	4	3	83	0	222
Total	12	2	104	11	14	8	8	114	0	273

8. การประเมินผลการดำเนินงาน

เริ่มดำเนินการประชาสัมพันธ์ให้ข้อมูลกับภาคเอกชนตั้งแต่เดือนตุลาคม 2564 รวมถึงอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียน เพื่อให้สามารถยื่นขึ้นทะเบียนได้สำเร็จ ข้อมูล ณ วันที่ 2 มีนาคม 2566 มีผู้ขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 ได้ทั้งสิ้น 273 คำขอ เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนในการรับบริการ กรมฯ ได้ส่งแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้ผลิตสินค้าอาหารต่อการขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2566 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการดำเนินงานต่อไป โดยมีผู้ตอบแบบสำรวจความพึงพอใจ จำนวน 46 บริษัท พบว่าผู้ยื่นคำขอมีความพึงพอใจเฉลี่ยทุกด้านร้อยละ 86.70 และมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ผลประเมินความพึงพอใจในแต่ละด้าน (Figure 2)

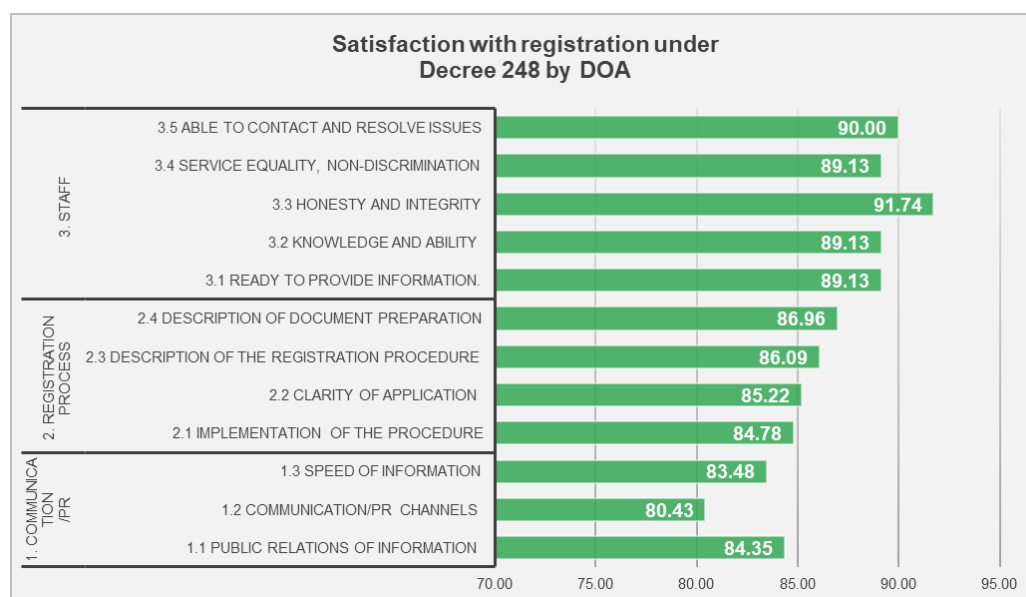


Figure 2 Satisfaction with registration under Decree 248 by DOA

8.1 ด้านเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ ผู้ยื่นคำขอมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดในหัวข้อความซื่อสัตย์ สุจริตในการปฏิบัติหน้าที่ เช่น ไม่ขอสิ่งตอบแทน ไม่รับสินบน ไม่หาประโยชน์ในทางมิชอบ เป็นต้น ร้อยละ 91.74 รองลงมาหัวข้อสามารถติดต่อและแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ร้อยละ 90.00

8.2 ด้านขั้นตอนการดำเนินการขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 ผู้ยื่นคำขอมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดในหัวข้อคำอธิบายในการจัดเตรียมเอกสารตาม Checklist ร้อยละ 86.96 รองลงมาหัวข้อคำอธิบายขั้นตอนการกรอกข้อมูลของคู่มือการขึ้นทะเบียนฯ ร้อยละ 86.09 รวมถึงมีข้อเสนอแนะให้เจ้าหน้าที่อธิบายว่า ผู้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนจะต้องเตรียมอะไรบ้างตามลำดับขั้นตอนที่จะต้องดำเนินการ เนื่องจากขั้นตอนการขึ้นทะเบียนมีรายละเอียดเป็นจำนวนมาก

8.3 ด้านการสื่อสารประชาสัมพันธ์ การขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 ผู้ยื่นคำขอมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดในหัวข้อ การประชาสัมพันธ์แจ้งข้อมูลการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารตามระเบียบ 248 เช่น ขั้นตอนการขึ้นทะเบียน เอกสารประกอบการยื่นคำขอ เป็นต้น ร้อยละ 84.35 รองลงมาหัวข้อความรวดเร็วในการรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับการขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 และมีข้อเสนอแนะให้เพิ่มช่องทางการสื่อสารเนื่องจากผู้ประกอบการบางส่วนไม่ได้เป็นสมาชิกสมาคม ทำให้ทราบข้อมูลล่าช้า

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ยื่นคำขอ พบว่าควรปรับปรุงเรื่องช่องทางการสื่อสารประชาสัมพันธ์ เพื่อให้ผู้ประกอบการรับทราบข่าวสาร และข้อมูลอย่างรวดเร็วและถูกต้อง เช่น การแจ้งข่าวสารผ่านหน้าเว็บไซต์ของ กมพ. หรือ กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร โดยกองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช ในฐานะหน่วยงานกำกับดูแลสินค้าเกษตรด้านพืชของไทย มีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบและเสนอชื่อผู้ผลิตอาหารที่ต้องขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 ผ่านหน่วยงานกำกับดูแลของประเทศผู้ส่งออก โดยได้จัดทำหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกปาสาธารณรัฐประชาชนจีน ตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร จัดทำคู่มือการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกปาสาธารณรัฐประชาชนจีน ตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร นำมาฝึกอบรมและประชุมชี้แจงสร้างความรู้ความเข้าใจให้ผู้ผลิตสินค้าอาหารในการขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 เพื่อให้ผู้ผลิตสินค้าอาหารสามารถยื่นขึ้นทะเบียนผ่านระบบ CIPHER ได้ จากการดำเนินงานตั้งแต่เดือนตุลาคม 2564 ถึงวันที่ 2 มีนาคม 2566 ผู้ผลิตสินค้าอาหารได้รับอนุมัติขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 จำนวน 273 คำขอ และเมื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 พบว่าผู้ยื่นคำขอมีความพึงพอใจเฉลี่ยทุกหัวข้อร้อยละ 86.70

การนำไปใช้ประโยชน์

1. ผู้ผลิตสินค้าอาหารที่ได้รับการขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248 สามารถส่งออกสินค้าไปจำหน่ายได้อย่างต่อเนื่อง ไม่มีอุปสรรคทางการค้า รวมถึงสามารถรักษาส่วนแบ่งในตลาดสินค้าเกษตร และรักษาลูกค้าไว้ได้
2. การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกปาสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 ทำให้ผู้ผลิตสินค้าอาหารให้ความสำคัญกับการควบคุมกระบวนการผลิตสินค้า ให้มีคุณภาพและความปลอดภัยตามข้อกำหนดของสาธารณรัฐประชาชนจีน
3. ประเทศไทยมีรายได้จากการส่งออกสินค้า เกิดการกระตุ้นเศรษฐกิจทุกภาคส่วน เกิดการจ้างงาน รวมถึงเพิ่มโอกาสในการแข่งขันสำหรับผู้ผลิตสินค้าอาหารรายใหม่
4. เกิดความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน ทั้งหน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กลุ่มพัฒนาระบบรับรองมาตรฐานสินค้าพืชทุกท่าน ที่ช่วยสนับสนุนการดำเนินงานตั้งแต่รับคำขอขึ้นทะเบียน พิจารณาเอกสารประกอบการขึ้นทะเบียน ตรวจประเมินสถานที่ผลิต ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชที่สนับสนุนการดำเนินงานครั้งนี้ให้บรรลุล่วงประสงค์ รวมถึงขอขอบคุณผู้ผลิตสินค้าอาหารที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ นางสาวปทุมวดี อิ่มทั่ว อัครราชทูตที่ปรึกษา (ฝ่ายเกษตร) สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศประจำกรุงปักกิ่ง นางสาวอาทิตันท์ อินทรพิมพ์ กงสุล (ฝ่ายเกษตร) ประจำสถานกงสุลใหญ่ ณ นครเซี่ยงไฮ้ นายปรีตกร แทนมณี กงสุล (ฝ่ายเกษตร) ประจำสถานกงสุลใหญ่ ณ นครกว่างโจว และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง ที่ให้ความอนุเคราะห์ประสานงานกับ GACC เพื่อตอบคำถาม และแก้ไขปัญหาในการขึ้นทะเบียนตามระเบียบ 248

เอกสารอ้างอิง

- ฝ่ายเกษตร ประจำสถานกงสุลใหญ่ ณ นครเซี่ยงไฮ้. 2565. รายงานสถานการณ์ตลาดลำไยสดและลำไยอบแห้งในประเทศจีนครึ่งแรกของปี 2565. แหล่งข้อมูล : https://www.opsmoac.go.th/shanghai-situation_price-preview-441691791800 สืบค้น: 28 กุมภาพันธ์ 2566.
- สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงปักกิ่ง. 2566. รายงานสถานการณ์สินค้าเกษตร (Situation Report) ประจำเดือนมกราคม 2566. แหล่งข้อมูล : https://www.opsmoac.go.th/beijing-situation_price-files-451991791801 สืบค้น: 28 กุมภาพันธ์ 2566.
- สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงปักกิ่ง. 2564. แนวทางการขึ้นทะเบียนตามกฎระเบียบว่าด้วยการจัดการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตอาหารนำเข้าจากต่างประเทศแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน. แหล่งข้อมูล : <https://www.opsmoac.go.th/beijing-news-preview-432791792837> สืบค้น : 7 มีนาคม 2566.
- สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2566. สินค้าส่งออกสำคัญของไทยตามโครงสร้างสินค้าส่งออก จีนและฮ่องกง. แหล่งข้อมูล : <https://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomRecode&lmExType=1&Lang=Th> สืบค้น: 28 กุมภาพันธ์ 2566.
- China International Trade Single Window. 2021. *User Manual of Registration Management System for Overseas Manufacturers of Imported Food For Overseas Competent Authorities*. 31 p.
- GACC. 2021. Guidelines Registration of overseas production enterprises of imported food. Available at : <http://online.customs.gov.cn/static/pages/index.html?guidebookUrl=/static/pages/guides/000129012000/000129012000.html&applyUrl=https%3A%2F%2Fcfifer.singlewindow.cn&userType=3&systemType=WEB&taskCode=11100000000014154E1000129012000&flag=false> Accessed : 28 February 2023.



คำสั่งกรมวิชาการเกษตร

ที่ ๒๔๐ / ๒๕๖๕

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

อนุสนธิคำสั่งกรมวิชาการเกษตร ที่ ๑๕๐๗/๒๕๖๒ ลงวันที่ ๒๘ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๒ แต่งตั้ง
คณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ไว้แล้ว นั้น

เนื่องจากมีการเพิ่มเติมอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการฯ จึงเห็นควรปรับปรุงคำสั่งแต่งตั้ง
คณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตรขึ้นใหม่ ฉะนั้น จึงให้ยกเลิกคำสั่งกรมวิชาการเกษตร
ที่ ๑๕๐๗/๒๕๖๒ ลงวันที่ ๒๘ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๒ และเพื่อให้การพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่นของกรมวิชาการเกษตร
แต่ละปี เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบ
บริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ และที่แก้ไขเพิ่มเติม จึงแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น
กรมวิชาการเกษตรขึ้นใหม่ โดยมีองค์ประกอบ ดังนี้

๑. อธิบดีกรมวิชาการเกษตร		ที่ปรึกษา
๒. รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร ๓ ท่าน		ที่ปรึกษา
๓. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตพืช	กรมวิชาการเกษตร	ประธานกรรมการ
๔. ผู้ทรงคุณวุฒิด้านอารักขาพืช	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช	รองประธาน กรรมการ
๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการปลูกพืช	กรมวิชาการเกษตร	กรรมการ
๖. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมกรรมการเกษตร	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...

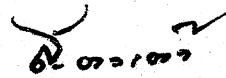
๑๘. ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ทางการเกษตร	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ	กรรมการ
๑๙. ผู้เชี่ยวชาญด้านกากกันพืช	สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร	กรรมการ
๒๐. ผู้เชี่ยวชาญด้านควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร	สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร	กรรมการ
๒๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบควบคุม การนำเข้าส่งออกสินค้าพืชและปัจจัยการผลิต	สำนักควบคุมพืชและวัสดุทางการเกษตร	กรรมการ
๒๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๒๓. ผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๒๔. ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุดิบทรายทางการเกษตร	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๒๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการ หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	กรรมการ
๒๖. ผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานคุณภาพสินค้าเกษตร	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการ หลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร	กรรมการ
๒๗. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนบน)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๑ จังหวัดเชียงใหม่	กรรมการ
๒๘. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนล่าง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๒ จังหวัดพิษณุโลก	กรรมการ
๒๙. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓ จังหวัดขอนแก่น	กรรมการ
๓๐. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๔ จังหวัดอุบลราชธานี	กรรมการ
๓๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ จังหวัดชัยนาท	กรรมการ
๓๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออก)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๖ จังหวัดจันทบุรี	กรรมการ
๓๓. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคใต้ตอนบน)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๗ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	กรรมการ
๓๔. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสม กับสภาพพื้นที่ (ภาคใต้ตอนล่าง)	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๘ จังหวัดสงขลา	กรรมการ
๓๕. ผู้อำนวยการกองแผนงานและวิชาการ	กองแผนงานและวิชาการ	กรรมการและเลขานุการ
๓๖. ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์การใช้ ประโยชน์ผลงานวิจัย	กองแผนงานและวิชาการ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะกรรมการ...

โดยให้คณะกรรมการมีอำนาจหน้าที่ ดังนี้

๑. กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร
 ๒. พิจารณาแก้ไขระเบียบกรมวิชาการเกษตร ว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาและการมอบรางวัล ผลงานวิจัยดีเด่น ตามความเหมาะสม
 ๓. ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร และนำเสนอกรมวิชาการเกษตร เห็นชอบ
 ๔. ตรวจสอบความสมบูรณ์ผลงานวิจัยดีเด่นให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ
 ๕. แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร แต่ละประเภท ตามความเหมาะสม
 ๖. เชิญผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ตามความเหมาะสม
- ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๕



(นายสมบัติ ตงเต้า)
รองอธิบดี รักษาการแทน
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร



คำสั่งกรมวิชาการเกษตร

ที่ ๑๗ / ๒๕๖๖

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร (เพิ่มเติม)

อนุสนธิคำสั่งกรมวิชาการเกษตร ที่ ๙๐๕/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๕ แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ไว้แล้ว นั้น

เนื่องจากกรมวิชาการเกษตรมีการปรับปรุงตำแหน่งทางวิชาการ จึงควรเพิ่มกรรมการตำแหน่งทางวิชาการในคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ฉะนั้น เพื่อให้การพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่นของกรมวิชาการเกษตร แต่ละปี เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ และที่แก้ไขเพิ่มเติม จึงแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร เพิ่มเติม ดังนี้

- | | | |
|----------------------------|------------------------------|---------|
| ๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านพืช | สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช | กรรมการ |
| ๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านยางพารา | กองการยาง | กรรมการ |

โดยให้คณะกรรมการมีอำนาจหน้าที่ ดังนี้

๑. กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร
๒. พิจารณาแก้ไขระเบียบกรมวิชาการเกษตร ว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาและการมอบรางวัลผลงานวิจัยดีเด่น ตามความเหมาะสม
๓. ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร และนำเสนอกรมวิชาการเกษตร เห็นชอบ
๔. ตรวจสอบความสมบูรณ์ผลงานวิจัยดีเด่นให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ
๕. แต่งตั้งคณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร แต่ละประเภทตามความเหมาะสม
๖. เชิญผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ตามความเหมาะสม

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๕ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๖

(นายระพีภัทร์ จันทรศรีวงศ์)
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร



คำสั่งกรมวิชาการเกษตร

ที่ ๓๐๒ / ๒๕๖๖

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร (เพิ่มเติม)

.....
อนุสนธิคำสั่งกรมวิชาการเกษตร ที่ ๙๐๕/๒๕๖๕ ลงวันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๕
แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ไว้แล้ว นั้น

เนื่องจากกรมวิชาการเกษตรมีการปรับปรุงตำแหน่งทางวิชาการ จึงควรเพิ่มกรรมการ
ตำแหน่งทางวิชาการในคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็น
ประโยชน์ต่อการดำเนินงานพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ฉะนั้น เพื่อให้การพิจารณา
ผลงานวิจัยดีเด่นของ กรมวิชาการเกษตร แต่ละปี เป็นไปตามวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ อาศัยอำนาจ
ตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ และที่แก้ไขเพิ่มเติม
จึงแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร เพิ่มเติม ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและระบบสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรรมการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

(นายภัสชญภณ หมื่นแจ้ง)
รองอธิบดี รักษาการแทน
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร

ผลงานวิจัยที่หน่วยงานส่งประกวดผลงานวิจัยดีเด่นกรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2565

ชื่อเรื่อง	หน่วยงาน
ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน 6 เรื่อง	
1. การป้องกันกำจัดด้วงถั่วเขียวด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูเอนแคปซูล	กวป.
2. การประเมินปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟโดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ร่วมกับเคโมเมทริกซ์	กวป.
3. ดีเอ็นเอบาร์โค้ดเพื่อการระบุเอกลักษณ์พริกสายพันธุ์ไทย	สทช.
4. การพัฒนาเครื่องหมายสปีส์จากยีน <i>Dull</i> เพื่อจำแนกข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีลักษณะความเหนียวนุ่มอย่างแม่นยำ	สวร.
5. การวิจัยสายพันธุ์ฟ้ายะลาโจรที่ให้ผลผลิตและสารแอนโดรกราโฟไลด์สูง	สวพ.2
6. “ แฉงสุนารี ” พืชชนิดใหม่หนึ่งเดียวในโลก (หน่วยงานขอยกเลิก)	สวพ.4
ประเภทงานวิจัยประยุกต์ 7 เรื่อง	
1.การใช้แผนผังแห่งเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีในการผลิตผักสลัดคอส	กปผ.
2.โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเห็ดฟาง : นวัตกรรมจากพืชสู่ความงามที่ยั่งยืน	กวป.
3. แคลเซียมโบรอน : ทางออกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองฉายรังสีเพื่อการส่งออก	กวป.
4. โครงการวิจัยพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะพร้าวลูกผสมกะทิ5 สายพันธุ์	สวส.
5.การจัดการปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพต่อการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน	สวร.
6. การใช้เทคนิคสมัยใหม่ในการคัดกรองส่วนขยายพันธุ์อ้อยเพื่อควบคุมโรคใบขาว	สวร.
7. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอินทผลัม (<i>Phoenix dactylifera</i> L.) ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่	สวพ.1
ประเภทงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ 4 เรื่อง	
1. ปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี 9	สวร.
2. อ้อยคั้นน้ำพันธุ์ศรีสำโรง 1: พันธุ์พืชสร้างรายได้ตลาดเฉพาะกลุ่ม (หน่วยงานขอยกเลิก)	สวร.
3. กระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์ดีเด่น : KC6203	สวพ.5
4. สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 2 เพื่ออุตสาหกรรมแปรรูป	สวพ.5
ประเภทพัฒนางานวิจัย 11 เรื่อง	
1.การทดสอบเครื่องปลิดข้าวฝักถั่วลิสงกึ่งอัตโนมัติแบบย่อส่วนสู่การใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์	กวม.
2.การพัฒนาการผลิต และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้มะแขว่นแบบครบวงจร	สวส.
3.การทดสอบเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อการส่งออก ในจังหวัดเชียงใหม่	สวพ.1

ชื่อเรื่อง	หน่วยงาน
4.การทดสอบเทคโนโลยีการใช้ชีวภัณฑ์ควบคุมศัตรูพืชเพื่อการผลิตปลอดภัยโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม	สวพ.2
5. การใช้เทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสงให้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่	สวพ.3
6. การพัฒนาการผลิตสินค้านครพนม 1 สู่อินค้า GI และระบบเกษตรยั่งยืน	สวพ.3
7. การใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย <i>Bacillus subtilis</i> BS-DOA24 ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระชายในพื้นที่จังหวัดนครปฐม	สวพ.5
8. การพัฒนาและขยายผลเทคโนโลยีการผลิตถั่วลิสงอย่างยั่งยืนในจังหวัดชัยนาท	สวพ.5
9. การขยายผลเทคโนโลยีการให้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะพร้าวน้ำหอมเพื่อส่งออก	สวพ.5
10. การใช้เทคโนโลยีผสมผสานเพื่อป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าและพื้นที่ฟูสภาพต้นทุเรียนที่เป็นโรคในพื้นที่ภาคตะวันออก	สวพ.6
11. พัฒนาการผลิตมะพร้าวสู่มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน	สวพ.7
ประเภทงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น 4 เรื่อง	
1. แผ่นเทียบสีสำหรับการเก็บเกี่ยวผลกาแฟเชอร์รี่ในระยะที่เหมาะสม	กวป.
2. นวัตกรรมเครื่องมือบีบตัวแบบลูกกลิ้งใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์	สวศ.
3. วิจัยและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ	สวศ.
4. วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อน	สวศ.
ประเภทบริการวิชาการ 2 เรื่อง	
1.การขึ้นทะเบียนผู้ผลิตสินค้าอาหารส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนตามระเบียบ 248 ภายใต้การดำเนินงานของกรมวิชาการเกษตร	กมพ.
2. การบริการข้อมูลความเสี่ยงจากใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสำหรับเกษตรกรปลูกพืชผักภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	สวพ.3

คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2565

ที่ปรึกษา

ระพีภัทร์ จันทรศรีวงศ์	อธิบดีกรมวิชาการเกษตร
สุรกิตติ ศรีกุล	ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตพืช
ภัสชญ์ภณ หมีนแจ่ม	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
พงศ์ไท ไทโยธิน	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
วิลาวัลย์ ไคร้ครวญ	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
ประพิศ ว่องเทียม	ผู้อำนวยการกองแผนงานและวิชาการ

ข้อมูล

คณะผู้วิจัย และบุคลากรแต่ละหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร

กองบรรณาธิการ

คณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้จัดทำ

กลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย กองแผนงานและวิชาการ

ไพฑูรย์ กิตติกุล	ผู้อำนวยการ
	กลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย
กัญญ์ดา ยิ่งภิญโญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ
ธีรเดช เกลียวกลม	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
ประสงค์ โยระภัตร	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
อัจจิมา ควรสงวน	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
นลิน อินต๊ะ	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ
ศรินทิพย์ พิลาดเดช	นักวิชาการเกษตร
อนันต์ ปุ๊กทะเล	นักวิชาการเกษตร
ทิพย์รัตน์ เดชวิเศษไกร	นักวิชาการเกษตร
ประดิษฐ์ เกาเล็ก	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน
ธนพนธ์ เผ่าบรรจง	เจ้าหน้าที่ระบบงานคอมพิวเตอร์
ภูษณิศ ระโหลฐาน	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป
กิตติชาญ มากศรี	เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล

กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร

50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0 2579 1306 โทรสาร 0 2940 6342



กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
www.doa.go.th

เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900