



วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT
วารสารวิชาการของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2567

บทบาทนักส่งเสริมการเกษตรในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด: กรณีศึกษาจังหวัดลพบุรี พันธิจิตต์ สีเหนียง คนึงรัตน์ คำมณี จีรวิญญา ถังเงิน และดนดิชา วาทินพุดผิพร.....	5
การคัดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์เป็นอาหารฟังก์ชัน สิปปวิชญ์ ปัญญาตุ้ย จารุวิ อ้นเซตา ภัทรธีรา อินพลับ เนตรนาภา อินสลด สุรพล ใจวงศ์ษา และวรรณพร คลังเพชร.....	13
การประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อ และเปลือกมะม่วงสุก ดรฤณี ถาวรเจริญ พูนพิภพ เกษมทรัพย์ กัลยาณี สุวิทวัส ขวัญหทัย ทนงจิตร พิมพินา เพ็งช่วง และเจนจิรา ชุมภูคำ.....	22
ผลของพืชเพื่อต่อกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในสับปะรดผดงที่ผลิตจากกระบวนการทำแห้งเยือกแข็ง ครองศักดิ์ ภาครณนกน วรณรัตน์ เฉลิมแสนยาก รพีพรรณ กองตูม รินรำไพ พุทธิพันธ์ ศศิธร สายแก้ว และ ศิริชดา เปล่งพานิช.....	30
การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นอ่อนข้าวสาลีที่ใช้ผักตบชวาแห้งเป็นวัสดุเพาะ ชมดาว ขำจริง.....	40
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดง (<i>Bauhinia strychnifolia</i> Craib.) แบบสเตรอไรไลซ์ อัญชนา รอดรงนก และพันทิพา ลิมสงวน.....	52
อัตราและเวลาที่เหมาะสมของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการปลูกหน่อไม้ฝรั่ง จารุวรรณ จินดาวงศ์ และวิภาวรรณ ท้ายเมือง.....	63
ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์แดงขาวร่วมกับ captan และ metalaxyl ต่อคุณภาพเมล็ดและการควบคุมโรคเน่าคอดินในระดับ ห้องปฏิบัติการ สุกัญญา เป้ามีศรี กฤษฎิ์ทิปัญญา อ่อนมาก จักริน ปินตา อรัญญา สิงโสภา นรรัตน์ ทาวงศ์ ดาวิกา รพีบุญยานนท์ ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว อนุพงษ์ สุวะจันทร์ และจักรพงษ์ กางโสภา.....	70
เครื่องหมายดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กับลักษณะการพักตัวของเมล็ดในถั่วขอมบี้ [<i>Vigna vexillata</i> (L.) A. Rich] พิชชามณูญ ใจแสน กิตติยา อำกุล กุหลาบ เหล่าสาธิต และประกิจ สมท่า.....	81
การใช้ประโยชน์จากลำต้นปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเพาะเมล็ดพันธุ์กัญชา ชมดาว ขำจริง และอภิรักษ์ ตะโจคง.....	89
ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน เฉลิมพงศ์ พันธุ์ทอง บำเพ็ญ เขียวหวาน และพลสรายุ สราญรมย์.....	95
การประเมินปริมาณสารพิษเคมีของเชื้อพันธุ์กรรมกะเพรา 2 ฤดูกาลและสภาพการขาดน้ำระยะสั้น อรสา กาญจนเจริญนนท์ สุกัญญา อภิกาญจน์ ณัฐริกา เหล่าคำ อัครชัย โสมกุล จักรพงศ์ ภิญโญ และ อัญมณี อาวูชานนท์.....	104
การจัดจำแนกและวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการทางชีวโมเลกุลของไฮโซเลตเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีศักยภาพก่อโรคกับพืช กระโดนสีน้ำตาล อารยา บุญศักดิ์ วิชา หอมหวล วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ และสุพรรณิกา อินต๊ะนนท์.....	116

ISSN 2586-9655

ISSN 2985-1904 (online)

การเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษา เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

2. การพิมพ์ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษ A4 ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์โปรแกรม ไมโครซอฟท์เวิร์ด ตัวอักษร Cordia New ขนาด 14 ขนาด 14 ตัวอักษรต่อนิ้ว ความยาวไม่ควรเกิน 10 หน้า (รวมบทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

3. การเรียงลำดับเนื้อหา

3.1 ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น ชัดเจน และต้องสื่อเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3.2 ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานที่สังกัด (Author names and affiliations) ชื่อผู้เขียน ให้ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ หากผู้เขียนมีหลายคน และมีที่อยู่หรือสังกัดแตกต่างกัน ให้ใช้เลขตัวยก (superscript) ที่ต่างกัน กำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่มีที่อยู่ต่างกันนั้น หากมีผู้เขียนคนเดียว หรือหลายคนที่มีที่อยู่หรือสังกัดเดียวกัน ไม่ต้องใช้เลขตัวยกกำกับท้ายนามสกุลของผู้เขียน และให้ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับไว้ท้ายนามสกุลของผู้เขียนที่ติดต่อ (corresponding author) ด้วย

ที่อยู่หรือสังกัดของผู้เขียน ให้พิมพ์เป็นเชิงอรรถ (footnote) ในหน้าแรกของบทความ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมกับระบุจังหวัด และรหัสไปรษณีย์ หากที่อยู่มีหลายแห่งให้พิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่แห่งแรกก่อน แล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ จากนั้นพิมพ์ภาษาไทยของที่อยู่แห่งที่สองแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษ สลับกันในลักษณะนี้เรื่อยไป ในกรณีผู้เขียนเป็นนิสิตนักศึกษา ให้ระบุที่อยู่ตามที่อยู่หรือสังกัดของอาจารย์ที่ปรึกษาเท่านั้น นอกจากนี้บรรทัดถัดจากที่อยู่ ให้พิมพ์ที่อยู่อีเมล (email address) ของผู้เขียนที่ติดต่อ (corresponding author) ด้วย

3.3 บทคัดย่อ (Abstract) มีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ควรมีเนื้อหาที่สั้น ชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยรวมเหตุผลในการศึกษาวิจัย อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจนผลการศึกษาและสรุปด้วย บทคัดย่อควรมีความยาวไม่เกิน 250 คำ และให้ระบุคำสำคัญ (keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษาด้วย คำสำคัญไม่ควรเกิน 5 คำ และไม่ควรซ้ำซ้อนกับคำที่ปรากฏในชื่อเรื่อง ต้นฉบับที่เป็นภาษาไทยให้พิมพ์บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษก่อนบทคัดย่อภาษาไทย หากต้นฉบับเป็นภาษาอังกฤษ ให้พิมพ์บทภาษาไทยก่อนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

3.4 คำนำ (Introduction) แสดงความเป็นมาและเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย รวมถึงการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง และวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

3.5 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) ให้บอกรายละเอียดของวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ ในการทดลอง ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ และแบบจำลองการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนและสมบูรณ์

3.6 ผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (Results) ให้บรรยายผลการศึกษาวิจัย พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางหรือภาพประกอบได้โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมดและต้องมีการอ้างอิงถึงตารางหรือภาพนั้นในเนื้อหาด้วย โดยระบุเป็นภาษาอังกฤษ ต่อท้ายข้อความ เช่น (Table 1) หรือ (Figure 1)

3.7 วิจารณ์ (Discussion) ควรเชื่อมโยงกับผลการศึกษาว่าสอดคล้องกับสมมติฐาน หรือแตกต่างไปจากผลงานวิจัยที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่อย่างไร และด้วยเหตุผลใด โดยมีพื้นฐานการอ้างอิงที่เชื่อถือได้ วิจารณ์อาจนำไปรวมกับผลการศึกษาเป็น ผลการศึกษาและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.8 สรุป (Conclusion) ควรสรุปผลที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ อาจมีข้อเสนอแนะ หรือระบุอุปสรรคและแผนงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อไป

3.9 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ให้ทุนวิจัย หรือผู้ที่ช่วยเหลือในงานวิจัย แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานวิจัย

3.10 เอกสารอ้างอิง (References)

3.10.1 ในเนื้อเรื่อง ไม่ควรอ้างอิงถึงเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้อง

3.10.2 บัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารอ้างอิงภาษาไทยมาก่อนเอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ โดยเรียงลำดับเอกสารอ้างอิงตามลำดับตัวอักษรของชื่อผู้เขียนชื่อแรก สำหรับเอกสารอ้างอิงภาษาไทย ให้เรียงลำดับอักษรตามชื่อตัว-ชื่อสกุล ส่วนเอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ ให้เรียงตามลำดับอักษรตามชื่อสกุล-ชื่อตัว ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

1) วารสาร (Journals)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร (ใช้ชื่อเต็ม) ปีที่(ฉบับที่): เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสิ้นสุด.

นุชจิรา ไชยวัน, รุจ มรกต และจรียา รอดดี. 2562. การเปลี่ยนแปลงประชากรตามฤดูกาลของแมลงศัตรูมะลิอ่อน. แก่นเกษตร 47(1): 937-946.

มณีนัย ขยานนทกุล และนันทศักดิ์ ปิ่นแก้ว. 2563. ชนิดของเพลี้ยอ่อน (Hemiptera: Aphididae) กับพืชอาหารและมดที่อยู่ร่วมกันในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 3(2): 63-69.

Bhanuvally, M., Y.M. Ramesha and H. Yogeeshappa. 2017. Effect of slow releasing nitrogen fertilizers on growth and yield of sugarcane. International Journal of Current Microbiology and Applied Science 6(10): 570-577.

Watada, A.E. and L. Qi. 1999. Quality of fresh-cut produce. Postharvest Biology and Technology 15: 201-205.

ในกรณีที่เป็นการวารสารออนไลน์ ไม่สามารถระบุเลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสิ้นสุดได้ ให้ระบุเป็น doi แทน

Bukhari, T., W. Takken and C.J.M. Koenraadt. 2011. Development of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* formulations for control of malaria mosquito larvae. Parasites & Vectors 4: 23, doi: 10.1186/1756-3305-4-23.

2) หนังสือ และตำรา (Books & Textbooks)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ/ตำรา. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

สุนทรพิยะ โชติณกุล. 2552. เครื่องหมายดีเอ็นเอ: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 269 หน้า.

Gullan, P.J. and P.S. Cranston. 2005. The Insects: An Outline of Entomology. 3rd ed. Blackwell Publishing, Malden. 505 p

ดูคำแนะนำรูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทยและการส่งเรื่องเพื่อตีพิมพ์ได้ในปกหลัง



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ผู้จัดพิมพ์	คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	Publisher	Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen Kasetsart University
กำหนดการพิมพ์	วารสารราย 4 เดือน (3 ฉบับ / 1 ปี) คือ ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม	Publication	Tri-annually Issue 1 January-April Issue 2 May-August Issue 3 September-December
วัตถุประสงค์	เพื่อส่งเสริม พัฒนา และยกระดับ การผลิต ผลงานวิจัย ตลอดจนเพิ่ม ทางเลือกให้กับบุคลากรวิจัยและ นิสิตในการพิจารณาผลงานวิจัย ลงตีพิมพ์/ เผยแพร่	Objective	To disseminate academic knowledge in agricultural science and management
ที่ปรึกษา บรรณาธิการ	คณบดีคณะเกษตร กำแพงแสน รศ.ดร.ชเนษฎ์ ม้าลำพอง	Editor	Assoc. Prof. Chanate Malumpong Kasetsart University
รองบรรณาธิการ	ผศ.ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจุ	Vice Editor	Assist. Prof. Dr. Chaisit Thongjoo Kasetsart University
กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ	ศ.ดร.สุพัฒน์ อรรถธรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ทิพย์วดี อรรถธรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ปรารธนา พฤษะศรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.นสพ.ทวีศักดิ์ ส่งเสริม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.สืบศักดิ์ สนิธิรัตน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.จริยา จันทร์ไพแสง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศ.ดร.ดิเรก ฤกษ์ห่วย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.วิชัย ไชยรัตน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.จิระเดช แจ่มสว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.สนธิชัย จันทร์เปรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รศ.ดร.จีระชัย กาญจนพุดผิงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	Editorial Board (Academic)	Prof. Dr. Suput Attathom Kasetsart University Prof. Dr. Theeraphap Chareonviriyaphap Kasetsart University Prof. Dr. Tipvadee Attathom Kasetsart University Prof. Pratana Prucsasri Kasetsart University Prof. Dr. Thaweesak Songserm Kasetsart University Prof. Dr. Suebsak Sontirat Kasetsart University Prof. Dr. Jariya Chanpaisaeng Kasetsart University Prof. Dr. Direk Rerkrai Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Wichai Kositratana Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Chiradej Chamswarn Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Sontichai Chanprame Kasetsart University Assoc. Prof. Dr. Jeerachai Kanjanapruthipong Kasetsart University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

รศ.ดร.ศิริพรรณ ตันตาคม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.พิเศษ ยงยุทธ โอสธสภา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.สาวิตรี รังสิภัทร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ธงชัย มาลา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.กมุท สังขศิลา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ชลิดา เล็กสมบุญ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.อภิชาติ วรรณวิจิตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ทศพล พรพรหม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ลพ ภาวภูตานนท์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อรรถนัย มงคลพร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.พิชัย ทองดีเลิศ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร.อนันต์ พลธานี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.อำนาจ คำดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.มนต์ชัย ดวงจินดา
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.อรอินท์ ประไซโย
มหาวิทยาลัยนเรศวร
Prof. Dr. Gerard Duvallet
Paul Valéry University
ศ.ดร.สัญญา จตุรสิทธิ์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร.ไสว บุรณพานิชพันธุ์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Assoc. Prof. Dr. Siripan Tantakom
Kasetsart University
Adjunct Prof. Dr. Yongyuth Osotsapar
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Savitree Rangsihaht
Kasetsart University
Assoc. Prof. Pongsak Chontanaswat
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Thongchai Mala
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Kumut Sangkhasila
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Chalida Leksomboon
Kasetsart University
Prof. Dr. Apichart Vanavichit
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Tosapon Pornprom
Kasetsart University
Assist. Prof. Dr. Lop Phavaphutanon
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Orarat Mongkolporm
Kasetsart University
Assoc. Prof. Dr. Pichai Tongdeelert
Kasetsart University
Prof. Dr. Anon Pontanee
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Amnouy Kamtuo
Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Monchai Duangjindar
Khon Kaen University
Assist. Prof. Dr. Ornin Prachaiyo
Naresuan University
Prof. Dr. Gerard Duvallet
Paul Valéry University
Prof. Dr. Sanchai Jaturasittha
Chiang Mai University
Prof. Dr. Sawai Buranapanichpan
Chiang Mai University



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

ศ.ดร.สุวิมล กীরติพิบูลย์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Prof. Dr. Robert MoGovern
Cornell University
Prof. Dr. Kazuyuki Inubushi
Chiba University
Prof. Dr. Anake Kijjoa
University of Porto, Portugal
ศ.ดร.อานัฐ ตันโช
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ปทุมทริกา รัตนตรัยวงศ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.บัณฑิต อินนวงศ์
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.ทิพวรรณ ลิ้มกูร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.บำเพ็ญ เขียวหวาน
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

Prof. Dr. Suwimon Keeratipibul
Chulalongkorn University
Prof. Dr. Robert MoGovern
Cornell University
Prof. Dr. Kazuyuki Inubushi
Chiba University
Prof. Dr. Anake Kijjoa
University of Porto, Portugal
Prof. Dr. Arnat Tancho
Maejo University
Assoc. Prof. Dr. Weerathep Pongprasert
Naresuan University
Assist. Prof. Dr. Puntarika Ratanatriwong
Naresuan University
Assist. Prof. Dr. Bhundit Innawong
Silpakorn University
Assist. Prof. Dr. Chaiyawan Wattanajan
Prince of Songkla University
Assoc. Prof. Dr. Tippawan Limunggura
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Assoc. Prof. Bumpen Keowan
Sukhothai Thammathirat Open University

กองบรรณาธิการฝ่ายการจัดการ

นางชลนัฐา ตันทอง
งานแผนและวิชาการ
คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม

Editorial Board (Management)

Mrs. Chonnatcha Tantong
Planning and Technical Division
Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen,
Kasetsart University
Nakhon Pathom Province.



วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

Journal of Agricultural Science and Management

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ (Journal of Agricultural Science and Management) เป็นวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) มีการตีพิมพ์ 3 ฉบับต่อปี ทุก 4 เดือน ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม และ ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม ครอบคลุมเนื้อหาวิชาการทุกสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ ได้แก่ เกษตรกลวิธีน สัตวบาล กีฏวิทยา ปฐพีวิทยา โรคพืช พืชสวน พืชไร่ นา ส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร เพื่อส่งเสริม พัฒนา และยกระดับการผลิตผลงานวิจัย ตลอดจนเพิ่มทางเลือกให้กับบุคลากรวิจัยรุ่นใหม่ และนิสิตในการส่งผลงานวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่ โดยผ่านความเห็นและได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งจากภายในและภายนอกหน่วยงาน เพื่อเป็นประสบการณ์สำหรับการส่ง และเสนอผลงานวิจัยเข้ารับการพิจารณาตีพิมพ์

คณะเกษตร กำแพงแสนได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาและส่งเสริมผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่เชิงบูรณาการให้มีคุณภาพ เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง สำหรับฉบับนี้มีบทความวิจัยด้วยกัน 13 เรื่อง ประกอบด้วย สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร 5 เรื่อง สาขาพืชไร่ นา 4 เรื่อง สาขาพืชสวน 3 เรื่อง สาขาปฐพีวิทยา 1 เรื่อง ซึ่งกองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้เขียนทุกท่าน ที่ได้กรุณาแบ่งปันข้อมูลดีๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อเผยแพร่สู่สาธารณะต่อไป

รศ.ดร.ชเนษฎ์ มัลลารัตพงษ์

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

บทบาทนักส่งเสริมการเกษตรในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด:
กรณีศึกษาจังหวัดลพบุรี

Extension Agent's Role in Linking Smallholder Farmers to Markets:
Case Study of Lop Buri Province

พันธจิตต์ สีเหนียง^{1*} คณิงรัตน์ คำมณี¹ จิรัฏฐินาฏ ถังเงิน¹ และดนชิดา วาทินพุฒิพร¹
Panchit Seeniang^{1*}, Kanungrat Kummanee¹, Jirattinart Thungngern¹ and
Donchida Wathinputthiporn¹

Received: February 16, 2023

Revised: March 23, 2023

Accepted: March 23, 2023

Abstract: This study aimed to study the roles of extension agents in linking smallholder farmers to markets in Lop Buri province. Questionnaire technique was applied for data collection from fifty-one extension agents in Lop Buri province in 2019 by simple random sampling. Descriptive statistics were applied for data analysis. The findings revealed that only a few extension agents had ever worked in linking with farmers and agricultural markets. Extension agents currently play a coordinating role. They had an opinion that the role that should be played in linking smallholder farmers with the market includes being a coordinator and supporting marketing groups. Meanwhile, an important role that extension agents were not sure should be performed, but they agree to develop such skills include helping farmers adjust their entrepreneurial or business skills, development of marketing segments and support of value chains within the supply chain. Therefore, in order to improve the role of agricultural agents to be able to more clearly link smallholder farmers with the market, it is necessary to develop skills. It should be adjusting the working perspective and increase the integration of extension agents with other trade or marketing organizations by defining a clear framework and roles of work.

Keywords: role, extension agent, market linking

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทนักส่งเสริมการเกษตรในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาดในจังหวัดลพบุรี ใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลจากนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 51 คน ในปี 2562 โดยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ผลการวิจัยพบว่า มีนักส่งเสริมการเกษตรเพียงบางส่วนที่เคยทำงานเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด โดยนักส่งเสริมการเกษตรปัจจุบันมีบทบาทเป็นผู้ประสานงาน และมีความคิดเห็นว่าบทบาทที่ควรปฏิบัติในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด ได้แก่ การเป็นผู้ประสานงาน และสนับสนุนกลุ่มทางการตลาด ขณะที่บทบาทสำคัญที่นักส่งเสริมการเกษตรไม่แน่ใจว่าควรปฏิบัติ แต่เห็นควรให้มีการพัฒนาทักษะดังกล่าว ได้แก่ ช่วยปรับทักษะในการเป็นผู้ประกอบการหรือการทำธุรกิจให้แก่เกษตรกร การพัฒนากลุ่ม

¹ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

¹ Dept. of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

*Corresponding author: agrpcp@ku.ac.th

ทางการตลาด และการสนับสนุนห่วงโซ่คุณค่าภายในห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นหากต้องการให้บทบาทของนักส่งเสริมการเกษตรสามารถเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาดได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น จำเป็นต้องพัฒนาทักษะ ปรับมุมมองการทำงาน และเพิ่มการบูรณาการการทำงานของนักส่งเสริมการเกษตรกับองค์กรอื่นด้านการค้า หรือการตลาด โดยกำหนดกรอบการทำงาน และบทบาทการทำงานที่ชัดเจน

คำสำคัญ: บทบาท, นักส่งเสริมการเกษตร, การเชื่อมโยงตลาด

คำนำ

จากประชากรที่เพิ่มมากขึ้น การขยายตัวของเมือง การสื่อสาร และโครงสร้างพื้นฐานที่พัฒนาขึ้น กำลังสร้างโอกาสในการขยายตลาดในประเทศและส่งออกสำหรับเกษตรกรที่สามารถเชื่อมโยงการผลิตกับยอดขายอย่างต่อเนื่อง ในประเทศที่พัฒนาแล้ว มีความทันสมัยทางการเกษตรเกิดขึ้นพร้อมกับการทำให้เป็นอุตสาหกรรม ทำให้เกิดกลไกตลาดที่กระตุ้นให้มีการจัดสรรสินทรัพย์ใหม่ เช่น ที่ดิน และแรงงาน เพื่อสนับสนุนภาคเกษตรกรรมที่มีประสิทธิภาพ และคล่องตัวมากขึ้นซึ่งจะช่วยลดจำนวนเกษตรกรการเอาชนะอุปสรรคทางการค้าจำเป็นต้องมีกระบวนการยกระดับซึ่งรวมถึงการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานในท้องถิ่น เสริมความแข็งแกร่งของบริการธุรกิจ และพัฒนาทักษะของเกษตรกร รวมทั้งการส่งเสริมการเกษตรที่เป็นบริการจากรัฐ ซึ่งในปี 2013 มีหลากหลายรูปแบบและเฉพาะเจาะจงมากขึ้น แต่ก็ยังคงมีคำถามว่า การลงทุนประเภทใดในการส่งเสริมการเกษตรที่จะนำไปสู่การยกระดับการผลิตและการตลาดของเกษตรกรรายย่อย (Ferris *et al.*, 2014) ซึ่งบทบาทการส่งเสริมการเกษตร และการมุ่งเน้นความต้องการด้านการตลาดและธุรกิจของเกษตรกรรายย่อย ซึ่งหมายถึงการประสานงาน และสนับสนุนบริการต่างๆ ตลอดห่วงโซ่คุณค่า (FAO, 2013) และสร้างนโยบายที่สร้างขีดความสามารถของเกษตรกรเพื่อเพิ่มรายได้ โดยเชื่อมโยงไปยังตลาดประเภทต่างๆ (Poulton *et al.*, 2010) ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรได้ (FAO, 2013)

นอกจากนี้ การแข่งขันทางเศรษฐกิจที่รุนแรงขึ้นทำให้ภาคเกษตรจำเป็นต้องปรับตัวรวม

ทั้งเกษตรกรรายย่อยแม้จะเป็นการผลิตขนาดเล็กมีศักยภาพในการผลิตจำกัดก็ตาม โดยนักส่งเสริมการเกษตรต้องมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนหรือช่วยให้เกษตรกรสามารถเชื่อมโยงสู่ตลาดสินค้าให้ได้ การส่งเสริมการเกษตรได้ปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานส่งเสริมการเกษตรโดยมีแนวความคิดที่ให้ความสำคัญแก่การพัฒนาเกษตรกร ให้สามารถริเริ่มตัดสินใจในการเลือกการผลิตเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และความต้องการของตลาด โดยการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาดเพื่อขายผลิตภัณฑ์ของตนเป็นโอกาสในการสร้างรายได้และความเป็นอยู่ที่ยั่งยืนที่ช่วยเพิ่มสวัสดิการและลดความยากจนของเกษตรกรรายย่อย (Mkhari *et al.*, 2014)

การส่งเสริมการเกษตรโดยรัฐต้องปรับบทบาทจากการเป็นผู้นำไปเป็นผู้ให้การสนับสนุน (คุชฎี, มปป.) ต้องมีการปรับตัวให้สอดคล้องกับบริบทและการเปลี่ยนแปลง ช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และจากนโยบาย “การตลาดนำการผลิต” ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เชื่อมโยงการผลิตและการตลาดสินค้าเกษตร โดยให้ดำเนินการสื่อสารสร้างการรับรู้ ประสานความร่วมมือจากผู้แทนหน่วยงานภาครัฐและกลุ่มเกษตรกร ในการรวบรวมผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรของจังหวัด รวบรวมความต้องการของผู้ซื้อ รวมทั้งแนวทางวิธีการและช่องทางในการจับคู่การค้าระหว่างผู้ซื้อ/ผู้ผลิตในจังหวัด (สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์, 2561)

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทนักส่งเสริมการเกษตรในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด และแนวทางการพัฒนาบทบาทของนักส่งเสริมการเกษตรในการทำหน้าที่เชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด โดยเกษตรกร

ในพื้นที่ภาคกลางซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายในระบบการผลิต และเป็นพื้นที่เข้าถึงการพัฒนาและมักจะได้รับการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบก่อนโดยเลือกจังหวัดลพบุรี เป็นจังหวัดที่กรมส่งเสริมการเกษตรได้รับมอบหมายจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ให้กำกับดูแลและพัฒนาตลาดเกษตรกรเป็นพื้นที่ศึกษา สำหรับการพัฒนาการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาดดังกล่าวจักเกิดประสิทธิภาพได้จากการเข้าใจบทบาท และค้นพบแนวทางในการพัฒนาบทบาทของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรตลอดจนระบบการส่งเสริมการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้คือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ปฏิบัติการในระดับพื้นที่ สังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัดลพบุรี ในปี 2561 มีจำนวน 75 คน (สำนักงานเกษตรจังหวัดลพบุรี, 2561) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ปฏิบัติการในระดับพื้นที่ สังกัดสำนักงานเกษตรจังหวัดลพบุรี จำนวน 53 คน โดยใช้เกณฑ์ที่ระดับร้อยละ 70 ของจำนวนประชากรในการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง แต่ได้รับข้อมูลเพียง 51 คน คิดเป็นร้อยละ 68 เก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน

- สิงหาคม 2562 โดยใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งใช้การวัดแบบอัตราส่วนประมาณค่า (rating Scale) ของ Likert ในการวัดความคิดเห็น

ผลการทดลองและวิจารณ์

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 51 คน ผลการศึกษพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย และเพศหญิง ในอัตราที่ใกล้เคียงกัน มีอายุเฉลี่ย 42.32 ปี อายุต่ำสุด 26 ปี และสูงสุด 60 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 84.31 ระดับตำแหน่งแบ่งเป็น ระดับปฏิบัติการ ร้อยละ 37.26 ระดับชำนาญการ ร้อยละ 31.37 ระดับชำนาญการพิเศษ ร้อยละ 3.92 และเป็นพนักงานราชการ ร้อยละ 27.45 กลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (ร้อยละ 49.02) มีประสบการณ์เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการพัฒนาตลาดการเกษตร โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งการฝึกอบรม 0.57 ครั้ง (Table 1)

Table 1 Socio-economic characteristics of samples

(n = 51)				
Item	No.	%	$\bar{x}$	SD
Gender				
- Male	24	47.06		
- Female	27	52.94		
Average age (yrs.)			42.32	12.11
Education level				
- Diploma degree	2	3.92		
- Bachelor's degree	43	84.31		
- Master's degree	6	11.77		
Position level				
- Operation	19	37.26		
- Expert	16	31.37		
- Specialization	2	3.92		
- Others	14	27.45		

Table 1 (continued).

(n = 51)				
Item	No.	%	$\bar{x}$	SD
Experience (yrs.)			17.50	8.48
Received training to develop agricultural marketing				
- Training	25	49.02		
- No training	26	50.98		
Number of trainings for agricultural market development			0.57	0.64

การทำงานของนักส่งเสริมการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาดพบว่า มีนักส่งเสริมการเกษตรร้อยละ 31.37 หรือไม่ถึง 1 ใน 3 ของกลุ่มตัวอย่างเท่านั้น ที่เคยทำงานในบทบาทดังกล่าว ส่วนความคิดเห็นของนักส่งเสริมการเกษตรต่อประเด็นที่ว่า เกษตรกรในปัจจุบันจำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือ หรือสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่รัฐในการตลาด มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย 3.64) และนักส่งเสริมการเกษตรในปัจจุบันจำเป็นต้อง

ต้องมีบทบาทในการสนับสนุนเกษตรกรเกี่ยวกับเรื่องการตลาด มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.33) ส่วนความคิดเห็นต่อหน่วยงานที่ควรทำหน้าที่เชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาดนั้น ร้อยละ 64.71 ระบุว่า ควรเป็นกรมการค้าภายใน (Table 2) ซึ่งจะเห็นได้ว่า นักส่งเสริมการเกษตรมากกว่าครึ่งเห็นว่าควรเป็นหน้าที่ของหน่วยงานอื่นซึ่งปัจจุบันทำหน้าที่เกี่ยวกับการค้าอยู่แล้ว

Table 2 Percent, mean and standard deviation on working of extension agents in linking smallholder farmers to markets.

(n = 51)				
Item	%	$\bar{x}$	SD	Interpret
1. Do you worked on linking agricultural markets to farmers?				
Link	31.37			
Not link	68.63			
2. Farmers need help or support from government agents in marketing.		3.64	0.51	high*
3. Extension agents need to play a role in supporting farmers in marketing.		3.33	0.82	moderate*
4. Who should be responsible for linking the market with farmers?				
Department of Agricultural Extension		29.41		
Department of Internal Trade		64.71		
Local Government Organization		1.96		
Others		3.92		

Remark: 1.00-1.50 = not at all, 1.51-2.50 = low, 2.51-3.50 = moderate, and 3.51-4.00 = high

บทบาทของนักส่งเสริมการเกษตรในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด

พบว่า นักส่งเสริมการเกษตรปัจจุบันมีบทบาทเป็นผู้ประสานงานให้ข้อมูลระหว่างเกษตรกร

กับหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ในส่วนของการพัฒนาการผลิต ร้อยละ 66.67 ซึ่งแตกต่างจากพันธกิจ และคณะ (2559) ระบุว่าบทบาทหลักของนักส่งเสริมการเกษตรที่ปฏิบัติในปัจจุบัน ได้แก่

การเป็นผู้ให้บริการด้านการเกษตร ซึ่งเป็นบทบาทการทำงานปกติกับเกษตรกร หากแต่สอดคล้องกับพันธกิจ และคณะ (2563) ซึ่งได้ศึกษาบทบาทนักส่งเสริมการเกษตรต่อการพัฒนาตลาดเกษตรกรในจังหวัดลพบุรี พบว่า บทบาทในปัจจุบันที่นักส่งเสริมการเกษตรควรทำในการพัฒนา “ตลาดเกษตรกร” คือ การอำนวยความสะดวก โดยการประสานงานให้ข้อมูล ซึ่งเป็นบทบาทที่เกี่ยวข้องกับการทำงานด้านการตลาดหรือเชื่อมโยงเกษตรกรสู่การตลาด บทบาทรองลงมาเป็นการปรับทักษะในการเป็นผู้ประกอบการหรือการทำธุรกิจให้แก่เกษตรกร ได้แก่ การวิเคราะห์โอกาสทางการตลาด การประเมินต้นทุนสินค้า การวางแผนธุรกิจ การเจรจาต่อรองกับผู้ค้า และการประเมินราคาและกำไรของสินค้า เป็นต้น และการพัฒนากลุ่มเกษตรกร ได้แก่ การจัดการกลุ่ม ทักษะทางการเงิน เริ่มจากออมและกู้ยืมภายในกลุ่ม ถัดมาเป็นทักษะทางการตลาด การใช้เทคโนโลยีใหม่ การจัดการการผลิตและทรัพยากรอย่างยั่งยืน ร้อยละ 50.98 เท่ากัน ร้อยละ 47.06 เป็นผู้จัดการข้อมูล เช่น ข้อมูลการผลิต ผลผลิต และกำไร เป็นต้น ร้อยละ 37.54 สนับสนุนกลุ่มทางการตลาด ได้แก่ จัดการเกษตรกรที่อยู่ในกลุ่มให้สามารถเรียนรู้

เทคโนโลยี เตรียมแผนสำหรับขายผลผลิตส่วนเหลือให้กับพ่อค้าท้องถิ่น ร้อยละ 33.33 การพัฒนาองค์กรเกษตรกรเพื่อสนับสนุนการตลาด โดยพัฒนาความสามารถของเกษตรกรให้ ซื้อปัจจัยการผลิตปริมาณมาก/ลืดยได้ ในราคาถูก ขายสินค้าปริมาณมาก/ลืดยได้ ร้อยละ 29.41 สนับสนุนห่วงโซ่คุณค่าภายในห่วงโซ่อุปทาน ทั้งในรูปแบบความสัมพันธ์และบทบาทของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่คุณค่า (ผู้ให้บริการปัจจัยการผลิตในท้องถิ่น เกษตรกร พ่อค้าและผู้ประกอบการแปรรูปสินค้า) และผลประโยชน์ที่เกษตรกรได้รับ และร้อยละ 21.57 สนับสนุนการขับเคลื่อนระบบสหกรณ์ และเป็นตัวแทนเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกรกับพ่อค้าปัจจัยการผลิต และเกษตรกรกับพ่อค้ารับซื้อสินค้าเกษตรเท่ากัน การวัดความสำเร็จในห่วงโซ่คุณค่าและเป้าหมายทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม ร้อยละ 15.69 และสุดท้ายให้บริการแบบคิดค่าธรรมเนียมในชุมชน เช่น ผู้ให้บริการด้านการเงิน 9.80 (Table 3) แสดงให้เห็นว่า บทบาทปัจจุบันจะมุ่งเน้นการพัฒนาตัวเกษตรกรเพื่อให้ทำการผลิตที่สามารถแข่งขันได้มากขึ้น ซึ่งอาจเป็นมุมมองที่มาจากประสบการณ์เดิมในการทำงาน

Table 3 The current role of extension agents in linking smallholder farmers to markets.

(n = 51)	
Item	%
1) Coordinator	66.67
2) Information manager	47.06
3) Adjust the skills of farmers	50.98
4) Develop farmer groups in marketing	50.98
5) Development of farmer organization to support the market	33.33
6) Support shared marketing groups	37.54
7) Cooperative support	21.57
8) Value chain support within the chain	29.41
9) Agri-dealer networks	21.57
10) Fee-based community service providers	9.80
11) Measuring value chain success and economic environment and social goals	15.69

แนวทางการพัฒนามาตรฐานของนักส่งเสริมการเกษตรในการทำหน้าที่เชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด

ความคิดเห็นต่อบทบาทที่ควรปฏิบัติของนักส่งเสริมการเกษตรในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด นักส่งเสริมการเกษตรระบุว่า

- 1) การเป็นผู้ประสานงาน ($\bar{x} = 2.55$) และ 6) สนับสนุนกลุ่มทางการตลาด ได้แก่ จัดการเกษตรกรที่อยู่ในกลุ่มให้สามารถเรียนรู้เทคโนโลยี เตรียมแผนสำหรับขายผลผลิตส่วนเหลือให้กับพ่อค้าท้องถิ่น ($\bar{x} = 2.53$) เป็นบทบาทที่นักส่งเสริมการเกษตรควรปฏิบัติ ส่วนบทบาท 2) การเป็นผู้จัดการข้อมูล เช่น ข้อมูลการผลิต ผลผลิต และกำไร เป็นต้น 3) ปรับทักษะเกษตรกรให้สามารถทำเรื่องต่อไปนี้ การวิเคราะห์โอกาสทางการตลาด การประเมินต้นทุนสินค้า การวางแผนธุรกิจ การเจรจาต่อรองกับผู้ค้า และการประเมินราคาและกำไรของสินค้า 4) การพัฒนากลุ่มเกษตรกรในตลาด ได้แก่ การจัดการกลุ่ม ทักษะทางการเงิน เริ่มจากออมและกู้ยืมภายในกลุ่ม ทักษะทางการตลาด การใช้เทคโนโลยีใหม่ การจัดการการผลิตและทรัพยากรอย่างยั่งยืน 5) การพัฒนาองค์กรเกษตรกรเพื่อสนับสนุนการตลาด โดยพัฒนาความ

สามารถองค์กรเกษตรกรให้ ชื้อปัจจัยการผลิตปริมาณมาก/ลืตใหญ่ได้ในราคาถูก ขายสินค้าปริมาณมาก/ลืตใหญ่ได้ 7) สนับสนุนการขับเคลื่อนระบบสหกรณ์ 8) สนับสนุนห่วงโซ่คุณค่าภายในห่วงโซ่อุปทานทั้งในรูปแบบความสัมพันธ์และบทบาทของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่คุณค่า (ผู้ให้บริการปัจจัยการผลิตในท้องถิ่น เกษตรกร พ่อค้า และผู้ประกอบการแปรรูปสินค้า) และผลประโยชน์ที่เกษตรกรได้รับ 9) เป็นตัวแทนเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกรกับพ่อค้า ปัจจัยการผลิต และเกษตรกรกับพ่อค้ารับซื้อสินค้าเกษตร และสุดท้าย 11) การวัดความสำเร็จในห่วงโซ่คุณค่าและเป้าหมายทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม เป็นบทบาทที่นักส่งเสริมการเกษตรระบุว่าไม่แน่ใจว่าควรจะต้องปฏิบัติ ซึ่งในส่วนบทบาทที่ไม่แน่ใจว่าควรปฏิบัติที่นักส่งเสริมการเกษตรมีมุมมองที่หลากหลายบางส่วนคิดว่ามีหน่วยงานที่ทำหน้าที่รับผิดชอบอยู่แล้วโดยเฉพาะด้านการตลาด แต่บางส่วนมองว่าอาจปฏิบัติได้แต่ในส่วนของการทำงานและทักษะที่มีของนักส่งเสริมยังคงไม่ครอบคลุม ขณะที่บทบาทที่นักส่งเสริมการเกษตรระบุว่าไม่ควรทำ คือ ให้บริการแบบคิดค่าธรรมเนียมในชุมชน เช่น ผู้ให้บริการด้านการเงิน (Table 4)

Table 4 Opinions of the samples on the roles that should be done by extension agents in linking smallholder farmers to markets.

(n = 51)			
Item	$\bar{x}$	SD	Interpret
1) Coordinator	2.55	0.51	Yes
2) Information manager	2.04	0.49	Not sure
3) Adjust the skills of farmers	2.43	0.47	Not sure
4) Develop farmer groups in marketing	2.35	0.46	Not sure
5) Development of farmer organization to support the market	2.14	0.44	Not sure
6) Support shared marketing groups	2.53	0.43	Yes
7) Cooperative support	2.12	0.42	Not sure
8) Value chain support within the chain	2.31	0.40	Not sure
9) Agri-dealer networks	1.75	0.39	Not sure
10) Fee-based community service providers	1.39	0.38	No
11) Measuring success of value chain and economic, environment and social goals	1.92	0.37	Not sure
Total average	2.14	0.44	Not sure

Remark: 1.00-1.50 = no, 1.51-2.50 = not sure and 2.51-3.00 = yes

การพัฒนาเกษตรกรเพื่อทำให้เกิดการพัฒนาบทบาทในการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด นักส่งเสริมการเกษตรระบุว่าควรพัฒนานักส่งเสริมในบทบาทการเป็นผู้ประสานงาน ร้อยละ 64.70 ควบคู่กับการพัฒนากลุ่ม/องค์กร ร้อยละ 63.64 (Table 5) สอดคล้องกับ Fisher and Qaim (2012) ซึ่งศึกษาการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด: ปัจจัยและผลกระทบของการดำเนินการร่วมกันของเกษตรกรในเคนยา พบว่านอกเหนือจากราคาแล้วกลุ่มเกษตรกรยังทำหน้าที่เป็นตัวเร่งที่สำคัญสำหรับการนำนวัตกรรมมาใช้ผ่าน

การส่งเสริมการเข้าถึงข้อมูลที่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงตลาด ดังนั้น แสดงให้เห็นว่า นักส่งเสริมการเกษตรต้องการบทบาทดังกล่าวเป็นหลักและยังต้องการการพัฒนา ในส่วนประเด็นอื่นๆ ได้แก่ การจัดการข้อมูลและวางแผนการตลาด การจัดการห่วงโซ่คุณค่า และการจัดการเทคโนโลยี แม้ว่าจะเป็นสิ่งที่ภายนอกอาจมองว่าจะเป็นบทบาทสำหรับการพัฒนาเชื่อมโยงสู่ตลาดแต่นักส่งเสริมการเกษตรหลายท่านก็ต้องการให้เป็นหน้าที่ของบุคลากรองค์กรอื่นที่มีหน้าที่โดยตรง

Table 5 Extension roles that need to developed in linking agricultural market

(n = 51)

Item	% Rank 1	% Rank 2
1) Coordinator	64.70	0
2) Group/ organization development	13.73	63.64
3) Data management and marketing planning	17.65	18.18
4) Value chain management	0	9.09
5) Technology management	1.96	9.09
6) Others	1.96	0

สรุป

นักส่งเสริมการเกษตรเพียงบางส่วนที่เคยทำงานเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาด โดยเห็นว่าเกษตรกรในปัจจุบันจำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือ หรือสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่รัฐ ในด้านการตลาด ซึ่งปัจจุบันนักส่งเสริมการเกษตรบางส่วนมองว่าจำเป็นต้องพัฒนาบทบาทในการสนับสนุนเกษตรกรเกี่ยวกับเรื่องการตลาด ขณะที่นักส่งเสริมการเกษตรปัจจุบันมีบทบาทเป็นผู้ประสานงาน ในส่วนความคิดเห็นต่อบทบาทที่ควรปฏิบัติของนักส่งเสริมการเกษตร ได้แก่ การเป็นผู้ประสานงาน และสนับสนุนกลุ่มทางการตลาด อย่างไรก็ตาม บทบาทสำคัญที่นักส่งเสริมการเกษตรไม่แน่ใจว่าควรปฏิบัติซึ่งมีทิศทางเดียวกับความต้องการการพัฒนาของนักส่งเสริมการเกษตร ได้แก่ ช่วยปรับทักษะในการเป็นผู้ประกอบการหรือการทำธุรกิจให้แก่เกษตรกร การพัฒนาองค์กรเกษตรกรเพื่อสนับสนุนการตลาด และการสนับสนุนห่วงโซ่คุณค่าภายในห่วงโซ่อุปทาน

ซึ่งเป็นบทบาทที่จะช่วยในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกร โดยเป็นส่วนที่จะช่วยในการเชื่อมโยงเกษตรกรเข้าสู่ตลาด ดังนั้นหากต้องการให้บทบาทของนักส่งเสริมการเกษตรสามารถเชื่อมโยงเกษตรกรรายย่อยกับตลาดได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น จำเป็นต้องพัฒนานักส่งเสริมการเกษตร ปรับมุมมองการทำงาน พัฒนาทักษะ รวมทั้งเพิ่มการบูรณาการการทำงานของนักส่งเสริมการเกษตรกับองค์กรอื่นด้านการค้า หรือการตลาด โดยกำหนดเป้าหมาย กรอบการทำงาน และบทบาทให้ชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

ดุชนิ ญ ลำปาง. มปป. การส่งเสริมการเกษตรสำหรับผู้ใหญ่. ภาควิชาส่งเสริมเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://web.agri.cmu.ac.th/extens/Course_all/course_352401.htm (27 พฤษภาคม 2561).

- พันธิจิตต์ สีเหนียง คณิรัตน์ คำมณี จิรรัฐนาฏ ถังเงิน และเตชินทร์ ศรีเหนียง. 2563. บทบาท นักส่งเสริมการเกษตรต่อการพัฒนาตลาด เกษตรกรในจังหวัดลพบุรี. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 3(3): 12-21.
- พันธิจิตต์ สีเหนียง โชตนา ลิมสอน เสาวลักษณ์ ฤทธิอนันต์ชัย และชัยกร สีเหนียง. 2559. แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบส่งเสริม การเกษตรในประเทศไทย กรณีศึกษาพื้นที่ ภาคกลาง. วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ สาขา สังคมศาสตร์ 37(2): 200 – 211.
- สำนักข่าวกรมประชาสัมพันธ์. 2561. จังหวัด อำนาจเจริญ สร้างการรับรู้เชื่อมโยงการ ผลิตและการตลาดสินค้าเกษตร ตาม นโยบาย “การตลาดนำการผลิต” ของ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ระบบ ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://thainews.prd.go.th/th/website_th/news/news_detail/WNECO6109200010014 (20 กันยายน 2561).
- สำนักงานเกษตรจังหวัดลพบุรี. 2561. อัตรากำลัง ของสำนักงานเกษตรจังหวัดลพบุรี. (ระบบ ออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.lopburi.doae.go.th/humannew1.htm>, (8 พฤศจิกายน 2561).
- Ferris, S., P. Robbin, R. Best, D. Seville, A. Buxton, J. Shriver and E. Wei. 2014. Linking smallholder farmers to markets and the implications for extension and advisory services. MEAS Discussion Paper 4. United States Agency for International Development (USAID) project “Modernizing Extension and Advisory Services” (MEAS). 46 p. (Online): Available Source: <https://www.agrilinks.org/sites/default/files/resource/files/MEAS%20Discussion%20Paper%204%20-%20Linking%20Farmers%20To%20Markets%20-%20May%202014.pdf>. (27 May 2019).
- Fisher, E. and M. Qaim. 2012. Linking smallholders to markets: determinants and impacts of farmer collective action in Kenya. World Development 40(6): 1255-1268.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). 2013. The food security through commercialization of agriculture programme in the Caribbean region. Food and Agriculture 86 Organization of the United Nations. Rome. (Online): Available Source: <http://www.fao.org/docrep/018/i3424e/i3424e.pdf>, (27 May 2019).
- Mkhari, R., M. Duba, D. Chauke, E. Van Heerden, P. Maponya, N. Baloyi, A. Maluleke, D. Chauke, R. Mkhari, J. Carstens, M. Van Der Walt, L. Sole, M. Duba, J. Malebana and M. Mphahlele. 2014. The establishment of vegetable and fruit markets and nurseries: A case study in the Waterberg district, Limpopo province, South Africa. Journal of Agricultural Science, 6(7). (Online): Available Source: <https://doi.org/10.5539/jas.v6n7p38>, (27 November 2019).
- Poulton, C., A. Dorward and J. Kydd. 2010. The future of small farms: new directions for services, institutions and intermediation. World Development 38(10): 1413-1428.

การคัดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์เป็นอาหารฟังก์ชัน

Screening Barley for Functional Foods

สิปปวิชญ์ ปัญญาต้อย^{1*} จารูวี อันเชตา¹ ภัทรธีรา อินพลับ¹ เนตรนภา อินสลด²

สุรพล ไจวงศ์ษา³ และวรรณพร คลังเพชร⁴

Sippawit Punyatuy^{1*}, Jaruvee Ancheta¹, Phattarateera Inplub¹, Nednapa Insalud²,

Suraphon Chaiwongsar³ and Wannaporn Klangpetch⁴

Received: February 22, 2023

Revised: March 23, 2023

Accepted: April 3, 2023

Abstract: The objective of this study was to develop barley varieties providing high yield and quality. The observation and intra-station yield trial had been done during 2020-2022 at Samoeng Rice Research Center. It was found that the observation of 34 barley promising lines, 6 barley promising lines had high yield (BCMU36-24-SMG-14, BCMU96-9-SMG-36, FNBL8306, FNBL#140, SMGBL94027 and SMGBL90001-1-1-1). Moreover, intra-station yield trial results showed that the growth, yield components, yield and proximate analysis were statistically different. The BCMU36-24-SMG-14 and BCMU96-9-SMG-26 had more potential to be developed into a functional food product than other barley promising lines/cultivar. The average yields of BCMU36-24-SMG-14 and BCMU96-9-SMG-26 were 491 and 492 kg/rai respectively while they contained beta-glucan (5.6 and 5.3%), carbohydrates (68.7 and 69.1%), protein (11.6 and 11.2%), fat (1.7 and 1.7%), fiber (3.8 and 4.1%), and ash (2.2 and 2.4%).

Keywords: screening, barley, functional foods

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี ดำเนินการศึกษาคัดพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิต ตั้งแต่ฤดูปลูกปี 2563-2565 ณ ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง พบว่า จากการศึกษาคัดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ จำนวน 34 สายพันธุ์ มี BCMU36-24-SMG-14, BCMU96-9-SMG-36, FNBL8306, FNBL#140, SMGBL94027 และ SMGBL90001-1-1-1 ที่แนวโน้มให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง จึงคัดเลือกสายพันธุ์ดังกล่าว ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี พบว่า ข้าวบาร์เลย์แต่ละสายพันธุ์มีค่าการเจริญเติบโต องค์ประกอบของผลผลิต ผลผลิต และคุณค่าทางโภชนาการมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสายพันธุ์ BCMU36-24-SMG-14 และ BCMU96-9-SMG-26 มีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันได้ดีกว่าสายพันธุ์พันธุ์อื่น

¹ ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง อ. สะเมิง จ. เชียงใหม่ 50250

¹ Samoeng Rice Research Center, Samoeng, Chiang Mai 50250, Thailand

² สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

² Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Maejo, Chiang Mai, 50290, Thailand

³ สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

³ Program in Plant Science, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lam Pang, 52000, Thailand

⁴ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁴ Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50100, Thailand

*Corresponding author: sippawit.p@rice.mail.go.th

ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของผลผลิต 491 และ 492 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณเบต้ากลูแคน 5.6 และ 5.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ คาร์โบไฮเดรต 68.7 และ 69.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โปรตีน 11.6 และ 11.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไขมัน 1.7 และ 1.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เยื่อใย 3.8 และ 4.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเถ้า 2.2 และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

คำสำคัญ: การคัดเลือก ข้าวบาร์เลย์ อาหารฟังก์ชัน

คำนำ

อาหารฟังก์ชัน หรือ Functional Foods คืออาหารที่ประกอบด้วยสารสำคัญหรือสารออกฤทธิ์ที่ไม่ได้มีเพียงคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ยังมีส่วนช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น ลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดคอเลสเตอรอล เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และฟื้นฟูสภาพร่างกาย เป็นต้น (ปิ่นมณี, 2548) ผู้บริโภคทั่วโลกจึงให้ความสนใจ โดยใช้อาหารสำหรับโภชนาบำบัดแทนการรักษาโรคจากใช้สารเคมี ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายนอกจากการให้สารอาหารตามหลักโภชนาการ คาดว่ามูลค่าของยอดขายในปี พ.ศ. 2563-2570 จะสูงถึง 90,500 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา (ประมาณ 2,896,000 ล้านบาท) (USDA, 2023) โดยเฉพาะข้าวบาร์เลย์มีปริมาณ β -D-กลูแคน อยู่ระหว่าง 18.6–53.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เฉลี่ย 41.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Havrlentova and Kraic, 2006) ซึ่งเป็นสารสำคัญช่วยให้อวัยวะหัวใจแข็งแรง เสริมสร้างการเจริญเติบโตของหลอดเลือดใหม่ ป้องกันโรคหัวใจ และเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (Telegraph, 2023) ในขณะที่ข้าวบาร์เลย์เป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ไม่มีเกษตรกรปลูกภายในประเทศเนื่องจากผลผลิตของพันธุ์เดิมในอดีตประมาณ 36 ปีย้งต่ำ อีกทั้งจากการเปลี่ยนของสภาพภูมิอากาศและความต้องการของการใช้ประโยชน์ในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไป ควรเน้นการพัฒนาสายพันธุ์เฉพาะพื้นที่ในการผลิตที่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน และต่อ ยอดผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคและผู้ประกอบการ สำหรับการสร้างอัตลักษณ์อาหารเพื่อสุขภาพของไทย จึงต้องการพัฒนาพันธุ์

ข้าวบาร์เลย์ให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการ และเป็นพืชทางเลือกที่สามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรเขตภาคเหนือตอนบนในการปลูกเป็นพืชหลังนา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การประเมินสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์

ฤดูปลูกปี 2563/2564 ดำเนินการศึกษาพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง โดยรวบรวมข้าวบาร์เลย์จากแหล่งปลูกภายในประเทศและต่างประเทศจากศูนย์ปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดและข้าวสาลีระหว่างประเทศ (CIMMYT) ปลูกทดสอบข้าวบาร์เลย์ 34 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์ บรบ 2 บรบ 9 สะเมิง 1 และสะเมิง 2 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2563 ด้วยวิธีโรยเป็นแถว ยาว 3 เมตร สายพันธุ์ละ 4 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 20 เซนติเมตร ให้น้ำทันทีหลังปลูกและให้น้ำทุก 10-14 วัน ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ให้ปุ๋ย 10 กิโลกรัม N + 5 กิโลกรัม P_2O_5 + 15 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ พร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ให้ปุ๋ย 10 กิโลกรัม N ต่อไร่ หลังปลูก 20 วัน การดูแลแปลงปลูกทำการกำจัดวัชพืชหลังปลูก 20-30 วัน และป้องกันกำจัดโรคแมลงโดยใช้สารเคมีตามคำแนะนำของกรมการข้าว บันทึกข้อมูล ได้แก่ 1) วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ 2) วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา 3) ผลผลิตต่อพื้นที่เก็บเกี่ยว และ 4) บันทึกลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อศึกษาลักษณะต่างๆ ของพันธุ์ จากนั้นจึงคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่มีลักษณะดีและให้ผลผลิตสูง

2. การปลูกทดสอบผลผลิตสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์

คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ที่มีลักษณะดีและให้ผลผลิตสูง จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่

BCMU36-24-SMG-14, BCMU96-9-SMG-36, FNBL8306, FNBL#140, SMGBL94027 และ SMGBL90001-1-1-1 โดยใช้พันธุ์ บรรพ 2, บรรพ 9, สะเมิง 1 และสะเมิง 2 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ นำมาปลูกทดสอบผลผลิตในฤดูปลูกปี พ.ศ. 2564/2565 ดำเนินการเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ณ ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อย 3 X 4 เมตร ปลูกเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2564 ด้วยวิธีการโรยเป็นแถว ยาว 3 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 20 เซนติเมตร ใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 20 กิโลกรัมต่อไร่ การให้น้ำ ปุ๋ย การดูแลแปลงปลูกปฏิบัติเช่นเดียวกับการศึกษาพันธุ์ บันทึกข้อมูล ประกอบด้วย 1) การเจริญเติบโต ของคัพระกอบผลผลิต และผลผลิต ได้แก่ จำนวนต้นกล้าต่อตารางเมตร วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา จำนวนรวงต่อตารางเมตร ความสูง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด และ ผลผลิตต่อพื้นที่เก็บเกี่ยว และคำนวณผลผลิตต่อไร่ และ 2) องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ เบต้ากลูแคน ตามวิธีของ McCleary *et al.* (1997) โปรตีน कारโบไฮเดรต ไขมัน เยื่อใย เถ้า และ ความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2005)

3. การวิเคราะห์สถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ลักษณะการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมี ตามแผนการทดลองที่กำหนด และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple-Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม R-statistic

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การประเมินสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์

จากการศึกษาพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ พบว่า วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ของพันธุ์บรรพ 9 มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาเร็วกว่าสายพันธุ์/พันธุ์อื่นๆ เมื่อพิจารณาระดับของผลผลิต พบว่า ข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ FNBL8306, FNBL#140, SMGBL90001-1-1-1, SMGBL94027, BCMU36-24-SMG-14 และ BCMU96-9-SMG-36 มีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงสุด (633, 621, 631, 661, 625 และ 615 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) จึงคัดเลือกสายพันธุ์ดังกล่าว เพื่อดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี (Table 1)

Table 1 Observation of barley promising lines at Samoeng Rice Research Center, season 2020/2021.

Line/Variety	Day of 50% flowering (days)	Maturity days (days)	Yield (kg/rai)
BRB9702	50	80	490
EMBSN98/99#5	55	83	512
FNBL8306	54	83	633
FNBL8306-BC-SMG-1-1	55	86	367
FNBL8309-34-SMG-1-1	53	85	428
FNBL8403-17-SMG-1-1	55	87	469
FNBL8420-14-SMG-1-1-1	54	82	527
FNBL#140	53	82	621
LARTC-BL9408	50	80	184
LARTC-BL9910	51	79	489
LARTC-BL9916	54	83	497
MJBLS#2	55	85	534
SMGBL88001-3-1-2-1	53	82	540
SMGBL89015-2-1-1-1	52	84	515
SMGBL90001-1-1-1	53	80	631

Table 1 (continued).

Line/Variety	Day of 50% flowering (days)	Maturity days (days)	Yield (kg/rai)
SMGBL90002-5-1-2-1	53	82	442
SMGBL90009-5-1-3-1	52	80	197
SMGBL90043-4-1-2-1	50	84	325
SMGBL91006-1-3-1	54	85	519
SMGBL91102-1-1-1	53	84	475
SMGBLS89706	53	83	485
SMGBLS92009	54	85	426
SMGBLS93022	51	80	509
SMGBLS94016	54	83	369
SMGBLS94020	53	85	304
SMGBLS94027	50	79	661
SMGBLS94028	51	79	486
SMGBLS94031	52	80	503
SMGBLS94032	50	78	255
SMGBLS95032	52	81	434
SMGBLS95080	50	80	358
SMGBLS98001	50	81	521
BCMU36-24-SMG-14	51	80	625
BCMU96-9-SMG-36	50	79	615
BRB 2	56	87	367
BRB 9	37	65	416
Samoeng 1	53	82	519
Samoeng 2	54	82	484

2. การเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์

2.1 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิต

การทดลองเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ณ ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวบาร์เลย์แต่ละสายพันธุ์ มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ บรรพ 9 ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ เร็วที่สุด 43 วัน และ บรรพ 2 ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ช้าที่สุด 56 วัน วันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของพันธุ์ บรรพ 9 เร็วที่สุด 67 วัน และ บรรพ 2 ช้าที่สุด 89 วัน ส่วนความสูง

และจำนวนต้นต่อตารางเมตรของข้าวบาร์เลย์แต่ละสายพันธุ์/พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความสูงของสายพันธุ์ BCMU36-24-SMG-14, BCMU96-9-SMG-36 และ SMGBL90001-1-1-1 ค่าเฉลี่ยสูงสุด 111.3, 107.4 และ 105.7 เซนติเมตร ตามลำดับ และ SMGBL94027 และบรรพ 9 มี ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 95.8 และ 93.5 เซนติเมตร จำนวนต้นต่อตารางเมตรของพันธุ์สะเมิง 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 291 ต้นต่อตารางเมตร และสายพันธุ์ BCMU96-9-SMG-36 และพันธุ์สะเมิง 2 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 159 และ 153 ต้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Intra-station yield trial on agronomic traits and growth of barley promising lines at Samoeng Rice Research Center, season 2021/2022

Line/Variety	Day of 50% flowering (days)	Maturity days (days)	Plant height (cm)	Seedling density (plants/m ²)
BCMU36-24-SMG-14	52 b	80 c	111.3 a	189 c
BCMU96-9-SMG-36	50 c	80 c	107.4 a	159 d
FNBL8306	54 b	85 b	102.2 ab	267 b
FNBL#140	53 b	84 b	102.2 ab	201 c
SMGBL94027	50 c	80 c	84.6 c	192 c
SMGBL90001-1-1-1	54 b	81 c	105.7 a	203 c
BRB 2	56 a	89 a	95.8 b	248 b
BRB 9	43 e	67 d	83.3 c	260 b
Samoeng 1	49 d	79 c	93.5 b	291 a
Samoeng 2	51 bc	80 c	91.9 bc	153 d
F-test	**	**	**	**
CV%	0.25	0.30	3.37	14.46

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ ได้แก่ จำนวนรวงต่อตารางเมตร จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต ของแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยจำนวนรวงต่อตารางเมตรของพันธุ์บรรพ 9 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 632 รวงต่อตารางเมตร และสายพันธุ์ FNBL#140 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 332 รวงต่อตารางเมตร จำนวนเมล็ดต่อรวงของพันธุ์สะเมิง 1 และสะเมิง 2 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด

51.4 และ 51.7 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ และพันธุ์บรรพ 9 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 17.6 เมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของสายพันธุ์ BCMU36-24-SMG-14 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 53.9 กรัม และพันธุ์สะเมิง 2 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 29.2 กรัม และผลผลิตของสายพันธุ์ SMGBL94027 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 532 กิโลกรัมต่อไร่ และพันธุ์ บรรพ 2, บรรพ 9 และสะเมิง 1 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 407, 402 และ 410 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Intra-station yield trial on yield components and yield of barley promising lines at Samoeng Rice Research Center, season 2021/2022

Line/Variety	Spike density (number of spike/m ²)	Number of seeds per head (seeds/head)	1,000 grain weight (g)	Yield (kg/rai)
BCMU36-24-SMG-14	382 bc	21.8 cd	53.9 a	491 b
BCMU96-9-SMG-36	384 bc	20.9 cd	49.3 b	492 b
FNBL8306	366 bc	46.0 b	45.5 c	426 c
FNBL#140	332 c	49.1 ab	45.6 c	474 b
SMGBL94027	477 b	21.2 cd	45.1 c	532 a
SMGBL90001-1-1-1	376 bc	24.2 c	46.1 c	435 c
BRB 2	403 bc	47.6 ab	42.7 cd	407 d
BRB 9	632 a	17.6 d	49.4 b	402 d

Table 3 (continued).

Line/Variety	Spike density (number of spike/m ²)	Number of seeds per head (seeds/head)	1,000 grain weight (g)	Yield (kg/rai)
Samoeng 1	465 b	51.4 a	37.6 d	410 d
Samoeng 2	408 bc	51.7 a	29.2 e	444 c
F-test	**	**	**	**
CV%	10.58	5.10	6.69	13.77

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

จากงานวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ของสายพันธุ์ดีเด่นที่ได้รายงานในอดีตของพรรคชัย และคณะ (2538) ได้ทำการศึกษาพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตข้าวบาร์เลย์ ฤดูปลูกปี 2536/2537 ทั้งหมด 12 แห่ง ได้แก่ 1) สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง 2) ไร่แม่กรณ์ จังหวัดเชียงราย 3) สถานีทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาวสะเมิง 4) สถานีทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาวปางมะผ้า 5) แปลงทดลองข้าวไร่และธัญพืชเมืองหนาวดงหลักหมื่น 6) ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ 7) สถานีทดลองข้าวพาน 8) สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง 9) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 10) ไร่สุวรรณ จังหวัดนครราชสีมา 11) แปลงทดลองห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี และ 12) สถานีทดลองข้าวและธัญพืชเมืองหนาวโพธิ์ชัย จังหวัดหนองคาย เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตเป็นหลัก พบว่าข้าวบาร์เลย์มีหลายสายพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบสะเมิง 1 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดที่ 213 กิโลกรัมต่อไร่ ในชุดศึกษาพันธุ์ ได้แก่ FNBL8403-6-SMG-1-2-1, FNBL8403-17-SMG-1-1-1, FNBL8420-9-SMG-1-1 และ SMGBLS910 เป็นต้น ในชุดเปรียบเทียบผลผลิต ได้แก่ FNBL8306-BC-SMG-1-1, FNBL8307-SMG-1-1, FNBL#140, SMGBLS89706, SMGBLS89707 และ FNBL8201-17-SMG-1-1 สายพันธุ์เหล่านี้ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบสะเมิง 1 ประมาณ 4-11 เปอร์เซ็นต์ โดยสอดคล้องกับการทดลองศึกษาพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ในปัจจุบัน ยังมีบางสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง เช่น FNBL#140 เป็นต้น

นอกจากนี้ งามชื่น (2538) รายงานว่าการปรับปรุงพันธุ์ข้าวบาร์เลย์เพื่อใช้ผลผลิตเป็นข้าวมอลต์ภายในประเทศ มักมีปัญหาเกี่ยวกับสภาพดิน ฟ้า อากาศไม่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตเนื่องจากคุณภาพของข้าวบาร์เลย์ขึ้นกับสภาพแวดล้อม อาทิ น้ำ อุณหภูมิ และธาตุอาหารในดิน และจากการคัดเลือกพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ โดยการประเมินผลผลิตข้าวบาร์เลย์ในสภาพต่างๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529-2535 พบว่า พันธุ์อ่างขาง 1, อ่างขาง 2, บรบ 2 และสะเมิง 1 มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์อยู่ในช่วง 40-57 วัน ความสูงเฉลี่ย อยู่ในช่วง 62-77 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ย อยู่ในช่วง 19-82 เมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย อยู่ในช่วง 40-51 กรัม และผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ให้ค่า 358, 341, 352 และ 361 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพันธุ์อ่างขาง 1 และอ่างขาง 2 อายุมากกว่า บรบ 2 และสะเมิง 1 และยังมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ด สูงกว่าพันธุ์ทั้งสองอย่างเด่นชัดแม้ว่าจะมีจำนวนเมล็ดต่อช่อต่ำกว่า เนื่องจากเป็นข้าวบาร์เลย์ชนิด 2 แถว (Two-Row Barley) จึงเป็นลักษณะทางการเกษตร (agronomic character) ที่ควรประกอบเป็นแนวทางการตัดสินใจนอกจากระดับของผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองสายพันธุ์ BCMU36-24-SMG-14, BCMU96-9-SMG-36 และพันธุ์ บรบ 9 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบมีค่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าสายพันธุ์/พันธุ์อื่น

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของผลผลิต

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบหลักของข้าวบาร์เลย์ พบว่า ปริมาณของเถ้าแต่ละ

สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณเบต้ากลูแคน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์ และความชื้นของแต่ละสายพันธุ์/พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณเบต้ากลูแคนของพันธุ์ บรบ 9 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 7.0 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ FNBL8306, FNBL#140 และ SMGBL94027 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3.7, 3.5 และ 3.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีนของพันธุ์ บรบ 2 และ บรบ 9 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 12.7 และ 12.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสายพันธุ์ FNBL8306 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 9.8 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตของสายพันธุ์ FNBL8306 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 69.5 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ บรบ 2 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 65.7 เปอร์เซ็นต์ ไขมันของสายพันธุ์

BCMU36-24-SMG-14 และ BCMU96-9-SMG-36 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 1.7 และ 1.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสายพันธุ์ SMGBL94027, SMGBL90001-1-1-1, บรบ 2, สะเมิง 1 และสะเมิง 2 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1.3, 1.3, 1.3, 1.3 และ 1.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เยื่อใยของพันธุ์สะเมิง 1 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 8.0 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ BCMU36-24-SMG-14 และ BCMU96-9-SMG-36 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3.8 และ 4.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความชื้นของสายพันธุ์ BCMU36-24-SMG-14 และ FNBL8306 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด 12.0 และ 11.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพันธุ์สะเมิง 2 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 10.1 เปอร์เซ็นต์ (Table 4)

Table 4 Proximate analysis of barley promising lines at Samoeng Rice Research Center, season 2021/2022

Line/Variety	β -glucans (%)	Carbohydrate (%)	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Moisture (%)
BCMU36-24-SMG-14	5.6 b	68.7 b	11.6 c	1.7 a	3.8 e	2.2	11.9 a
BCMU96-9-SMG-36	5.3 b	69.1 b	11.2 d	1.7 a	4.1 e	2.4	11.5 b
FNBL8306	3.7 c	69.5 a	9.8 f	1.5 ab	5.2 d	2.2	11.9 a
FNBL#140	3.5 c	69.0 b	10.0 e	1.5 ab	6.0 c	2.3	11.1 c
SMGBL94027	3.6 c	68.0 c	10.1 e	1.3 b	7.2 b	2.3	11.0 cd
SMGBL90001-1-1-1	5.3 b	67.2 d	12.0 b	1.3 b	6.3 c	2.4	10.8 d
BRB 2	4.8 bc	65.7 e	12.7 a	1.3 b	6.9 b	2.3	11.1 c
BRB 9	7.00 a	68.0 c	12.7 a	1.5 ab	5.1 d	2.4	10.4 e
Samoeng 1	4.0 bc	67.1 d	10.0 e	1.3 b	8.0 a	2.4	11.2 c
Samoeng 2	5.0 bc	68.2 c	11.8 bc	1.4 b	6.2 c	2.3	10.1 f
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV%	8.46	0.25	0.51	4.48	2.70	3.64	0.59

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเบต้ากลูแคนของข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกในปัจจุบันมีค่าระหว่าง 3.5-7.0 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ Mutthanthirige *et al.* (2018) ได้รายงาน ข้าวบาร์เลย์ที่เพาะปลูกทั่วโลกจำนวน 28 สายพันธุ์ จากพื้นที่เพาะปลูกที่ต่างกันประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของสายพันธุ์ที่ปลูกมีปริมาณเบต้ากลูแคนอยู่ในช่วง 2.7-4.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในไทย งามขึ้น (2534) รายงานว่า สายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์

ที่นำเข้าจากต่างประเทศเพื่อการทดสอบผลผลิตใช้ทำมอลต์และเบียร์ในไทย จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ RBYT#17, AKB3, AKB1, DL69Bathim20, IBON47, Triumph, IBON118 B-Hel1985#46, AKB2 และ JYOTI มีปริมาณเบต้ากลูแคน ระหว่าง 3.7-6.4 เปอร์เซ็นต์ และจากรายงานของอาคมและสุรัตน์ (2539) พบว่า ข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ 94031, 94032, 94033, 94034, 94035, 94036, 94039,

บรรพ 2 และบรรพ 9 ทำการปลูกทดสอบ 3 สถานี ได้แก่ 1) ไร่ทดลองข้าวบาร์เลย์ อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย 2) สถานีทดลองข้าวพาน อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และ 3) สถานีทดลองข้าวไร้และธัญพืชเมืองหนาวสะเมิง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ มีปริมาณเบต้ากลูแคน ระหว่าง 3.7-4.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้จากรายงานของ Castillo *et al.* (2019) พบว่า ข้าวบาร์เลย์ จำนวน 5 พันธุ์ ในกลุ่มการใช้ประโยชน์มอลต์ โดยเฉลี่ยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต (76.8 เปอร์เซ็นต์) โปรตีน (12.5 เปอร์เซ็นต์) ไขมัน (2.7 เปอร์เซ็นต์) เยื่อใย (5.6 เปอร์เซ็นต์) เถ้า (2.4 เปอร์เซ็นต์) และความชื้น (10.3 เปอร์เซ็นต์) แม้ว่าทั้ง 5 พันธุ์จะมีสารอาหารเหมือนกัน แต่ละพันธุ์ก็มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน เช่น พันธุ์ Esperanza มีค่าคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าพันธุ์อื่น จึงมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารโภชนาการสูงและมอลต์ พันธุ์ Esmeralda มีปริมาณโปรตีนสูง จึงมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารโภชนาการสูงของมนุษย์และสัตว์ พันธุ์ Armida เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณไขมันสูงสุดและให้พลังงานในปริมาณที่มากกว่า พันธุ์ Adabella และ Alina ที่มีปริมาณเยื่อใยและเถ้าสูงกว่า เป็นต้น

จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาถึงระดับผลผลิต พบว่า ข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ SMGBL94027 ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงกว่าสายพันธุ์/พันธุ์อื่น สามารถใช้ประโยชน์ในกลุ่มการผลิตมอลต์ได้ สำหรับสายพันธุ์/พันธุ์ บรรพ 9, BCMU36-24-SMG-14 และ BCMU96-9-SMG-36 สามารถใช้ประโยชน์ในกลุ่มอาหารโภชนาการสูงได้ เนื่องจากมีปริมาณเบต้ากลูแคนสูง แต่พันธุ์ บรรพ 9 ให้ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำกว่าสายพันธุ์/พันธุ์อื่น

ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวบาร์เลย์นอกจากการพิจารณาถึงการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต ที่ส่งผลต่อระดับผลผลิตแล้ว ยังต้องคำนึงถึงคุณลักษณะเฉพาะเพื่อการใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าเชิงพาณิชย์ร่วมด้วย โดยจะทำให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงมีพืชทางเลือกสำหรับปลูกเป็นพืชหลังนาสร้างอาชีพ และรายได้เสริมส่งผลให้เป็นการเพิ่มเศรษฐกิจฐานรากให้กับชุมชนต่อไป

สรุป

ข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ BCMU36-24-SMG-14 และ BCMU96-9-SMG-36 สามารถใช้ประโยชน์ในกลุ่มอาหารโภชนาการสูงเพื่อพัฒนาเป็นอาหารฟังก์ชันได้ดีกว่าสายพันธุ์/พันธุ์อื่น

เอกสารอ้างอิง

- พรรคชัย วงศ์บุรี สุธีรา มุลศรี ทัด ปินตาเสน สุพรรณ สิทธิวงศ์ นิทัศน์ สิทธิวงศ์ ปรีศนา หาญวิริยะพันธุ์ สอนอง พิมพ์น้อย ประไพพรรณ ไควอินทร์ สาธิต รัชตเสริกุล เอกสิทธิ์ สกุลคู สุชาวดี นาคะทัต ณรงค์ อนยวงค์ สุชาดา อยู่ประเสริฐ สุทัศน์ จุลศรีไกวัด อาคม กาญจนประโชติ ธีรยุทธ ตูจินดา สุพัฒน์ บุญแรง สมหวัง อนุสนธิ พรเพิ่ม และงามขึ้น รัตนดิกร. 2538. การศึกษาพันธุ์และการเปรียบเทียบผลผลิตธัญพืชเมืองหนาวชุดประเทศไทย. หน้า 178-223. ใน: การประชุมวิชาการธัญพืชเมืองหนาวแห่งชาติ ครั้งที่ 16. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง และโรงแรมลำปางเวียงทอง จ.ลำปาง.
- งามขึ้น รัตนดิกร. 2534. ปริมาณ beta-glucans ในการคัดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ ข้าวมอลต์และเบียร์. หน้า 189-192. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 4-7 กุมภาพันธ์ 2534 รายงานผลการวิจัย สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- งามขึ้น รัตนดิกร. 2538. วิธีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ทำข้าวมอลต์. หน้า 98-110. ใน: การประชุมวิชาการธัญพืชเมืองหนาวแห่งชาติ ครั้งที่ 16. สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง และโรงแรมลำปางเวียงทอง จ.ลำปาง.
- ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2548. ฟังก์ชันนัลฟู้ดส์: อาหารเพื่อสุขภาพ. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม 4(2): 43-50.
- อาคม กาญจนประโชติ และสุรัตน์ นักหล่อ. 2539. คุณภาพมอลต์จากข้าวบาร์เลย์บางพันธุ์ที่

- ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย. หน้า 259-267. ใน: การประชุมวิชาการรัฐพีช เมืองหนาวแห่งชาติ ครั้งที่ 17. โรงแรม อัมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC International. Guithersburg, Maryland, U.S.A. 3172 pp.
- Castillo, C., García G., Hernández A. and M. Zamora 2019. Proximate composition and energy value analysis of five varieties of malting barley. *International Journal of Food Science and Biotechnology* 4(2): 35-39.
- Havrlentova, M. and J. Kraic. 2006. Content of β -D-glucan in cereal grains. *Journal of Food and Nutrition Research* 45(3):97-103.
- Mutthanthirige, D. L. C. N., X. Zhao, D. C. Jeewani, J. Bian, X. Nie and S. Weining. 2018. Direct comparison of β -glucan content in wild and cultivated barley. *International Journal of Food Properties* 21(1): 2218-2228.
- McCleary B., V., D.C. Mugford, M.C. Camire, T.S. Gibson, K. Harrigan, M. Janning, F. Meuser and P. Williams. 1997. Determination of β -glucan in barley and oats by streamlined enzymatic method: summary of collaborative study. *Journal of AOAC International* 80(3): 580-583.
- Telegraph. 2023. Italian-Scientists (online). source : www.telegraph.co.uk/news/2017/10/19/italian-scientists-claim-new-type-pasta-can-help-ward-hear (15 January 2023).
- United States Department of Agriculture (USDA). 2023. Thailand's Food Trends in 2021 (online). source : <https://www.businesswire.com/news/home/20210315005360/en/Global-Functional-Food-Ingredients-Market-Report-2021-Market-to-Reach-110.3-Billion-by-2027--U.S.-Market-is-Estimated-at-20.6-Billion-While-China-is-Forecast-to-Grow-at-8.4-CAGR---ResearchAndMarkets.com> (15 January 2023).

การประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อ และเปลือกมะม่วงสุก Evaluation of Antioxidants in Flesh and Peel of Ripe Mango

ดร.ณิ ทาวรเจริญ^{1*} พูนพิภพ เกษมทรัพย์² กัลยาณี สุวิทวัส¹ ขวัญหทัย ทนงจิตร์¹
พิมพ์นิภา เฟื่องช้าง¹ และเจนจิรา ชุ่มภูคำ²

Darunee Thawornchareon^{1*}, Poonpipope Kasemsap², Kunlayanee Suvittawat¹,
Kwanhathai Tanongjid¹, Pimnipa Phengchang¹ and Jenjira Chumpookam²

Received: January 19, 2023

Revised: March 27, 2023

Accepted: April 3, 2023

Abstract: The aim of this research was to investigate vitamin C, total phenolic, beta-carotene content and antioxidant activity in flesh and peel at ripe stage of nine economic mango cultivars (Mahacharnok, Namdokmai, Namdokmai No.4, Namdokmai Sithong, Okrongthong, Kalonthong, Thongdam, Nangklangwan and Nathap) were evaluated. The results showed that antioxidants in flesh and peel at ripe stage were significantly different ($P < 0.01$). The ripe mango flesh, Thongdam had the highest vitamin C content of 105 mg/100 g FW. The ripe mango peel, Mahacharnok had the highest vitamin C content of 86.22 mg/100 g FW. The ripe mango flesh, Kalonthong had the highest total phenolics content of 85.85 mg/100g FW. The ripe mango peel, Mahacharnok had the highest total phenolics content of 4,644 mg/100g FW. The ripe mango flesh, Kalonthong had the highest antioxidant activity content of 5.66 $\mu\text{Mol/g}$ FW. The ripe mango peel, Namdokmai No.4 had the highest antioxidant activity content of 490.56 $\mu\text{Mol/g}$ FW. The ripe mango flesh, Thongdam had the highest beta-carotene content of 17.20 mg/100 g FW. The ripe mango peel Namdokmai Sithong had the highest beta-carotene content of 11.31 mg/100 g FW. The result revealed that mango peel had more antioxidant than mango flesh. Therefore, we can choose to eat mango cultivars fresh with the peel since the fruit is small or to be developed for food preservation that can be eaten with the whole peel or dry the peel for further consumption. This data will be useful for choosing an appropriate mango cultivars for consumers, farmers, processors, and people interested.

Keywords: *Mangifera indica* L., nutritional value, ascorbic acid, total phenolics, β -carotene

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อ และเปลือก มะม่วงผลสุกจำนวน 9 พันธุ์ (มหาชน น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง กะล่อนทอง ทองดำ หนังกกลางวัน และนาทับ) พบว่า สารต้านอนุมูลอิสระระหว่างพันธุ์ในเนื้อ และเปลือกมะม่วงผลสุกทั้งหมด มีความแตกต่างกัน

¹ สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

¹ Department of Horticulture, Pak Chong Research Station, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900.

² ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900.

*Corresponding author: fagrdnth@ku.ac.th

ทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยพบว่าปริมาณวิตามินซีในเนื้อมะม่วงพันธุ์ทองดำมีค่ามากที่สุด 105 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนในเปลือกมหาชนกมีค่ามากที่สุด 86.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กะล่อนทอง มีแนวโน้มค่าค่อนข้างสูง 85.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนในเปลือกมหาชนกมีค่ามากที่สุด 4,644 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกะล่อนทองมีแนวโน้มค่าค่อนข้างสูง 5.66 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ส่วนในเปลือกน้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีค่ามากที่สุด 490.56 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด และปริมาณเบต้าแคโรทีนของดำมีค่ามากที่สุด 17.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนในเปลือกน้ำดอกไม้ สีทองมีค่ามากที่สุด 11.31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด จากผลการทดลองในเปลือกมีสารต้านอนุมูลอิสระ มากกว่าในเนื้อมะม่วง ดังนั้นสามารถเลือกนำพันธุ์มะม่วงไปรับประทานสดพร้อมเปลือกตั้งแต่ผลเล็ก หรือนำไป พัฒนาในการถนอมอาหารที่กินได้ทั้งเปลือก หรือนำเปลือกไปอบแห้งเพื่อบริโภคต่อไป โดยข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ ต่อผู้บริโภค ผู้แปรรูปมะม่วง และผู้สนใจในการเลือกใช้พันธุ์มะม่วง

คำสำคัญ: *Mangifera indica* L. คุณค่าทางโภชนาการ วิตามินซี ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด เบต้าแคโรทีน

คำนำ

มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของประเทศไทย มีการบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออกไปจำหน่าย ยังต่างประเทศจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ประเทศไทยส่งออกมะม่วงในรูปผลสดหรือ แช่แข็งเป็นจำนวน 116,850,440 กิโลกรัม คิดเป็น มูลค่า 3,367,228,976 บาท หรือมะม่วงปรุงแต่ง บรรจุภาชนะที่อากาศผ่านเข้าออกไม่ได้มีปริมาณ การส่งออก 26,739,521 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 1,505,691,140 บาท และมะม่วงอบแห้งมีปริมาณ การส่งออก 5,561,518 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 1,124,143,633 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ในปัจจุบันแนวโน้มของผู้บริโภคเริ่มหันมา ใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น ส่งผลต่อพฤติกรรม การบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ มีสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้มีรายงานวิจัยว่าผลไม้เป็นแหล่งสารออกฤทธิ์ ทางชีวภาพ และสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เบต้า แคโรทีน วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น (สำนักโภชนาการ, 2565; Noctor and Foyer, 1998) ผู้บริโภคจึงนิยมบริโภคผลไม้ ในการ พิจารณาการใช้ประโยชน์จากเปลือกมะม่วง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากแหล่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นได้เปลือก มะม่วงจากการนำเนื้อไปบริโภคผลสด หรือจาก อุตสาหกรรมแปรรูปผลไม้ เช่น การทำน้ำมะม่วง พร้อมดื่ม มะม่วงกวน พุดดิ้งมะม่วง และอื่นๆ เริ่ม

ได้รับความสนใจมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง (กรมส่งเสริม การค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2564) เนื่องจากพบว่า ในเปลือกมะม่วงมีสารต้าน อนุมูลอิสระหลายชนิดในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่ง หากสามารถนำเปลือกมะม่วงมาเป็นผง หรือพัฒนา เป็นผลิตภัณฑ์อื่นที่มีคุณค่าทางอาหารสูง น่าจะเป็น ประโยชน์ต่อเกษตรกร ผู้บริโภค ผู้ผลิต โดย ในเนื้อและเปลือกของผลมะม่วงมีสารประกอบ กลุ่มแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (จริงแท้, 2550) ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ เองได้ เบต้าแคโรทีนอยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ ส่วนใหญ่พบได้ในผลไม้ที่มีสีส้มหรือสีเหลือง รวมถึงในมะม่วงผลสุก ทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระช่วย เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ยับยั้งการก่อกลายพันธุ์ และ มีความเกี่ยวข้องกับสุขภาพด้านอื่นๆ เช่น ช่วยลด ความเสี่ยงการเสื่อมของตา (สำนักโภชนาการ, 2565) อีกทั้งยังมีรายงานว่าสารต้านอนุมูลอิสระชนิด ฟีนอลิกช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเมอเร็ง และ โรคหัวใจ (Veer et al., 2000) โดยร่างกายสามารถได้ รับสารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติ (ไพบูลย์, 2550) โดยการบริโภคอาหารประเภท ผัก ผลไม้ เป็นต้น (จริงแท้, 2550) ซึ่งในมะม่วงจัดเป็นผลไม้ที่มีสาร ต้านอนุมูลอิสระที่หาได้ง่าย พบสารต้านอนุมูลอิสระ ที่สำคัญ เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินซี และ แคโรทีนอยด์ (Langseth, 1995) ดวงพร (2558)

ศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และเบต้าแคโรทีน ในมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ และมหาชนก พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่า 1.15 และ 6.23 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ สำหรับปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า มีค่า 44.56 และ 50.32 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ แต่ข้อมูลปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนนี้ไม่ครอบคลุมในพันธุ์มะม่วงที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจของไทย และในมะม่วงพันธุ์ไทยที่มีความโดดเด่นอีกหลายพันธุ์

จากการดำเนินงานพัฒนาพันธุ์มะม่วง ของ สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาวังสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จนถึงปัจจุบันมีการรวบรวมพันธุ์มะม่วง รวมถึงมีการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะม่วง ที่มีความหลากหลาย จำนวนมากทั้งมะม่วงพันธุ์ไทย และพันธุ์ต่างประเทศ นับว่าเป็นแหล่งพันธุกรรมที่สำคัญ สำหรับนักปรับปรุงพันธุ์มะม่วง โดยมีการประเมินผลลักษณะทางเกษตรของผลมะม่วงพันธุ์ต่างๆ เช่น ขนาดของผล น้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเมล็ด ความหนาของเปลือก สีเปลือกผลสุก สีเนื้อสุก เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาล และการออกดอก (ขวัญหทัย และคณะ, 2553) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลงานวิจัยด้านสารต้านอนุมูลอิสระส่วนของเนื้อ และเปลือกมะม่วงบริโภคผลสุกในพันธุ์มะม่วงที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจ เช่น มหาชนก น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง รวมถึงพันธุ์ที่ยังไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในปัจจุบันมากนัก แต่มีจุดเด่น เช่น มะม่วงพันธุ์กะล่อนทองมีผลขนาดใหญ่ไม่ใหญ่มาก ติดผลเป็นพวง และเปลือกสีเหลืองส้ม น่าดึงดูดผู้บริโภค ทองคำมีเนื้อมาก สีเนื้อเหลืองส้มเข้ม น่าจะมีเบต้าแคโรทีนสูง หนังกกลางวันมีเนื้อละเอียด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เมล็ดบาง และมีเนื้อมาก และนาทับมีจุดเด่นคือผลขนาดใหญ่ และมีรสชาติดี พันธุ์เหล่านี้น่าจะติดตลาดได้ไม่ยาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงพันธุ์ต่างๆ จำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ มหาชนก น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง กะล่อนทอง ทองคำ หนังกกลางวัน และนาทับ

ซึ่งข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค ผู้แปรรูปมะม่วง รวมถึงผู้สนใจในการเลือกใช้น้ำผลไม้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ [Completely randomized design (CRD)] จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วยพันธุ์มะม่วงจำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ มหาชนก น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง กะล่อนทอง ทองคำ หนังกกลางวัน และนาทับ ดำเนินการทดลองดังนี้ (ต้นมะม่วงที่ใช้สำหรับงานวิจัยอายุ 5 ปี ขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ด้วยวิธีการทาบกิ่ง)

การเก็บเกี่ยว

สุ่มเลือกเก็บผลมะม่วงในระยะบริบูรณ์ที่ไม่มีตำหนิจากโรคหรือแมลงในระยะเก็บเกี่ยว (แก่มีผลทั้งสองข้างพองโตเต็มที่ผิวผลเปลี่ยนจากสีเขียวจัดเป็นสีจางลง หรือมีลักษณะคล้ายพลั่วแบ่งเกาะติดผิว เป็นผลจมน้ำไม่ลอยน้ำ อายุผลประมาณ 95-110 วัน หลังติดผล) จากแปลงรวบรวมพันธุ์มะม่วง ภายในสถานีวิจัยปากช่อง ภาควิชาวังสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2564 นำผลมะม่วงที่เก็บมาบ่มเอทีฟอน โดยใช้ความเข้มข้นเอทีฟอน 500 ส่วนในล้าน แช่ผลนาน 5 นาที นำผลวางผึ่งในที่ร่มให้แห้ง นำไปวางบ่มในอุณหภูมิห้อง เมื่อมะม่วงสุก (ระยะสุกเต็มที่ไม่ถึงกับแก่อมเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง) เก็บตัวอย่างเนื้อมะม่วงบริเวณส่วนกลางผล และเปลือกมะม่วงจากทั้งผล นำตัวอย่างทั้ง 2 ส่วนมาสับให้ละเอียดเก็บในตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นแยกสกัด และวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผล และเปลือกมะม่วงผลสุก

1) การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี นำส่วนของเนื้อ และเปลือกมาแยกสกัด โดยนำตัวอย่าง 3 กรัม ผสมกับสารสกัด (extraction solution) ประกอบด้วย 3% กรดออกซาลิก (oxalic acid) และ

8% กรดอะซิติกเข้มข้น (gracial acetic acid) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บั่นด้วยเครื่อง homogenizer จนเป็นเนื้อเดียวกัน นำสารสกัด 10 มิลลิลิตร ไปหมุนเหวี่ยงให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge ตั้งความเร็ว 15,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที จากนั้นดูดสารละลายส่วนใสขึ้นบนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยใช้วิธี 2, 6-dichlorophenolindophenol titration method (AOAC, 1990) ไทเทรตด้วย 2, 6-dichlorophenolindophenol จนถึงจุด end point นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) เทียบกับ L-ascorbic acid ซึ่งใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน (1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) แสดงผลในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

2) การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นำตัวอย่างเนื้อผลและเปลือกมะม่วง 3 กรัม มาผสมกับ 95% เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่อง homogenizer นำไปตกตะกอนโดยใช้เครื่อง centrifuge ที่ 15,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใสขึ้นบนไปวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังนี้

2.1) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics content) วิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method (Swain and Hillis, 1959) ที่ดัดแปลงจาก Thaipong *et al.* (2006) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

2.2) ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) วิเคราะห์ด้วยวิธี Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) assay (Benzie and Strain, 1996) ที่ดัดแปลงจาก Thaipong *et al.* (2006) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยใช้วิตามินซีแสดงค่าในหน่วยไมโครโมลต่อกรัมน้ำหนักสด

3) ปริมาณเบต้าแคโรทีน วิเคราะห์ตามวิธีการของ Anthon and Barrett (2007) โดยซึ่ง

ตัวอย่างเนื้อมะม่วงส่วนกลางผล 200 มิลลิกรัม และในเปลือกใช้จากทั้งผล 200 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร ใส่สารสกัด (Hexane: Acetone: Ethanol ในสัดส่วน 2:1:1 โดยปริมาตร) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และนำไปบั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง homogenizer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ปิดฝาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที และนำสารตัวอย่างขึ้นบนมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 444 และ 503 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเบต้าแคโรทีนแสดงผลในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นไม่น้อยกว่า 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลมะม่วงสุก 9 พันธุ์

จากการทดลองพบว่า ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) (Table 1)

ปริมาณวิตามินซี ในเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 45.71-105 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์ทองดำมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด 105 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมา ได้แก่ กะล่อนทอง หนึ่งกลางวัน นาทับ น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง มหาชนก ที่มีค่าเท่ากับ 71.40, 66.95, 66.46, 65.23, 63.00, 51.14 และ 45.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์ออกร่องทองมีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 45.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ในเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 20.40-85.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์กะล่อนทองมีปริมาณฟีนอลิกค่อนข้างสูงคือ 85.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมา ได้แก่ หนังกกลางวัน ทองดำ น้ำดอกไม้ มหาชนก น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง และนาทับ ที่มีค่าเท่ากับ 83.48, 77.45, 69.21, 41.80, 33.40, 31.82 และ 21.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีปริมาณฟีนอลิกน้อยที่สุดคือ 20.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 2.05-5.66 ไมโครโมลต่อกรัมน้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์กะล่อนทองมีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูงคือ 5.66 ไมโครโมลต่อกรัมน้ำหนักสด รองลงมา ได้แก่ หนังกกลางวัน ทองดำ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อกร่องทอง น้ำดอกไม้สีทอง มหาชนก และน้ำดอกไม้ ที่มีค่าเท่ากับ 4.91, 4.64, 4.54, 4.16, 3.60, 3.47 และ 3.32 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์นาทับมีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดคือ 2.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

ปริมาณเบต้าแคโรทีน ในเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.63-17.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์ทองดำมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดคือ 17.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด รองลงมา ได้แก่ น้ำดอกไม้สีทอง มหาชนก น้ำดอกไม้ กะล่อนทอง น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อกร่องทอง และนาทับ ที่มีค่าเท่ากับ 6.65, 5.90, 5.08, 4.48, 3.86, 1.96 และ 1.52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์หนังกกลางวัน มีปริมาณเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุดคือ 0.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

การประเมินสารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกม่วงสุก 9 พันธุ์

จากการทดลองพบว่า ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า มีความแตกต่าง

ระหว่างพันธุ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) (Table 1)

ปริมาณวิตามินซี ในเปลือกมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 65.47-86.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดคือ 86.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมา ได้แก่ นาทับ น้ำดอกไม้สีทอง ทองดำ น้ำดอกไม้ กะล่อนทอง หนังกกลางวัน และอกร่องทอง ที่มีค่าเท่ากับ 81.53, 78.81, 78.56, 76.59, 72.38, 70.41 และ 66.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดคือ 65.47 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ในเปลือกมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 890-4,644 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีปริมาณฟีนอลิกมากที่สุดคือ 4,644 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสดรองลงมา ได้แก่ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้สีทอง นาทับ อกร่องทอง ทองดำ และหนังกกลางวัน ที่มีค่าเท่ากับ 3,641, 3,170, 3,170, 2,859, 2,426, 2,381 และ 1,050 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์กะล่อนทองมีปริมาณฟีนอลิกน้อยที่สุดคือ 890 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในเปลือกมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 192.85-490.56 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ 490.56 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด รองลงมา ได้แก่ น้ำดอกไม้ มหาชนก น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง ทองดำ นาทับ และหนังกกลางวัน ที่มีค่าเท่ากับ 443.71, 425.82, 421.04, 417.64, 327.01, 297.60 และ 265.81 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์อกร่องทองมีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดคือ 192.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด

ปริมาณเบต้าแคโรทีน ในเปลือกมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 3.56-11.31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดคือ 11.31 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมา ได้แก่ อกร่องทอง ทองดำ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 นาทับ กะล่อนทอง น้ำดอกไม้ และมหาชนก ที่มีค่าเท่ากับ 9.37, 7.93, 7.80, 7.69, 7.54, 4.36 และ 3.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ และพบว่ามะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน มีปริมาณเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุดคือ 3.56 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (Table 1)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเบต้าแคโรทีน) ในเนื้อ และเปลือกของมะม่วงผลสุกทั้ง 9 พันธุ์ (มหาชนก น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง กะล่อนทอง ทองดำ หนังกลางวัน และนาทับ) พบว่าในเนื้อมะม่วงผลสุกพันธุ์ทองดำมีสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด ได้แก่ วิตามินซี (105 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (77.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (4.647 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด) และเบต้าแคโรทีน (17.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด) มีค่ามากกว่ามะม่วงอีก 8 พันธุ์ (มหาชนก น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง กะล่อนทอง หนังกลางวัน และนาทับ) และในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกมะม่วงทั้ง 9 พันธุ์ พบว่า ในเปลือกมะม่วงมีแนวโน้มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทุกชนิดมากกว่าเนื้อมะม่วงผลสุก (Table 1) ได้แก่ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเบต้าแคโรทีน มีปริมาณมากกว่าในเนื้อมะม่วงผลสุก (Table 1) โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเปลือกมะม่วง มีค่ามากกว่าในเนื้อมะม่วงกว่า 40 เท่า ทั้งนี้มีรายงานว่ามะม่วงที่ปลูกในต่างประเทศจำนวน 12 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Langra, Amrapali, Hamlet, Bombay No.1, Arka Anmol, Lazzat Baksh, Peach, Banganapalli, Tommy Atkins, Lalmuni, Gulabi และ Janardhan Pasand มีค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียง

0.038-1.31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (Karanjaker, 2018) และในงานวิจัยนี้ยังพบว่าในเนื้อมะม่วงมีค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพียง 20.40-85.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด และ 2.05-5.66 ไมโครโมลต่อกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (Table 1) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อมะม่วงผลสุกใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ ดวงพร (2558) ที่ประเมินสารประกอบฟีนอลิก ในเนื้อมะม่วงสุก 3 พันธุ์ ได้แก่ น้ำดอกไม้ ขายตึก และมหาชนก โดยพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียง 12.11-31.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเบต้าแคโรทีนในเนื้อมะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ มีค่าเพียง 0.63-17.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งมีค่าไม่สอดคล้องกับ ดวงพร (2558) ที่พบว่าในเนื้อมะม่วงผลสุกทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากถึง 20.54-50.32 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของแหล่งปลูก การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวก่อนนำมาวิเคราะห์ และวิธีการวิเคราะห์ ดวงพร (2558) ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และในการทดลองในครั้งนี้จึงเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีการของ Anthon and Barrett (2007) โดยนำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer จากการตรวจเอกสารพบว่าที่ผ่านมามีการนำวิธีการดังกล่าวมาวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีนในมะละกอ กลุ่มเนื้อสีเหลือง เพื่อประเมินและคัดเลือกพันธุ์มะละกอเนื้อเหลืองสำหรับการบริโภคสุก และในมะละกอกกลุ่มเนื้อสีแดงเช่นกัน โดยจากผลการทดลองของศิริชัย และคณะ (2561) พบว่าในมะละกอเนื้อเหลืองมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 3.13-5.94 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด และในมะละกอกกลุ่มเนื้อสีแดง มนรดา และคณะ (2559) ได้ประเมินคุณภาพของเนื้อมะละกอในส่วนต่างๆ ของผล พบว่ามีปริมาณเบต้าแคโรทีนอยู่ในช่วง 3.94-9.60 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด เท่านั้น

Table 1 The amounts of ascorbic acid, total phenolics, antioxidant activities and β -carotene contents in the flesh and peel of 9 mango cultivars. (mean $\pm$ SD)

Cultivars	Ascorbic acid (mg/100 g FW)		Total phenolics (mg/100 g FW)		Antioxidant activities (μ mol/g FW)		β -carotene (mg/100 g FW)	
	Flesh	Peel	Flesh	Peel	Flesh	Peel	Flesh	Peel
Mahachanok	45.71 $\pm$ 2.09 ^{c1/}	86.2 $\pm$ 3.07 ^{a1/}	41.80 $\pm$ 7.22 ^{1/}	4,644 $\pm$ 921.10 ^{a1/}	3.47 $\pm$ 0.39 ^{bc1/}	425.8 $\pm$ 39.63 ^{ab1/}	5.90 $\pm$ 0.34 ^{bc1/}	3.8 $\pm$ 0.37 ^{c1/}
Namdokmai	65.23 $\pm$ 3.13 ^b	76.6 $\pm$ 2.31 ^{bcd}	69.21 $\pm$ 9.27 ^a	3,170 $\pm$ 407.05 ^b	3.32 $\pm$ 0.36 ^{bc}	443.7 $\pm$ 22.14 ^a	5.08 $\pm$ 0.44 ^{bcd}	4.4c $\pm$ 0.30 ^c
Namdokmai No.4	63.00 $\pm$ 2.66 ^b	65.7 $\pm$ 1.85 ^f	20.40 $\pm$ 5.86 ^b	3,641 $\pm$ 627.26 ^{ab}	4.54 $\pm$ 0.82 ^{ab}	490.6 $\pm$ 26.09 ^a	3.86 $\pm$ 0.66 ^d	7.8b $\pm$ 0.88 ^b
Namdokmai Sithong	51.14 $\pm$ 0.34 ^c	78.8 $\pm$ 1.71 ^{bc}	33.40 $\pm$ 6.77 ^b	3,170 $\pm$ 407.05 ^b	3.60 $\pm$ 0.44 ^{bc}	421.0 $\pm$ 31.98 ^{ab}	6.65 $\pm$ 0.59 ^b	11.3 $\pm$ 1.47 ^a
Okrongthong	45.70 $\pm$ 3.73 ^c	66.7 $\pm$ 3.30 ^{ef}	31.82 $\pm$ 5.89 ^b	2,462 $\pm$ 359.30 ^b	4.16 $\pm$ 0.44 ^{ab}	417.6 $\pm$ 39.85 ^{ab}	1.96 $\pm$ 0.25 ^e	9.4 $\pm$ 1.32 ^a
Kalonthong	71.40 $\pm$ 6.32 ^b	72.4 $\pm$ 1.88 ^{cda}	85.85 $\pm$ 11.59 ^a	890 $\pm$ 105.69 ^c	5.66 $\pm$ 0.65 ^a	192.9 $\pm$ 38.27 ^d	4.48 $\pm$ 0.39 ^{cd}	7.5 $\pm$ 0.65 ^b
Thongdam	105.00 $\pm$ 5.40a	78.6 $\pm$ 2.98 ^{bc}	77.45 $\pm$ 5.44 ^a	2,381 $\pm$ 251.51 ^b	4.64 $\pm$ 0.37 ^{ab}	327.0 $\pm$ 26.50 ^{bc}	17.20 $\pm$ 1.33 ^a	7.9 $\pm$ 0.96 ^b
Nangklangwan	66.95 $\pm$ 2.33 ^b	70.4 $\pm$ 1.51 ^{def}	83.48 $\pm$ 15.55 ^a	1,050 $\pm$ 203.89 ^c	4.91 $\pm$ 1.45 ^{ab}	265.8 $\pm$ 38.30 ^{dc}	0.63 $\pm$ 0.10 ^e	3.6 $\pm$ 0.31 ^c
Nathap	66.46 $\pm$ 6.17 ^b	81.5 $\pm$ 1.85 ^{ab}	21.04 $\pm$ 5.44 ^b	2,859 $\pm$ 503.06 ^b	2.05 $\pm$ 0.20 ^c	297.6 $\pm$ 62.03 ^{dc}	1.52 $\pm$ 0.17 ^e	7.7 $\pm$ 0.40 ^b
P-value	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

^{1/} Means with different letters within a column are significantly different (P<0.01) according to DMRT.

สรุป

จากการประเมินคุณค่าทางโภชนาการในเนื้อผล และเปลือกมะม่วงผลสุกทั้ง 9 พันธุ์ ได้แก่ มหาชนก น้ำดอกไม้ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 น้ำดอกไม้สีทอง อกร่องทอง กะล่อนทอง ทองดำ หนั่งกลางวัน และนาทับ ณ แปลงรวบรวมพันธุ์มะม่วง สถานีวิจัยปากช่อง ภาควิเชียรสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเบต้าแคโรทีน มีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ทั้งในเนื้อและเปลือกทั้งยังพบว่ามะม่วงสุกทั้ง 9 พันธุ์ในเปลือกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในเนื้อผลจำนวนหลายเท่า โดยข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค ผู้แปรรูปมะม่วง และผู้ที่สนใจในการเลือกใช้พันธุ์มะม่วงต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University Research and Development Institute, KURDI)

และคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2564 จึงขอขอบคุณอย่างสูง รวมถึงขอขอบคุณ ผศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ในการให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2564. รายงานแนวโน้มสินค้ามะม่วงในตลาดจีน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.ditp.go.th/ditp_web61/article_sub_view.php?filename=contents_attach/732720/732720.p df&title=732720&cate=414&d=0 (31 มีนาคม 2565).

ขวัญหทัย ทนงจิตร องอาจ หาญชาญเลิศ และรักเกียรติ ชอบเกื้อ. 2553. การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์มะม่วงเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์. หน้า 89-96. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 สาขาพืช 3-5 กุมภาพันธ์ 2553. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และการหายใจของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, นครปฐม. 463 หน้า
- ดวงพร ภูผะกา. 2558. การประเมินปริมาณสาร พฤษเคมีบางประการฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกของมะม่วง พื้นเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสาร วิทยาศาสตร์ มข. 43(2): 267-283.
- ไพบุลย์ จันทร์วิจิตร. 2550. การปลูกมะละกอ. อักษร สยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 87 หน้า.
- มนรดา สุวรรณวงศ์ ณริสสา กิตติชัยชาญ ดรณี ถาวรเจริญ ณิชาภัทร พงเทพ ศิริชัย ศิริแก้ว อัสนัย คล้ายขำ และเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. 2559. คุณภาพของเนื้อมะละกอ ในส่วนต่างๆ ของผล. วารสารพืชศาสตร์ สงขลานครินทร์ 3 พิเศษ(1): 16-22.
- ศิริชัย ศิริแก้ว เกียรติสุดา เหลืองวิลัย และเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. 2561. การประเมินและคัดเลือก พันธุ์มะละกอเนื้อเหลืองรุ่นที่ 1 เพื่อการ บริโภคสุก และการแปรรูปอาหาร. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร 49 พิเศษ(1): 402-404.
- สำนักโภชนาการ. 2565. สารต้านอนุมูลอิสระ (เบต้า แคโรทีน วิตามินอี วิตามินซี) ในผลไม้. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [https:// nutrition2.anamai.moph.go.th/webupload/ 6x22caac0452648c8dd1f534819ba 2f16c/202011/mpage/32007/551/file_ download/ 45bd7622cfad2f7e916ea564 e2780dd4.pdf](https://nutrition2.anamai.moph.go.th/webupload/6x22caac0452648c8dd1f534819ba2f16c/202011/mpage/32007/551/file_download/45bd7622cfad2f7e916ea564e2780dd4.pdf) (1 ตุลาคม 2565).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สถิติการ ส่งออก. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: [http://impexp.oae.go.th/service/export. php?S_YEAR=2564&E_YEAR= 2564&PRODUCT_GROUP=5252&wf_ search= &WF_SEARCH=Y](http://impexp.oae.go.th/service/export.php?S_YEAR=2564&E_YEAR=2564&PRODUCT_GROUP=5252&wf_search=&WF_SEARCH=Y) (1 ตุลาคม 2565).
- Anthon, G. and D. M. Barrett. 2007. Standardi- zation of a rapid spectrophotometric method for lycopene analysis. Acta Horticulturae 758: 111-128.
- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. George Banta Washington, DC. 771 p.
- Benzie, I. F. F. and J.J. Strain. 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Analytical Biochemistry 239(1): 70-76.
- Karanjalkar G.R., K.S. Shivashankara, T.K. Roy, M.R. Dinesh, G.A. Geetha, K.C. Pavithra, and K. V. Ravishankar. 2018. Profiling of anthocyanins and carotenoids in fruit peel of different colored mango cultivars. Food Science and Technology 55(11): 4566-4577.
- Langseth, L. 1995. Oxidants Antioxidants and Disease Prevention. International Life sciences institute. ILSI Press, Belgium. 32 p.
- Noctor, G. and C.H. Foyer. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 49(1): 249-279.
- Swain, T. and W. E. Hillis 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica* I-the quantitative analysis of phenolic constituents. Journal of Science of Food and Agriculture 10(1): 63-68.
- Thaipong, K. U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis 19: 669-675.
- Veer, P.V., M.C.J.F. Jansen, M. Klerk and F.J. Kok. 2000. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. Public Health Nutrition 3: 103-107.

ผลของพีเอชต่อกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในสับปะรดผงที่ผลิตจากกระบวนการ ทำแห้งเยือกแข็ง

The Effect of pH on the Protease Activity in Pineapple Powder Derived from Freeze-Drying

ครองศักดิ์ ภัคธนนก^{1*} วรณรัตน์ เจริมแสนยากร¹ รพีพรรณ กองตูม¹
รินรำไพ พุทธิพันธ์¹ ศศิธร สายแก้ว¹ และศิริชดา เปล่งพานิช²

Kongsakda Phakthanakanok^{1*}, Wannarat Chalernsanyakon¹, Rapeepan Kongtoom¹,
Rinrampai Puttipan¹, Sasithorn Saikaew¹ and Sirichada Plengphanich²

Received: December 20, 2022

Revised: March 27, 2023

Accepted: April 3, 2023

Abstract: Pineapple contains a protease enzyme called bromelain, which has a wide range of applications in the food, cosmetic and pharmaceutical industries. The activity and the stability of protease are influenced by various factors, including pH. This research investigated the effect of pH on the physical properties and the protease activity of pineapple powder derived from freeze-drying. The production of pineapple powder was carried out using a solution of Normal Saline Solution (NSS) and buffer solution. A comparative analysis was conducted to evaluate the physical properties of pineapple powder, including water activity (a_w), moisture content, enzyme activity, and stability over a period of 120 days. The results showed that 40 mM sodium phosphate buffer was capable of effectively adjusting the pH of pineapple juice from weakly acidic to neutral or weakly basic. The pineapple powder produced from the NSS had a high a_w value of 0.57 and had a high moisture content value of 11%. The protease activity in the pineapple powder produced from the NSS deteriorated rapidly, with a residual enzyme activity of only 36.65% at day 120. The pineapple powder produced from buffer solutions at pH 6.5, 7.0, and 7.5 had a_w values of 0.4, 0.3, and 0.3, respectively, and moisture content of 8%. The pineapple powder produced from all buffer solutions had lower a_w and moisture content than that produced from the NSS, resulting in better stability of protease enzyme activity for 120 days. At the end of the experiment, the residual enzyme activity was over 80%.

Keywords: Bromelain, Enzyme, Freeze-drying, Pineapple, Protease

บทคัดย่อ: สับปะรดมีเอนไซม์โปรติเอสชนิดหนึ่งผสมอยู่ชื่อเอนไซม์โบรมิเลน มีการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนและนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และยา กิจกรรมเอนไซม์และเสถียรภาพของเอนไซม์โปรติเอสขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างรวมไปถึงค่า pH งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ pH

¹ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง 46 หมู่ 3 ตำบลจอมบึง อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150

¹ Muban Chombueng Rajabhat University, 46 Moo 3, Chombueng, Ratchaburi, 70150

² กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก 88/23 หมู่ 4 ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

² Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, 88/23 Moo 4, Talad Khwan, Mueang, Nonthaburi, 11000

* Corresponding author: kongsakdapha@mcru.ac.th

ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรดผง และค่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสในผลิตภัณฑ์สับปะรดผงที่ผลิตจากกระบวนการทำแห้งเยือกแข็ง ทำการผลิตสับปะรดผงด้วยสารละลายนอร์มอลชาโลไนโซลูชัน (NSS) และสารละลายบัฟเฟอร์ วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรดผงด้านปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ปริมาณความชื้น ค่ากิจกรรมและเสถียรภาพของเอนไซม์โปรติเอสในระยะเวลา 120 วัน ผลการทดลองพบว่าสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ สามารถปรับค่า pH ของน้ำสับปะรดจากการดองให้เปลี่ยนเป็นกลางและเบสอ่อนได้ดี สับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS มีค่า a_w สูง โดยมีค่าเท่ากับ 0.57 และมีความชื้นสูงโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 11 ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสในสับปะรดผงที่ผลิตจาก NSS เสื่อมประสิทธิภาพอย่างรวดเร็ว โดยในวันที่ 120 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสเหลือร้อยละ 36.65 สับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 มีค่า a_w เท่ากับ 0.4, 0.3 และ 0.3 ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 8 โดยสับปะรดผงที่ผลิตจากบัฟเฟอร์ทั้งสามชนิดมี a_w และปริมาณความชื้นต่ำกว่าของสับปะรดที่ผลิตจาก NSS จึงส่งผลกระทบต่อให้กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสมีเสถียรภาพที่ดีเป็นเวลานาน 120 วัน โดยมีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

คำสำคัญ: โบรมิเลน, เอนไซม์, การทำแห้งเยือกแข็ง, สับปะรด, โปรติเอส

คำนำ

ในผลลำต้น และเหง้าของสับปะรดมีเอนไซม์โปรติเอสในกลุ่มซีสเทอจินโปรติเอสผสมอยู่ เอนไซม์ที่สำคัญชนิดหนึ่งได้แก่ เอนไซม์โบรมิเลน ปัจจุบันมีการนำเอนไซม์โบรมิเลนไปใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ อาทิเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อาหารเสริม และเครื่องสำอาง โดยเอนไซม์โบรมิเลนที่นำมาใช้เป็นเอนไซม์ที่ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์หรือเรียกว่าเอนไซม์หยาบ (crude bromelain) ในขณะที่อุตสาหกรรมยา เวชภัณฑ์ และเทคโนโลยีชีวภาพ จะใช้เอนไซม์โบรมิเลนบริสุทธิ์ (purified bromelain) มีรายงานวิจัยที่นำเอนไซม์โบรมิเลนมาใช้ในการแพทย์ทางเลือกเพื่อบำบัด และรักษาโรคต่างๆ ได้แก่ มะเร็ง การต้านอนุมูลอิสระ และการชะลอวัย (Manzoor *et al.*, 2016) และเมื่อเร็วๆ นี้มีรายงานว่าเอนไซม์ โบรมิเลนมีส่วนในการยุติกลไกการเพิ่มจำนวนไวรัสโคโรนา 2019 ในเซลล์ของโฮสต์ได้ (Kritis *et al.*, 2020)

ปัจจุบันเอนไซม์โบรมิเลนทางการค้ามีลักษณะเป็นผง ซึ่งวิธีการสกัดและการแปรรูปแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเอนไซม์โบรมิเลนที่แตกต่างกัน เนื่องจากเอนไซม์โบรมิเลนเป็นเอนไซม์โปรติเอสจึงสามารถย่อยสลายโมเลกุลเอนไซม์ด้วยตนเองได้ เมื่อสิ่งแวดล้อมเช่น pH อุณหภูมิ และชนิดของบัฟเฟอร์มีความเหมาะสม

ประสิทธิภาพของเอนไซม์จะลดลงอย่างรวดเร็วในขณะเก็บรักษา จึงจำเป็นต้องใช้สารยับยั้งเอนไซม์เพื่อช่วยชะลอการเสื่อมประสิทธิภาพ (Liliana *et al.*, 2015) และหากในกระบวนการแปรรูปมีการใช้อุณหภูมิสูง เช่น เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) เอนไซม์โบรมิเลนจะเสียสภาพ (denature) และจะสูญเสียความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาอย่างถาวร

เทคโนโลยีการทำแห้งเยือกแข็ง (freeze dry) จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในช่วงขั้นตอนการสกัดหรือการเก็บรักษาเอนไซม์โปรติเอส ซึ่งการทำแห้งเยือกแข็งอาศัยหลักการแช่แข็งตัวอย่างที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (โดยทั่วไปประมาณ -30 ถึง -50 องศาเซลเซียส) ช่วงระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นจึงทำการระเหิดน้ำภายใต้สภาวะสุญญากาศจนตัวอย่างแห้งทันทีโดยไม่เปลี่ยนสถานะกลับมาเป็นของเหลวเมื่อตัวอย่างแห้งจะสามารถแปรรูปต่อไปเป็นผงได้ง่ายและนำไปบรรจุหรือนำไปใช้ได้ทันที การนำเอนไซม์มาทำแห้งเยือกแข็งมีข้อดีคือสามารถรักษาประสิทธิภาพของเอนไซม์ไว้ได้เป็นระยะเวลาสั้นนับปีหรือหลายปี หากเก็บรักษาในสถานที่เย็น ไม่มีการสัมผัสอากาศ แสง และความชื้น (Bhatta *et al.*, 2020)

อย่างไรก็ตามการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชีวภาพด้วยกระบวนการทำแห้งเยือกแข็ง ต้องคำนึงถึงปัจจัย

ที่จะส่งผลกระทบต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ การวิจัยที่ผ่านมารายงานว่า ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity; a_w) ค่าปริมาณความชื้น (moisture content) ชนิดของตัวพุง (carrier) และเวลาที่ใช้ในกระบวนการมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย หากคุณสมบัติทางกายภาพไม่ดีก็จะส่งผลเสียต่อฤทธิ์ทางชีวภาพ (Silva-Espinoza *et al.*, 2019) โดยเฉพาะค่า pH และ a_w เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการก่อตัวเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ซึ่งหาก pH ไม่เหมาะสมผลิตภัณฑ์อาจจับตัวเป็นก้อนและทำให้ a_w สูงขึ้น และหากผลิตภัณฑ์มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์อยู่แล้วก็จะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางกายภาพ และสูญเสียฤทธิ์ทางชีวภาพไปอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา (Shofian *et al.*, 2011)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยด้าน pH และการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ในกระบวนการผลิตสับปะรดผงด้วยวิธีการทำแห้งเยือกแข็ง โดยศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่อลักษณะทางกายภาพของสับปะรดผงและค่ากิจกรรมเอนไซม์ (enzyme activity) ของเอนไซม์โปรติเอสในระหว่างการเก็บรักษา ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนากระบวนการผลิตสับปะรดผงและการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนในระดับอุตสาหกรรม ที่มีประสิทธิภาพได้ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตสับปะรดผงด้วยวิธีการทำแห้งเยือกแข็ง

เตรียมสารละลายจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Normal Saline Solution; NSS) ความเข้มข้น 0.9 เปอร์เซ็นต์ สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 นำชิ้นสับปะรดแช่ในสารละลายแต่ละชนิด ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส บั่นให้ละเอียดด้วยโถปั่นน้ำผลไม้ กรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนสารละลายไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ชนิดทำความเย็น (ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น Lynx) ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปแช่เย็นไว้

เพื่อเตรียมการผสม เตรียมตัวพุง (carrier) จำนวน 4 ชนิด โดยละลายมอลโทเดกซ์ทรินความเข้มข้นร้อยละ 30 ด้วยสารละลาย 4 ชนิดที่เตรียมไว้ข้างต้น นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากันจนละลายเป็นเนื้อเดียว วางทิ้งไว้อุณหภูมิห้องให้เกิดการพองตัวอย่างเต็มที่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำสับปะรดไปผสมกับตัวพุงแต่ละชนิดในอัตราส่วน 1:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) คนให้เข้ากันแล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าเครื่อง freeze dry (ยี่ห้อ Labconco รุ่น Freezone 6L) โดยระเหิดที่สภาวะความดันคงที่เท่ากับ 50 มิลลิบาร์ ตลอดจนการทดลอง โดยเริ่มการระเหิดที่อุณหภูมิ -60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิครั้งละ 5 องศาเซลเซียส ทุกๆ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส จึงนำสับปะรดผงออกมาบรรจุในซองอลูมิเนียม โดยทำให้เป็นสุญญากาศและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในสับปะรด การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในสับปะรดผงที่ผลิตได้จากกระบวนการทำแห้งเยือกแข็ง

เตรียมเคซีนความเข้มข้น 0.65 เปอร์เซ็นต์ในสารละลาย 4 ชนิดที่เตรียมไว้ข้างต้นเพื่อเป็นสับสเตรท ชั่งสับปะรดผง 1 กรัมละลายในสารละลายชนิดละ 100 มิลลิลิตร จากนั้นดูดสารละลาย 0.3 มิลลิลิตร ผสมกับสับสเตรท 0.8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปป้อนที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เติมไตรคลอโรอะซิติกแอซิด 0.9 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา ตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีจนเกิดตะกอน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดส่วนใสส่วนบนออกมา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย folin reagent ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปป้อนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

(ยี่ห้อ Biochrome รุ่น Libra) ในการทดลองนี้ให้เตรียมกราฟมาตรฐานกรดอะมิโนไทโรซีนที่ ความเข้มข้น 25, 50, 100, 200, 400 และ 500 ไมโครโมลาร์ และนำไปวิเคราะห์ตามวิธีการข้างต้นเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส โดยค่ากิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสมีหน่วยเป็นเคซีนยูนิต (Casein Digestion Unit; CDU) ตามสูตรดังนี้

$$CDU = \frac{\text{ไม่โครกรัมของไทโรซีน} \times \text{จำนวนเท่าที่เจือจางเอนไซม์ในการทดลอง}}{(\text{มวลโมเลกุลของไทโรซีน} \times \text{เวลาปฏิกิริยา [นาที่]} \times \text{ปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ทำปฏิกิริยา [มิลลิลิตร]})}$$

โดย 1 CDU คือปริมาณเอนไซม์โปรติเอสที่ย่อยเคซีนจนได้กรดอะมิโนไทโรซีนออกมา 1 มิลลิโมลาร์ ในเวลา 1 นาทีภายใต้สภาวะที่ทดลอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรดผงด้านปริมาณความชื้น (moisture content), a_w และสัมประสิทธิ์ของสีในหน่วย CIE $L^*a^*b^*$

วิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Moisture Analyzer (ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น MOC63U) ในหน่วยร้อยละความชื้น วิเคราะห์ค่า a_w ด้วยเครื่อง Water Activity Meter (ยี่ห้อ AQUA LAB) และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของสี ด้วยเครื่อง Color Meter Analysis (ยี่ห้อ Hunterlab รุ่น Ultra Scan VIS) ในหน่วย CIE $L^*a^*b^*$ โดยค่า L^* แสดงถึงความสว่าง ค่า a^* แสดงถึงค่าสีแดง และค่า b^* แสดงถึงค่าสีเหลือง

การวิเคราะห์เสถียรภาพของกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส

ตั้งตัวอย่างสับปะรดผงที่ผลิตได้ทุก 10 วัน จำนวน 12 ครั้ง รวมเป็น 120 วัน มาทำการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสโดยกำหนดให้ค่ากิจกรรมโปรติเอสที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างวันที่ผลิตสับปะรดผงวันแรกคิดเป็นร้อยละ 100 ของค่าเสถียรภาพ

สถิติที่ใช้ในการทดลอง

ออกแบบการทดลองการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการเปรียบเทียบค่า pH และค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในน้ำสับปะรดก่อนและหลังการผสมกับ carrier โดยใช้ *t*-Test ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย one-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม PSPP freeware version 1.6

ผลการทดลอง

ผลของค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในน้ำสับปะรดและในสับปะรดผง

ตัวอย่างน้ำสับปะรดที่คั้นได้ก่อนที่จะนำไปเข้าสู่กระบวนการแช่เยือกแข็ง สามารถตรวจพบค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสต่อสับสเตรทเคซีน โดยมีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสเท่ากับ 0.35 เคซีนยูนิตต่อมิลลิลิตร และมีค่า pH เป็นกรดเท่ากับ 4.23 เมื่อนำน้ำสับปะรดไปผสมกับสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ ที่มีระดับ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 พบว่าบัฟเฟอร์ดังกล่าวสามารถปรับค่า pH ของน้ำสับปะรดให้เปลี่ยนแปลงได้โดยมีค่าเท่ากับ 6.26, 6.54 และ 7.41 ตามลำดับ โดยค่า pH ทั้ง 3 ค่าของน้ำสับปะรดที่ผสมสารละลายบัฟเฟอร์มีความแตกต่างจากค่า pH ของตัวบัฟเฟอร์เองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ น้ำสับปะรดที่ผ่านการปรับค่า pH แล้วสามารถตรวจพบกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสเท่ากับ 0.38, 0.40 และ 0.41 เคซีนยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในน้ำสับปะรดที่ผสมสารละลายบัฟเฟอร์มีความแตกต่างจากค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในน้ำสับปะรดก่อนการผสมบัฟเฟอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Table 1 The value of pH and protease activity of pineapple and buffer mixing solution with various pH buffer (Mean $\pm$ SD)

Target pH	pH changed	t-value (pH)	Protease activity (CDU/mL)	t-value (Activity)
6.5	6.26 $\pm$ 0.04	10.82*	0.38 $\pm$ 0.10	-5.19*
7.0	6.54 $\pm$ 0.02	46.00*	0.40 $\pm$ 0.08	-8.66*
7.5	7.41 $\pm$ 0.01	15.59*	0.41 $\pm$ 0.06	-17.00*

*Means values between target pH and pH changed are significantly different ($p < 0.05$), analyzed by *t*-test.

น้ำสับปะรดที่ผสมสารละลาย 4 ชนิดได้แก่ สารละลาย NSS ความเข้มข้นร้อยละ 0.9 สารละลาย โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งเยือกแข็งพบว่าการผสมน้ำสับปะรดในสารละลายทั้ง 4 ชนิดสามารถแปรรูปน้ำสับปะรด

ให้เป็นผงได้ โดยสับปะรดผงที่ผลิตได้คิดเป็นผลผลิตร้อยละ 22.25 โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับน้ำหนักน้ำสับปะรดเริ่มต้น สับปะรดผงมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเหลืองนวลและพบว่าบางส่วนมีลักษณะเป็นแผ่นและเกร็ด (Figure 1)



Figure 1 Freeze dried pineapple powder

สับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS และสารละลายบัฟเฟอร์ที่ระดับ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรตีเอสเท่ากับ 2.63, 3.25, 3.37 และ 3.46 เคซีนยูนิตต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 2) โดยพบว่าเอนไซม์โปรตีเอสที่ผลิตจากสารละลาย

NSS มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรตีเอสน้อยที่สุด และแตกต่างจากเอนไซม์โปรตีเอสที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ทั้งสามชนิด โดยค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรตีเอสในสารละลายบัฟเฟอร์ทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Table 2 Protease activity analysis of pineapple powder made of four types of solution (Mean $\pm$ SD)

Characteristic	Solution			
	NSS	pH 6.5	pH 7.0	pH 7.5
Protease activity (CDU/mL)	2.63 ^b $\pm$ 0.03	3.25 ^a $\pm$ 0.03	3.37 ^a $\pm$ 0.06	3.46 ^a $\pm$ 0.08

**Means in the same row followed by the same alphabet are not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by one-way ANOVA.

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของสับปะรดผงด้าน a_w ปริมาณความชื้น (moisture content) และสัมประสิทธิ์ของสีในหน่วย CIE L*a*b*

การวิเคราะห์ปริมาณ a_w ซึ่งค่านี้นับบอกถึงปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ หากตัวอย่างมีค่า a_w สูงหมายความว่าตัวอย่างมีโอกาสมากที่จะเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ผลการวิเคราะห์พบว่าสับปะรดผงที่ผลิตจาก NSS มีค่า a_w

เท่ากับ 0.57 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่สับปะรดผงที่ผลิตจากบัฟเฟอร์ pH 6.5, 7.5 และ 7.0 ซึ่งมีค่า a_w เท่ากับ 0.46, 0.34 และ 0.32 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าการผลิตโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ส่งผลให้ค่า a_w ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ซึ่งค่านี้นับบอกถึงปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในเนื้อของตัวอย่าง หากตัวอย่างใดมีค่าสูงกว่าหมายความว่าตัวอย่างนั้น

จะมีลักษณะเปียกหรือแฉะมากกว่า ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้นพบว่า สับปะรดผงที่ผลิตจาก NSS มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 11.25 ซึ่งมีค่าสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดผงที่ผลิตจากบัฟเฟอร์

รองลงมาได้แก่สับปะรดผงที่ผลิตจากบัฟเฟอร์ pH 7.0, 6.5 และ 7.5 ซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 8.67, 8.63 และ 8.63 ตามลำดับ จากผลการทดลองเห็นได้ว่าการผลิตโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3)

Table 3 a_w and moisture content analysis of pineapple powder made at four types of solution (Mean $\pm$ SD)

Characteristics	Solution			
	NSS	pH 6.5	pH 7.0	pH 7.5
a_w	0.57 ^a $\pm$ 0.01	0.46 ^b $\pm$ 0.02	0.32 ^c $\pm$ 0.01	0.34 ^c $\pm$ 0.02
moisture content (%)	11.25 ^a $\pm$ 0.03	8.63 ^b $\pm$ 0.06	8.67 ^b $\pm$ 0.08	8.63 ^b $\pm$ 0.04

**Means in the same row followed by the same alphabet are not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by one-way ANOVA.

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของสี บ่งบอกถึงความเข้มของสีแดง-เขียว (a^*) สีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) และความสว่าง (L^*) โดยค่า a^* และ b^* ที่เป็น + หรือไม่ได้แสดงเครื่องหมายใดหมายความว่าตัวอย่างมีการแสดงเฉดสีแดงและเหลืองตามลำดับ หากค่า a^* และ b^* มีค่าเป็น - หมายความว่าตัวอย่างมีการแสดงเฉดสีเขียวและน้ำเงินตามลำดับ ส่วนตัวเลขของค่าทั้ง a^* และ b^* ที่มากกว่าหมายความว่าเฉดสีนั้นเข้มขึ้น และตัวเลขที่น้อยกว่าหมายความว่าเฉดสีนั้นซีดลง ส่วนค่า L^* หมายถึงค่าความสว่าง โดยค่าเข้าใกล้ 100 หมายความว่าตัวอย่างมีเฉดสีขาว หากค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวอย่างมีเฉดสีดำ โดยผลการวิเคราะห์ความสว่างพบว่าสับปะรดผงที่ผลิตจาก NSS และสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.0, 6.5 และ 7.5 มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 55.23, 58.70, 62.29 และ 63.11 ตามลำดับ โดยมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 4)

การวิเคราะห์ความเข้มของสีแดง-เขียว (a^*) และสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) พบว่าสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS มีความเข้มของสีแดงมากที่สุดโดยมีค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 18.34 ซึ่งมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ทั้ง 3 ชนิด ส่วนสับปะรดผงที่ผลิตจากบัฟเฟอร์ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 มีค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 9.66, 9.54 และ 9.30 ตามลำดับ โดยมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.5 และ 7.0 มีความเข้มของสีเหลือง (b^*) เท่ากันคือ 25.56 และ 25.62 ตามลำดับ และมีค่ามากกว่าสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS และสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.5 อีกด้วย โดยสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS และสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.5 มีความเข้มของสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 23.19 และ 24.03 ตามลำดับ

Table 4 Color analysis of pineapple powder made of four types of solution (Mean $\pm$ SD)

Characteristics	Solution			
	NSS	pH 6.5	pH 7.0	pH 7.5
(L^*) ^{ns}	55.23 $\pm$ 0.01	58.70 $\pm$ 0.17	62.29 $\pm$ 0.08	63.11 $\pm$ 0.12
(a^*)	+18.34 ^a $\pm$ 0.09	+9.66 ^b $\pm$ 0.04	+9.54 ^b $\pm$ 0.09	+9.30 ^b $\pm$ 0.05
(b^*)	+23.19 ^b $\pm$ 0.12	+25.56 ^a $\pm$ 0.22	+25.62 ^a $\pm$ 0.55	+24.03 ^b $\pm$ 0.06

**Means in the same row followed by the same alphabet are not significantly different ($p < 0.05$), analyzed by one-way ANOVA.

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส

เมื่อเก็บรักษาสับปะรดผงไว้เป็นเวลา 120 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยตั้งตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส ทุกๆ 10 วันเป็นเวลา 12 ครั้ง โดยกำหนดให้ค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสที่วิเคราะห์ได้วันแรกของการผลิตคิดเป็นค่าเสถียรภาพร้อยละ 100 โดยผลการวิเคราะห์พบว่าในช่วง 50 วันแรกของการเก็บรักษา สับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS และสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 ยังมีเสถียรภาพของกิจกรรมโปรติเอสเท่ากับร้อยละ 97.41, 98.58, 99.60 และ 99.00 ตามลำดับ หลังจากนั้นพบว่าสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS มีแนวโน้มของค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสลดลงอย่างรวดเร็ว โดยวันที่ 60, 70, 80, 90, 100 และ 110 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสเท่ากับร้อยละ 88.55, 55.52, 55.02, 48.50, 45.50,

45.00 ตามลำดับ และในวันที่ 90 พบว่าค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสลดลงเหลือครึ่งหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวันแรก (Figure 2) ส่วนสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ทั้งสามชนิดมีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสที่มีเสถียรภาพดีกว่า โดยพบว่าสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.5, 7.0 และ 7.5 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในวันที่ 100 เท่ากับร้อยละ 95, 98.56 และ 85.65 ตามลำดับ และพบว่าในวันที่ 120 สับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7.0 มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสคงเหลือสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 98 รองลงมาได้แก่ สับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.5 และ 7.5 โดยมีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสคงเหลือเท่ากับร้อยละ 91 และ 81 ตามลำดับ ทั้งนี้สับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสเหลืออยู่น้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 36.65

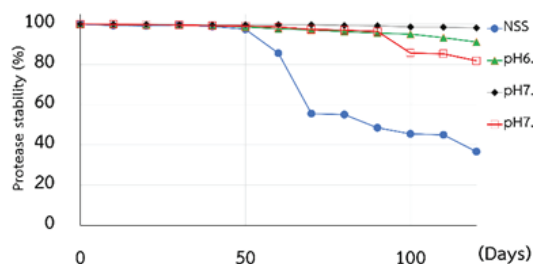


Figure 2 Stability of protease activity evaluated from pineapple powder within 120 days

วิจารณ์

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าน้ำสับปะรดในสารละลาย NSS และในสารละลายบัฟเฟอร์สามารถย่อยสลายเคซีนได้ดี โดยตรวจพบค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสอยู่ในช่วง 0.38-0.41 เคซีนยูนิต์ต่อมิลลิกรัม ซึ่งกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสที่ตรวจพบนี้สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ดีในช่วงกรดอ่อนไปจนถึงเบสอ่อน (6.5-7.5) และในช่วงอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด (37 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้สอดคล้องกับ

งานวิจัยที่ศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์โบรมิเลนก่อนหน้านี้ ทำให้สรุปได้ว่าเอนไซม์โปรติเอสที่ตรวจพบกิจกรรมได้ในน้ำสับปะรดที่นำมาทดลองในงานวิจัยนี้เป็นเอนไซม์โบรมิเลน (Kaur *et al.*, 2015)

โซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์เป็นสารที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ควบคุม pH เนื่องจากสารประกอบมีความปลอดภัยกับสิ่งมีชีวิต โดยในปัจจุบันมีการใช้สารละลายโซเดียมฟอสเฟตเกรดอาหาร (food grade) ในอุตสาหกรรมต่างๆ สำหรับในประเทศไทย โซเดียมฟอสเฟตถูกจัดให้เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่สามารถ

นำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารได้ตามข้อกำหนดทางกฎหมายที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการโคเด็กซ์ฉบับปี พ.ศ. 2563 (กระทรวงสาธารณสุข, 2563) โดยโซเดียมฟอสเฟตจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารกลุ่มฟอสเฟตทำหน้าที่ควบคุมความเป็นกรด ป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และทำให้เกิดความคงตัว โดยมีรหัส INS339 ซึ่งสามารถใช้ได้ในปริมาณช่วงกว้าง 350-6,600 พีพีเอ็ม ขึ้นอยู่กับประเภทอาหาร การนำโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์มาผลิตสับปะรดผงในงานวิจัยนี้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์โบรมิเลน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ferreira *et al.* (2011) ที่ได้รายงานการศึกษาผลกระทบของ pH จากสารละลายบัฟเฟอร์ชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อเอนไซม์โบรมิเลน โดยผลการทดลองชี้ว่าโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์มีความสำคัญต่อเอนไซม์โบรมิเลน โดยจะช่วยรักษา pH ให้คงที่ ซึ่งที่ pH 7.0 และ pH ใกล้เคียง ไอออนที่แวดล้อมโมเลกุลเอนไซม์จะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าช่วยรักษาโครงสร้าง (conformation) ของเอนไซม์โบรมิเลนไม่ให้เกิดการเสียสภาพตลอดขั้นตอนการสกัดและการทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์

จากงานวิจัยด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ผงแช่เยือกแข็งก่อนหน้านี้ได้ทำการศึกษากการทำแห้งเยือกแข็งของน้ำกีว พบว่าค่า pH ในช่วงเป็นกลางให้ผลของคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่าในช่วง pH เป็นกรด ผลิตภัณฑ์กีวที่ผลิตจากค่า pH เป็นกรดมีค่า a_w และปริมาณความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากค่า pH เป็นกลาง (Chakraborty *et al.*, 2020) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ โดยสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS ซึ่งไม่ได้ทำการปรับค่า pH และมีค่า pH เท่ากับ 4.23 ซึ่งถือว่าเป็นกรดอ่อนมีค่า a_w สูงกว่าสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ทั้งสามชนิด หากพิจารณาจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนประเภทสมุนไพรแปรรูปชนิดผง (มผช. 1441/2556) ได้กำหนดว่าผลิตภัณฑ์สมุนไพรแปรรูปชนิดผงต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.6 จึงจะผ่านมาตรฐาน ทั้งนี้ค่า a_w ของสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS ในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 0.57 นั้นหมายความว่าสับปะรดผงจะมีความเสี่ยงที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดการเจริญเติบโต

ของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์จะเสื่อมเสียเร็วและทำให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์โบรมิเลนลดลง

ผลการศึกษาปริมาณความชื้นในสับปะรดผงชี้ว่า ปริมาณความชื้นมีผลกระทบต่อค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับผลการวิเคราะห์ค่า a_w คือ การผลิตสับปะรดผงจากสารละลาย NSS มีปริมาณความชื้นมากกว่าสับปะรดผงจากสารละลายบัฟเฟอร์ทั้งสามชนิด โดยปริมาณความชื้นที่มากกว่าประมาณร้อยละ 3 ส่งผลให้สับปะรดผงจากสารละลาย NSS มีค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียงครึ่งหนึ่งภายในเวลา 50 วันเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดผงที่ผลิตจากสารละลายบัฟเฟอร์ ผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้ว่าปริมาณความชื้นที่มากกว่าหมายถึงมีโมเลกุลน้ำมากพอที่จะทำให้เอนไซม์โบรมิเลนเร่งปฏิกิริยาได้อย่างปกติ (Erez *et al.*, 2009) โดยเอนไซม์โบรมิเลนและเอนไซม์โปรติเอสชนิดอื่นที่มีอยู่ในสับปะรดผงจะเกิดปฏิกิริยาย่อยกันเองอย่างต่อเนื่อง ทำให้ เอนไซม์สูญเสียประสิทธิภาพและมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว

อีกเหตุผลประการหนึ่งที่น่าสนใจคือมีเอนไซม์โปรติเอสชนิดอื่นนอกเหนือจากเอนไซม์โบรมิเลนเจือปนอยู่ และการผลิตสับปะรดผงจากสารละลาย NSS มีค่า pH เป็นกรดอ่อน ซึ่งอาจเป็นสภาวะที่เหมาะสมและเอื้อต่อการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์โปรติเอสชนิดอื่น เอนไซม์ที่ผสมอยู่ในสับปะรดผงของงานวิจัยนี้เป็นเอนไซม์โปรติเอสหยาบ (crude) จึงอาจมีเอนไซม์โปรติเอสอีกชนิดหนึ่งที่เคยมีรายงานการค้นพบในสับปะรดเช่นกันนั่นคือ เอนไซม์อะนาเนน (ananain; EC 3.4.22.31) ซึ่งเอนไซม์อะนาเนนเป็นเอนไซม์โปรติเอสที่มีโครงสร้างสามมิติคล้ายคลึงกับเอนไซม์โบรมิเลน (Azarkan *et al.*, 2020) แต่มีความแตกต่างกันตรงลำดับของกรดอะมิโนในบริเวณเร่งปฏิกิริยา (Rowan *et al.*, 1988) ซึ่ง pH ที่เหมาะสมต่อการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์อะนาเนนจะอยู่ในช่วงกรดอ่อนถึงกลาง ดังนั้นเหตุผลนี้จึงสามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดการลดลงอย่างรวดเร็วของค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสในสับปะรดผง ที่ผลิตได้จากสารละลาย NSS

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของสีในสับประรดผงซึ่งว่า สับประรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS มีแนวโน้มของเฉดสีไปในทางสีเขียวอมแดงเนื่องจากสับประรดผงจากสารละลาย NSS มีค่าสีแดง (a^*) สูงกว่าสับประรดผงจากสารละลายบัฟเฟอร์สองเท่า แต่จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่าสับประรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS และสารละลายบัฟเฟอร์มีสีเขียวอมเหลืองเหมือนกัน อย่างไรก็ตามค่าของสีที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างไม่ได้ส่งผลกระทบต่อหรือมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่ากิจกรรมเอนไซม์โปรติเอส ส่วนสาเหตุที่พบว่าสับประรดผงจากสารละลาย NSS มีค่าสีแดง (a^*) สูง ผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Song *et al.* (2018) ซึ่งได้ทำการศึกษาศักยภาพที่มีผลต่อความคงตัวของสีในผลิตภัณฑ์น้ำบลูเบอร์รี่ และพบว่า pH เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์มากที่สุด โดยส่งผลต่อไอออนของโมเลกุลอินทรีย์และโมเลกุลขนาดเล็ก ทำให้ความสามารถในการดูดกลืนแสงและการหักเหแสงเปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้เกิดความไม่คงตัวของสีในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ค่า pH ของสับประรดผงที่ผลิตจากสารละลาย NSS มีค่าเป็นกรดอ่อน ขณะที่ในสารละลายบัฟเฟอร์มีค่าเป็นกลางและเบส ซึ่งค่า pH ที่ต่างกันจึงอาจส่งผลต่อสารประกอบชนิดอื่นที่เจือปนอยู่ และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a^*) ให้มีความแตกต่างกัน

สรุป

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัย สามารถสรุปได้ว่าสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ มีความเหมาะสมและสามารถนำมาใช้เปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำสับประรดจากกรดอ่อนให้กลายเป็นกลางและเบสอ่อนในกระบวนการทำแห้งเยือกแข็งน้ำสับประรดได้ดี ปัจจัยด้าน pH มีผลต่อกระบวนการทำแห้งเยือกแข็งเพื่อผลิตสับประรดผง pH เป็นกรดจะส่งผลกระทบต่อด้านกายภาพโดยทำให้สับประรดผงมีค่า a_w และปริมาณความชื้นสูง และส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอสในสับประรดผงเสื่อมประสิทธิภาพอย่างรวดเร็ว ในขณะที่กระบวนการผลิตโดยมีบัฟเฟอร์ที่ pH เป็นกลางผสม

จะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์สับประรดผงที่มีคุณสมบัติดีกว่า โดยค่า a_w และปริมาณความชื้นต่ำกว่า และกิจกรรมเอนไซม์โปรติเอสมีเสถียรภาพที่ดีเป็นเวลานาน 120 วัน ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาระบบการผลิตสับประรดผงและการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนในระดับอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพได้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้บูรณาการงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ภายใต้กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) และชุดโครงการวิจัยการพัฒนาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์แปรรูปสับประรดจังหวัดราชบุรีระยะที่ 2 (สกว.) และขอขอบคุณนักวิจัยของกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข ที่ได้ผลักดันให้มีการทดลองผลิตเอนไซม์โปรติเอสจากสับประรดต้นแบบในระดับอุตสาหกรรม โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลจากผลงานวิจัยนี้เพื่อนำเอนไซม์ไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ได้จริงต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2563. กำหนดหลักเกณฑ์เงื่อนไข วิธีการใช้ และอัตราส่วนของวัตถุเจือปนอาหาร (ฉบับที่2). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. ราชกิจจานุเบกษา. 657 หน้า.
- Azarkan, M., E. Maquoi, F. Delbrassine, R. Herman, N. M'Rabet, R.C. Esposito, P. Charlier and F. Kerff. 2020. Structures of the free and inhibitors-bound forms of bromelain and ananain from *Ananas comosus* stem and *in vitro* study of their cytotoxicity. Scientific Reports 10(1): 19570, doi: 10.1038/s41598-020-76172-5.
- Bhatta, S., T.S. Janezic and C. Ratti. 2020. Freeze-drying of plant-based foods. Foods 9(1): 87, doi: 10.3390/foods9010087.

- Chakraborty, N., R. Chakraborty and A. Saha. 2020. Fortified and freeze-dried kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*): quality and sensory assessment. Brazilian Journal of Food Technology 23, doi: 10.1590/1981-6723.07719.
- Erez, E., D. Fass and E. Bibi. 2009. How intramembrane proteases bury hydrolytic reactions in the membrane. Nature 459(7245): 371-378.
- Ferreira, J.F., J.C.C. Santana and E.B. Tambourgi. 2011. The effect of pH on bromelain partition from *Ananas comosus* by PEG4000/phosphate ATPS. Brazilian Archives of Biology and Technology 54(1): 125-132.
- Kaur, T., A. Kaur and R.K. Grewal. 2015. Kinetics studies with fruit bromelain (*Ananas comosus*) in the presence of cysteine and divalent ions. Journal of Food Science and Technology 52(9): 5954-5960.
- Kritis, P., L. Karampela, S. Kokoris and M. Dalamaga. 2020. The combination of bromelain and curcumin as an immune-boosting nutraceutical in the prevention of severe COVID-19. Metabolism Open 8: 100066, doi: 10.1016/j.metop.2020.100066.
- Liliana, S-C., PV-M. Diana and A.A. Alfredo. 2015. Structural, physical, functional and nutraceutical changes of freeze-dried fruit. African Journal of Biotechnology 14(6): 442-50.
- Manzoor, Z., A. Nawaz., H. Mukhtar and I. Haq. 2016. Bromelain: methods of extraction, purification and therapeutic applications. Brazilian Archives of Biology and Technology 59: 1-16.
- Rowan, A.D., D.J. Buttle and A.J. Barrett. 1988. Ananain: a novel cysteine proteinase found in pineapple stem. Archives of Biochemistry and Biophysics 267(1): 262-270.
- Shofian, N.M., A.A. Hamid, A. Osman, N. Saari, F. Anwar, M.S. Dek and R.H. Hairuddin. 2011. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. International Journal of Molecular Science 12(7): 4678-4692.
- Silva-Espinoza, M.A., C. Ayed, T. Foster, M.D.M. Camacho and N. Martinez-Navarrete. 2019. The impact of freeze-drying conditions on the physico-chemical properties and bioactive compounds of a freeze-dried orange puree. Foods 9(1): 32, doi: 10.3390/foods9010032.
- Song, H. N., S.A., Ji, H.R. Park, H.H. Kim and C. Hogstrand. 2018. Impact of various factors on color stability of fresh blueberry juice during storage. Preventive Nutrition and Food Science 23(1): 46-51.

การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นอ่อนข้าวสาลีที่ใช้ผักตบชวาแห้งเป็นวัสดุเพาะ Growth and Yield of Wheatgrass Using Dried Water Hyacinth as Seedling Media

ชมดาว ขำจริง^{1*}

Chomdao Khumjing^{1*}

Received: December 26, 2022

Revised: March 27, 2023

Accepted: April 3, 2023

Abstract: Water hyacinth invasive alien plants that are a national problem. But when dried, it can be used as seedling material. The objectives of this research were to study growth and yield of wheatgrass using dried water hyacinth as seedling media. The experiment was conducted as a Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications, consisting of 4 treatments: 1) burnt rice hull : coconut coir (1:1 v/v) 2) burnt rice hull : dried water hyacinth (1:1 v/v) 3) coconut coir : dried water hyacinth (1:1 v/v) and 4) dried water hyacinth. The results showed that wheatgrass sowed in the burnt rice hull : dried water hyacinth (1:1 v/v) had the best in the germination percentage (74.00%), germination index (14.63), days to 50% germination (5 days) and fresh weight (4.28 grams per 100 seeds). Whereas wheatgrass sowed in the burnt rice hull : coconut coir (1:1 v/v) had the highest height (5.54 centimeters) and the number of days the seeds can germinate is 50 percent (5 days).

Keywords: dried water hyacinth, seedling media, wheatgrass

บทคัดย่อ: ผักตบชวาจัดเป็นพืชต่างถิ่นรุกรานที่เป็นปัญหาระดับประเทศ แต่เมื่อนำมาทำให้แห้งสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุเพาะต้นอ่อนได้ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ผักตบชวาแห้งต่อการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ 1) แกลบดำ : ขุยมะพร้าว อัตรา 1:1 2) แกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตรา 1:1 3) ขุยมะพร้าว : ผักตบชวาแห้ง อัตรา 1:1 และ 4) ผักตบชวาแห้ง ผลการทดลอง พบว่า ต้นอ่อนข้าวสาลีที่เพาะด้วย แกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตรา 1:1 มีเปอร์เซ็นต์การงอก (74.00 เปอร์เซ็นต์) ดัชนีความเร็วในการงอก (14.63) จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (5 วัน) และน้ำหนักสด (4.28 กรัมต่อ 100 เมล็ด) ดีที่สุด ส่วนต้นอ่อนข้าวสาลีที่เพาะด้วย แกลบดำ : ขุยมะพร้าว อัตรา 1:1 มีความสูง (5.54 เซนติเมตร) มากที่สุด และจำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (5 วัน)

คำสำคัญ: ผักตบชวาแห้ง วัสดุเพาะ ต้นอ่อนข้าวสาลี

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76000

¹ Department of Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi 76000

* Corresponding author: Chomdao2526@gmail.com

คำนำ

ผักตบชวา หรือ water hyacinth ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Eichhornia crassipes* (Mart.) จัดเป็นพืชน้ำและวัชพืชต่างถิ่น (invasive species) ที่แพร่ระบาดรุกรานก่อให้เกิดปัญหาระดับโลก โดยผักตบชวา 1 ต้น สามารถให้เมล็ดได้ถึง 5,000 เมล็ด เมล็ดผักตบชวาเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำจะมีชีวิตได้นานถึง 15 ปี และผักตบชวาสามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยการแตกหน่อ ผักตบชวา 2 ต้น สามารถแตกใบและเจริญเติบโตเป็นต้นได้ถึง 30 ต้น ภายในเวลา 20 วัน หรือเพิ่มน้ำหนักขึ้น 1 เท่าตัว ภายใน 10 วัน สามารถขยายตัวครอบคลุมผิวน้ำได้อัตรา 8 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ถ้าเริ่มปล่อยผักตบชวาในแหล่งน้ำเพียง 10 ต้น จะสามารถแพร่กระจายเพิ่มปริมาณเป็น 1 ล้านต้นภายในระยะเวลา 1 ปี (สุธีรา, 2557) ผักตบชวาได้แพร่กระจายไปมากกว่า 50 ประเทศในเขตร้อน และกึ่งร้อนทั่วโลก เกิดปัญหาในหลายๆ ด้าน นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งน้ำที่มีผักตบชวาชั้นอยู่เต็มน้ำจะแห้งเร็วกว่าปกติ เพราะผักตบชวาทำให้เกิดการสูญเสียน้ำทางใบมากกว่าการระเหยของน้ำตามธรรมชาติ 3.2-3.7 เท่า จากการศึกษาที่อ่างเก็บน้ำแห่งหนึ่งของประเทศอินเดีย พบว่าผักตบชวาทำให้สูญเสียน้ำจากผิวน้ำธรรมชาติถึง 7.8 เท่า อาจเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภัยแล้งได้ (บรียอร์ค, 2544) ในประเทศไทย ผักตบชวายังเป็นปัญหาสำคัญอย่างมากในทุกจังหวัด ต้องสูญเสียงบประมาณในการกำจัดเป็นอย่างมาก และเกิดวิกฤติการเพิ่มของผักตบชวามากขึ้นเรื่อยๆ แต่ก็มีแนวทางการแก้ไขปัญหาหลายวิธีที่เปลี่ยนวิกฤติให้เป็นโอกาส นำผักตบชวามาใช้ให้เกิดประโยชน์ทั้งทางด้านอาหาร สมนไพร สิ่งประดิษฐ์ ปศุสัตว์ และชลประทาน เป็นต้น ส่วนด้านเกษตรมีการนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก รวมไปถึงทำเป็นดินผสมสำหรับปลูกพืช โดยมีงานวิจัยเพื่อการศึกษาผลของการใช้ผักตบชวาเป็นปุ๋ยชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสาลี พบว่า ในชุดทดลองที่ปลูกข้าวสาลี และเติมปุ๋ยหมักจากผักตบชวาเป็นเวลา 15 วัน จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด ความยาวของราก ความยาวของส่วนยอด

มวลชีวภาพ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณโปรตีน และน้ำตาลรีดิวซ์มีค่ามากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Vidya and Girish, 2014) และลำต้นของผักตบชวาแก่ตากแห้งสามารถนำมาเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟางได้ดีเช่นเดียวกับการเพาะด้วยฟางข้าว เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดซับธาตุอาหารได้ดี (กิตติพจน์และสาธิตา, 2554) แต่ในการเพาะต้นอ่อนพืชหรือไม่โกรีนยังไม่มีการนำผักตบชวามาใช้เป็นวัสดุเพาะ

ปัจจุบันมีงานวิจัยการนำผักตบชวาสดมาใช้ประโยชน์โดยทำให้แห้งเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดเชื้อรา หรือแบคทีเรียที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ได้ โดยมีการนำไปประดิษฐ์เป็นนวัตกรรมต่างๆ ซึ่งจากรายงานการวิจัยของ พงษ์พันธ์ และคณะ (2561) ผักตบชวาแห้งมีประสิทธิภาพในการดูดซับของเหลวได้ดีที่สุด เนื่องจากผักตบชวาแบบแห้ง มีน้ำหนักเบา มีรูพรุนเป็นโพรงขนาดใหญ่แห้งไม่มีน้ำที่กีดขวางการดูดซับ ทำให้ของเหลวเข้าไปแทนที่ในโพรงช่องว่างได้ดี และ Davies and Mohammed (2011) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความชื้นในส่วนต่างๆ ของผักตบชวา พบว่าเมื่อนำมาอบแห้งจะมีคุณสมบัติการดูดซับความชื้นได้ดี โดยเฉพาะส่วนของก้านใบ คุณสมบัติทางด้านความชื้นของวัสดุเพาะถือเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตต้นอ่อน โดยทั่วไปวัสดุเพาะต้นอ่อนที่ใช้ คือ พีทมอส (peat moss) เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการเพาะกล้า ซึ่งได้จากการทับถมของซากพืชน้ำหลายชนิด โดยเฉพาะ sphagnum moss ที่ผู้พังเป็นเวลานาน เป็นวัสดุสะอาด ปลอดภัย น้ำหนักเบา สามารถกักน้ำได้ประมาณ 10-20 เท่า (สนั่น, 2522) มีปริมาณไนโตรเจน 1 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมน้อยมาก หรือไม่มีเลย (Hartmann *et al.*, 1997) มีความชื้น 50-60 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ทำให้มีสมบัติโปร่ง ระบายน้ำ และอากาศได้ดี แต่เป็นวัสดุที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ จึงมีราคาค่อนข้างแพง (สมเพียร, 2524) นอกจากนี้กระบวนการผลิตพีทมอสต้องขุดขึ้นมาจากใต้ดินซึ่งไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหลายประเทศในทวีปยุโรปและอเมริกาเริ่มให้ความสำคัญและจำกัดการใช้ และหาวัสดุทางเลือกอื่นที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

(ธรรมศักดิ์, 2559) โดยประเทศไทยมีการนำเอาวัสดุที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศมาประยุกต์ใช้ในการผลิตต้นอ่อนเพื่อลดต้นทุน ส่วนใหญ่เป็นขุยมะพร้าว และแกลบดำ ซึ่งงานวิจัยของราชันีและคณะ (2557) พบว่า วัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี คือ ขุยมะพร้าว และแกลบดำ อัตรา 1:1 เนื่องจากมีความสูง และน้ำหนักสดรวมสูงสุด ธนัษฐ และชมดาว (2559) ได้ศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าจากเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนโตเหมียว พบว่า เมล็ดโตเหมียวที่เพาะด้วยวัสดุเพาะแกลบดำผสมขุยมะพร้าว (1:1) ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอก ดัชนีความเร็วในการงอก ความสูงต้นอ่อน และน้ำหนักสดต้นอ่อนต่อ 100 เมล็ด สูงสุด ปกรณ์ และชมดาว (2560) ศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าจากเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนไควาละ ผลการทดลองพบว่า เมล็ดไควาละที่เพาะด้วยวัสดุเพาะแกลบดำผสมขุยมะพร้าว (1:1) มีเปอร์เซ็นต์การงอก จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีความเร็วการงอก ความสูงต้นอ่อน และน้ำหนักสดต้นอ่อนต่อ 100 เมล็ดดีที่สุด เอกรินทร์ และคณะ (2561) ศึกษาผลของพันธุ์และวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง พบว่าที่แกลบดำและขุยมะพร้าว มีระยะเวลาที่ใช้ในการงอกและงอกใบเลี้ยง และจำนวนวันเก็บเกี่ยวนานที่สุด นอกจากนี้สุเทพ และณัฐฐา (ม.ป.ป.) ได้แนะนำการเพาะต้นอ่อนอย่างมืออาชีพ ด้วยการให้วัสดุเพาะขุยมะพร้าว และแกลบดำ อัตรา 1:1 ซึ่งวัสดุเพาะทั้ง 2 ชนิด เป็นวัสดุเพาะที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่วัสดุเพาะดังกล่าวไม่ได้มีทุกพื้นที่ของประเทศไทย โดยก่อนจะได้นำมาต้องมีการผ่านกระบวนการเผาก่อน ทำให้แกลบดำมีราคาแพงกว่าแกลบดิบ หากซื้อยาก และหากเผาใช้เอง ควันที่เกิดจากการเผาจะมีกลิ่นฉุน ส่วนขุยมะพร้าวมีพื้นที่ผลิตอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยจังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกมะพร้าวที่สำคัญ ด้วยสภาพพื้นที่ที่ปลูกมะพร้าวมานาน และมีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง ทำให้ดินมีความเสื่อมโทรม และผลผลิตมะพร้าวลดลง ส่งผลให้ราคามะพร้าวแพงขึ้น (สิริมา และปราโมทย์,

2557) เมื่อผ่านกระบวนการบ่มเพื่อนำโยนออกมาเป็นขุยมะพร้าวซึ่งจะต้องได้จากโรงงานผลิต จึงทำให้ขุยมะพร้าวมีราคาแพงมากยิ่งขึ้น และมีราคาแพงกว่ากากมะพร้าวที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการบ่ม จึงถือว่าวัสดุเพาะทั้งแกลบดำและขุยมะพร้าวต้องใช้เงินลงทุนในการซื้อเพื่อนำมาใช้ในการเพาะพืชผักหรือต้นอ่อน ดังนั้นการนำวัสดุพืชผักตบชวาที่พบทั่วไปมาเป็นวัสดุเพาะต้นอ่อนสามารถทำได้ง่ายและไม่ต้องซื้อ

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่หันมารักสุขภาพมากขึ้น พืชต้นอ่อนเป็นพืชทางเลือกใหม่สำหรับผู้รักสุขภาพ ที่มีไว้บริโภคในครัวเรือน ซึ่งเป็นอาหารที่มีประโยชน์สะอาดปลอดภัย ไร้สารเคมี สามารถผลิตได้เอง และจำหน่าย เพื่อสร้างรายได้ได้ (จิตรภากรณ์, ม.ป.ป.) นอกจากนี้การเพาะต้นอ่อนจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดให้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ยังไม่งอก (Villaluenga *et al.*, 2010; Pajak *et al.*, 2014) และต้นอ่อนยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเมล็ดอีกด้วย (Paško *et al.*, 2009) โดยต้นอ่อนข้าวสาลีเป็นหนึ่งในอีกหลายๆ ชนิดของต้นอ่อนที่ได้รับความนิยมในการบริโภคซึ่งเป็นพืชที่อุดมด้วยสารอาหารที่ร่างกายต้องการ มีโปรตีนสูงกว่าเนื้อสัตว์และไข่ประมาณ 1 เท่า วิตามินบีมากกว่านมสด 30 เท่า แคลเซียมมากกว่านมสด 11 เท่า วิตามินซีมากกว่าส้ม 7 เท่า และน้ำหนักต้นอ่อนข้าวสาลี 1 ออนซ์ เทียบเท่ากับผัก 1.5 กิโลกรัม เบต้าแคโรทีนมากกว่าผักโขม 6.5 เท่า ธาตุเหล็กมากกว่าผักโขม 5 เท่า นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ อี เค และกรดอะมิโนอย่างน้อย 20 ชนิด เอนไซม์ที่มีประโยชน์มากกว่า 80 ชนิด สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ คลอโรฟิลล์ ซึ่งจัดเป็นพืชอันดับต้นๆ ของโลกที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง (มนต์สวรรค์, 2556) ซึ่งคิดเป็นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีทั้งหมด สามารถต้านการอักเสบ ชำเชื้อแบคทีเรีย ฟอกเลือด ล้างพิษตับ และทำความสะอาดลำไส้ (Neethu *et al.*, 2016) ซึ่งคลอโรฟิลล์มีเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการต้านการอักเสบ เรียกว่า Superoxide Dismutase (SOD) ส่วนมากจะนิยมนำมาบริโภคในรูปแบบน้ำคั้นสด (พรพิมล, 2556) โดยมีงานวิจัยในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่รับประทาน

น้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลี วันละ 60 มิลลิลิตร ตลอดเวลาที่ได้รับเคมีบำบัดทั้ง 3 รอบ ช่วยป้องกันการเกิดภาวะโลหิตจาง (anemia) ได้ดี มีผลให้ปริมาณฮีโมโกลบินในเลือดมีปริมาณมากขึ้น โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออาการตอบสนองการได้รับการรักษาจากเคมีบำบัดของผู้ป่วย และการศึกษาในผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งที่อวัยวะต่างๆ ที่ดื่มน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลีวันละ 30 มิลลิลิตร ติดต่อกัน 6 เดือน พบว่าช่วยเพิ่มปริมาณฮีโมโกลบิน เกล็ดเลือด และเพิ่มภูมิคุ้มกันได้ดี ทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีต้องดื่มหลังจากกินภายใน 5-10 นาที ถ้าหลังจากนั้นคุณประโยชน์จะสูญเสีย เพื่อสร้างภูมิคุ้มกันการเกิดโรคควรมีทุกวัน วันละ 1 ออนซ์แต่การบริโภคในรูปแบบอื่นเช่นผงหรืออัดเม็ดนั้น คุณค่าของเอนไซม์จะสูญเสียไป เนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการแปรรูป จะได้เพียงแค่โปรตีนหรือไฟเบอร์ ซึ่งไม่ได้คุณประโยชน์เท่ากับน้ำคั้นสด (อภิชาติ และ พัชรี, 2558) นอกจากนี้ยังกำลังเป็นที่ต้องการอย่างมากสำหรับคนรักสัตว์ โดยมีการทดลองของ Wigmore (1985) เพาะเมล็ดหญ้าต่างๆ 7 ชนิด พบว่า สุนัข และแมว เล็กเคี้ยวหญ้าอ่อนข้าวสาลี เพียงอย่างเดียว เนื่องจากต้นอ่อนข้าวสาลีมีไฟเบอร์สูงช่วยในการขับถ่าย ปกติแมวส่วนมากเมื่อเลียหรือทำความสะอาดร่างกายก็จะเลียเอาขนเข้าไปด้วย ใบของต้นอ่อนข้าวสาลีสามารถช่วยขับก้อนขน และสิ่งสกปรก รวมถึงสิ่งแปลกปลอมออกมาได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ใบของต้นข้าวสาลีอ่อนยังช่วยสมานแผล ขับเสมหะ ขับพยาธิ ลดอักเสบ และบรรเทาอาการเจ็บปวดในร่างกาย ผิวหนัง ลำไส้ และยังปลอดภัยต่อสัตว์เลี้ยงด้วย (Marty and Hoffmann, 2010)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุเพาะต้นอ่อนข้าวสาลี ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปลดต้นทุนในการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี และเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการกำจัดผักตบชวาให้มีปริมาณลดลง

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ถาดเพาะ โดยมีวัสดุเพาะเป็นสิ่งทดลอง จำนวน 4 ชนิด คือ 1) แกลบดำ : ขุยมะพร้าว อัตรา 1:1

2) แกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตรา 1:1 3) ขุยมะพร้าว : ผักตบชวาแห้ง อัตรา 1:1 และ 4) ผักตบชวาแห้ง อย่างเดียว รวมทั้งหมด 64 ถาดเพาะ ทำการทดลองที่ฐานเรียนรู้โมโครกรีน ศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

การเตรียมเมล็ดข้าวสาลี นำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี จำนวนถาดละ 100 เมล็ด มาแช่น้ำอุ่น (50 องศาเซลเซียส) ทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง

การเตรียมวัสดุเพาะผักตบชวาแห้ง นำส่วนของก้านใบผักตบชวามาทำความสะอาดสับให้ละเอียดซึ่งความหนาจะอยู่ที่ประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง (Akendo, 2008) เมื่อนำมาใช้ให้แช่น้ำ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

การเตรียมวัสดุเพาะขุยมะพร้าว นำขุยมะพร้าวมาร่อนผ่านตะกร้าที่มีขนาดรูประมาณ 3 มิลลิเมตร เพื่อแยกเอาเส้นใยของขุยมะพร้าวออก ใช้แต่ขุยมะพร้าว

การเตรียมถาดและวัสดุเพาะ เตรียมถาดพลาสติกสำหรับเพาะต้นอ่อนข้าวสาลี (กว้าง 30 X ยาว 60 X สูง 3.5 เซนติเมตร) โดยนำวัสดุเพาะแต่ละสิ่งทดลองมาใส่ลงในถาดเพาะให้พอดีกับขอบถาด โดยเกลี่ยวัสดุเพาะให้เรียบเสมอกันและแน่นทั่วทั้งถาด จำนวนวัสดุเพาะละ 16 ถาด รวมทั้งหมด 64 ถาด

วิธีการเพาะต้นอ่อนข้าวสาลี นำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เตรียมไว้ จำนวน 100 เมล็ดต่อถาด มาวางในถาดที่เตรียมวัสดุเพาะไว้ จำนวน 5 แถวๆ ละ 20 เมล็ด โดยเว้นระยะเท่าๆ กัน จากนั้นรดน้ำโดยใช้หัวฉีดน้ำปรับระดับหัวแบบกระจายให้ทั่วถาดเพาะนำกระสอบพลาสติกมาวางทับ แล้วใช้ถาดเพาะอีกอันทับไว้ ทำสลับเช่นนี้จนครบสิ่งทดลองชั้นสุดท้ายทับด้วยถาดเพาะเปล่าแล้วนำอิฐมาวางทับ เริ่มสิ่งทดลองใหม่จะเริ่มทับใหม่ เมื่อครบทุกสิ่งทดลองแล้วนำไปไว้ในที่ร่มไม่ให้โดนแสงแดด ทิ้งไว้ 2 วัน วันที่ 3 นำวัสดุที่ทับออก แล้วรดน้ำแบบเดิม และวางขึ้นชั้นปิดด้วยสแลนทึบแสงเพื่อไม่ให้โดนแสง ทิ้งไว้จำนวน 3 วัน แต่ในระหว่างที่อยู่ในที่มืดต้องเปิดเพื่อดูความชื้น หากแห้งให้รดน้ำ เมื่อถึงวันที่ 6 ให้ย้ายถาดเพาะไปยังชั้นโปร่งเพื่อรับแสง รดน้ำทุกวันจนถึงวันที่ 7 เก็บเกี่ยวผลผลิต

การบันทึกผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด ตรวจนับความงอกของเมล็ดครั้งแรกเมื่ออายุ 4 วัน โดยนับต้นกล้าที่งอกโผล่พ้นวัสดุเพาะหลังจากเพาะลงถาด จนถึงครั้งสุดท้ายเมื่ออายุ 7 วัน คำนวณความงอกคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (ISTA, 2013) โดยคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

2. ดัชนีความเร็วในการงอก คำนวณดังนี้
 ดัชนีความเร็วการงอก =
$$\frac{\text{ผลรวมของจำนวนต้นกล้าปกติในวันที่ตรวจนับ}}{\text{จำนวนวันหลังวันเพาะที่ตรวจนับ}}$$

3. จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของการงอกทั้งหมด มีหน่วยเป็นวัน

4. ความสูงของต้นอ่อนข้าวสาลี วัดที่ต้นอ่อนอายุ 7 วัน โดยนำต้นอ่อนที่ปกติแต่ละซ้ำ วัดความสูงจากโคนต้นถึงปลายยอดของต้นกล้าปกติ คำนวณความสูงของต้นอ่อนต่อต้น มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (ISTA, 2013)

5. น้ำหนักสดต้นอ่อนข้าวสาลีต่อ 100 เมล็ด เมื่อต้นอ่อนอายุ 7 วัน ทำการตัดต้นกล้าที่ปกติแต่ละซ้ำโดยใช้ใบมีดที่คมตัดที่โคนต้น นำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด ทศนิยม 2 ตำแหน่ง คำนวณน้ำหนักสดต้นอ่อนต่อ 100 เมล็ด มีหน่วยเป็นกรัม

6. การเกิดเชื้อรา สังเกตในถาดวัสดุเพาะทุก ๆ วันจนครบ 7 วัน เพื่อนำมาบันทึกผลในลักษณะของการบรรยาย

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance : ANOVA) ตามแผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของวัสดุเพาะผักตบชวาแห้งต่อการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี พบว่า ในทุกลักษณะ

ที่ทำการศึกษามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 1 and 2)

เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด และดัชนีความเร็วในการงอก การใช้วัสดุเพาะแกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตราส่วน 1 : 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและดัชนีความเร็วในการงอกมากที่สุดเฉลี่ย 74.00 เปอร์เซ็นต์ และ 14.63 ส่วนวัสดุเพาะขุยมะพร้าว : ผักตบชวาแห้ง อัตราส่วน 1 : 1 และผักตบชวาแห้งไม่พบการงอกของเมล็ด (Table 1)

จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวสาลีที่เพาะในวัสดุเพาะแกลบดำ : ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 และแกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตราส่วน 1 : 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีจำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด 5.00 วัน ส่วนการเพาะเมล็ดข้าวสาลีด้วยวัสดุเพาะขุยมะพร้าว : ผักตบชวาแห้ง อัตราส่วน 1 : 1 และผักตบชวาแห้งไม่พบการงอกของเมล็ด (Table 1)

ความสูงของต้นอ่อนข้าวสาลี เมล็ดข้าวสาลีที่เพาะในวัสดุเพาะ แกลบดำ : ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีความสูงของต้นอ่อนมากที่สุด คือ 5.54 เซนติเมตร ส่วนการเพาะเมล็ดข้าวสาลีด้วยวัสดุเพาะแกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตราส่วน 1 : 1 มีความสูงรองลงมา คือ 3.84 เซนติเมตร (Table 2)

น้ำหนักสดต้นอ่อนข้าวสาลีต่อ 100 เมล็ด พบว่า การใช้วัสดุเพาะเมล็ดข้าวสาลีแกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตราส่วน 1 : 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งสถิติ โดยมีน้ำหนักสดต้นอ่อนข้าวสาลีต่อ 100 เมล็ดมากที่สุดเฉลี่ย 4.28 กรัม ส่วนการเพาะเมล็ดข้าวสาลีด้วยวัสดุเพาะแกลบดำ : ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1 : 1 มีน้ำหนักสดต้นอ่อนข้าวสาลีต่อ 100 เมล็ด รองลงมา คือ 2.16 กรัม (Table 2)

การเกิดเชื้อรา เมล็ดข้าวสาลีที่เพาะในวัสดุเพาะทุกๆ สิ่งทดลอง ไม่พบการเกิดเชื้อรา ตั้งแต่วันแรกที่เพาะจนถึงวันที่เก็บเกี่ยว (Table 3)

Table 1 Effect of using dried water hyacinth as seedling media on germination, germination index and days to 50% germination of wheatgrass production

Treatment	Germination (%)	Germination index	Days to 50% germination (days)
Burnt rice hull : coconut coir (1 : 1)	64.75 ^b	12.40 ^b	5.00 ^a
Burnt rice hull : dried water hyacinth (1 : 1)	74.00 ^a	14.63 ^a	5.00 ^a
Coconut coir : dried water hyacinth (1 : 1)	0.00 ^c	0.00 ^c	0.00 ^b
Dried water hyacinth	0.00 ^c	0.00 ^c	0.00 ^b
F-test	**	**	**
CV (%)	13.43	13.29	13.21

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.01$).

Table 2 Effect of using dried water hyacinth as seedling media on seedling height and fresh yield per 100 seeds of wheatgrass production

Treatment	Seedling height (cm)	Fresh yield per 100 seeds (g)
Burnt rice hull : coconut coir (1 : 1)	5.54 ^a	2.16 ^b
Burnt rice hull : dried water hyacinth (1 : 1)	3.84 ^b	4.28 ^a
Coconut coir : dried water hyacinth (1 : 1)	0.00 ^c	0.00 ^c
Dried water hyacinth	0.00 ^c	0.00 ^c
F-test	**	**
CV (%)	19.48	21.23

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT ($P < 0.01$)

วิจารณ์

เมล็ดข้าวสาลีที่เพาะด้วยวัสดุเพาะแกลบดำ : ผักตบชวาแห้ง อัตรา 1:1 มีเปอร์เซ็นต์การงอก (74.00 เปอร์เซ็นต์) ดัชนีความเร็วในการงอก (14.63) จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (5 วัน) และน้ำหนักสด (4.28 กรัมต่อ 100 เมล็ด) มากที่สุดเนื่องจากแกลบดำ โครงสร้างมีรูพรุน รักษาความชื้น มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีปานกลาง คือ 187.95 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และความดำของแกลบดำจะมีผลต่อการดูดซับความร้อนซึ่งอาจมีผลในการช่วย กระตุ้นให้เมล็ดงอกได้ดี (ชนาธิป และสุทัศน์, 2540) เมื่อผสมกับผักตบชวาอบแห้งโดย

เฉพาะส่วนก้านใบที่มีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ปริมาณมาก ทำให้เกิดความชื้น (Niroka *et al.*, 2022) โดยน้ำหรือความชื้นเป็นปัจจัยแรกที่เมล็ดต้องการใช้สำหรับการงอก เพื่อใช้ในกระบวนการขนย้ายอาหารไปใช้ เมล็ดในสภาพแห้งโดยทั่วไปมีความชื้นประมาณ 6-14 เปอร์เซ็นต์แต่ในขณะที่เมล็ดกำลังงอกความชื้นในเมล็ดมีถึง 30-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง หากเป็นเมล็ดข้าวจะต้องมีความชื้นภายในเมล็ดประมาณ 32-35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำจะละลาย inhibitor ทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม น้ำสามารถผ่านเข้าไปในเมล็ด สารพวก hydrophilic ที่อยู่ในเมล็ด เช่น กรดอะมิโน หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) และ

คาร์บอกซิล (-COOH) จะดูดน้ำ มีผลทำให้เมล็ดขยายขนาดขึ้น และเปลือกจะแตกออก น้ำที่เข้าไปในเมล็ดจะเป็นตัวทำละลายสารต่างๆ ที่สะสมอยู่ในเมล็ด ทำให้สารสะสมมีโมเลกุลเล็กลงมา และจะถูกออกซิโดสเป็นพลังงาน กล่าวได้ว่า น้ำเป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางสรีรวิทยาของเมล็ด ส่วนออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปภายในเมล็ดพร้อมๆ กับน้ำเป็นปัจจัยจำเป็นสำหรับการงอกเช่นกัน มีบทบาทเกี่ยวกับการหายใจ เพื่อสร้างพลังงานสำหรับใช้ในการงอก โดยพลังงานนั้นได้มาจากการออกซิโดสสารต่างๆ และจากกระบวนการ phosphorylation ในกระบวนการหายใจ ดังนั้นในการงอกของเมล็ดพืช ปกติจะต้องมีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอ จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้สูงขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีออกซิเจนมากขึ้น โดยในเมล็ดข้าวจะงอกในน้ำที่มีออกซิเจนประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกันอัตราการหายใจของเมล็ดจะลดลง เมื่อปริมาณออกซิเจนลดต่ำลง (จวงจันทร, 2529; สุนททิพย์, 2540) และยังมีคุณสมบัติ มีรูพรุน ทำให้มีการถ่ายเทอากาศได้ดี ความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา (Davies and Mohammed, 2011 ; Akendo *et al.*, 2008) นอกจากนี้ฝักตบขวามีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 1.75, 0.63 และ 3.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Sotolu, 2010) เนื่องจากมีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบที่สูง โพแทสเซียมมีบทบาทในกระบวนการออสโมซิส และควบคุมความสมดุลของไอออนในพืช รวมทั้งเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ธาตุอาหารพืชจะเคลื่อนตัวเข้าสู่เมล็ดพืชเมื่อเมล็ดเกิดกระบวนการดูดซับน้ำ ซึ่งเอ็มบริโอต้องใช้โพแทสเซียมเพื่อขยายขนาดของเซลล์ และใช้ฟอสฟอรัสเพื่อสังเคราะห์ลิปิดในเนื้อเยื่อ และกรดนิวคลีอิก (ยงยุทธ, 2552) ทำให้พืชสามารถเร่งการเจริญเติบโตและการพัฒนาส่วนต่างๆ ของพืช (Konstantinov, 1983) จึงทำให้เมล็ดมีการงอกที่ดี

ลักษณะของผลผลิตในเรื่องความสูงต้นอ่อนข้าวสาลี กลับพบว่าการเพาะด้วยวัสดุเพาะกลบดำ

: ขุยมะพร้าว อัตรา 1:1 มีความสูงมากที่สุด คือ 5.54 เซนติเมตร และยังมีจำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ที่สูงเท่ากับการเพาะด้วยวัสดุเพาะกลบดำ : ฝักตบขวาแห้ง อัตรา 1:1 อีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัชนี้ และคณะ (2557) ได้ศึกษาวัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อการเพาะต้นอ่อนข้าวสาลีพันธุ์ฝาง 60 เพื่อผลิตน้ำคั้น พบว่า วัสดุเพาะสูตรขุยมะพร้าว : กลบดำ ให้ความสูงเมื่ออายุ 7 วันสูงกว่าวัสดุเพาะอื่นๆ อาจเป็นเพราะคุณสมบัติของกลบดำที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบประมาณ 90-98 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีความพรุน มีสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี มีน้ำหนักเบา และมีการอัดตัวไม่มากนัก (Tyagi *et al.*, 2017) เมื่อมารวมกับขุยมะพร้าวที่มีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี ทำใหวัสดุเพาะสูตรนี้มีความชื้นสูงเวลารดน้ำแล้ว จะเกิดการแน่นตัว และขึ้นทำให้เหมาะสมกับต้นอ่อนที่ต้องการน้ำมากเพื่อไปช่วยการสลายอาหารสะสมส่งมายังกลำให้เกิดการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (จวงจันทร, 2529) ประกอบกับขุยมะพร้าวและกลบดำมีปริมาณธาตุอาหารแคลเซียมสูงถึง 2,032 และ 21,312 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ปรียาภรณ์, 2546) เมื่อแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ถูกเนื้อเยื่อพืชดูดซึม Ca เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช หน้าที่หลักของแคลเซียมในสรีรวิทยาของพืช ได้แก่ ส่งเสริมการยึด แบ่งตัวของเซลล์ รักษาเสถียรภาพของผนังเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลต่อการดูดซึมและการใช้ธาตุอาหารอื่นๆ กระบวนการเผาผลาญทางสรีรวิทยาในพืช และมีบทบาทสำคัญในการปกป้องและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Mulaudzi *et al.*, 2020) โดย Ca^{2+} เป็นตัวควบคุมที่สำคัญของการเจริญเติบโตและการพัฒนาในพืช และยังมีอีกหลายกระบวนการที่มี Ca^{2+} เป็นส่วนร่วมอยู่มากทำให้พืชเจริญเติบโต และเกี่ยวข้องกับพัฒนาของพืช (Hepler, 2005) นอกจากนี้ Li *et al.* (2022) ได้สรุปไว้เกี่ยวกับแคลเซียมที่ได้รับจากภายนอกในปริมาณที่เหมาะสมอาจช่วยเพิ่มความสูงของต้น และเมื่อเข้าไปทำงานร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (GA) ซึ่งโดยทั่วไปพบในผลหรือเมล็ดที่กำลังพัฒนา บริเวณปลายยอด และปลายรากของพืชชั้นสูง มีหน้าที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

โดยทำให้เกิดการยึดตัวของเซลล์ จึงเกิดกระบวนการทางชีวเคมีของพืช ทำให้กระตุ้นการเจริญเติบโตในส่วนของลำต้น เกิดการยืดยาวของลำต้นพืช (Bush, 1995; Anil and Rao, 2001; พีรเดช, 2537) โดยมีการศึกษาการงอกของข้าวบาเลย์พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา คือ เมล็ดที่แก่เต็มที่และพ้นจากระยะพักตัวจะดูดน้ำเข้าไปในเมล็ด และมีการสร้างฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน อาจกล่าวได้ว่าในระหว่างการงอกของเมล็ด ปริมาณจิบเบอเรลลินจะเพิ่มขึ้น (Leopold and Kriedemann, 1977) ทำให้ต้นอ่อนมีความสูงมากขึ้น

ในขณะที่ใช้ขุยมะพร้าว : ผักตบชวาแห้ง อัตรา 1:1 ไม่พบการงอกของเมล็ดข้าวสาลี เนื่องจากผักตบชวามีขนาดใหญ่ และมีช่องว่างมาก เมื่อรดน้ำทำให้ขุยมะพร้าวที่มีขนาดเล็ก ไหลลงไปตามช่องว่างผักตบชวาที่อยู่ด้านล่างของถาดเพาะ และทำให้เมล็ดข้าวสาลีไหลลงสู่ช่องว่างดังกล่าวซึ่งอยู่ด้านล่างร่วมกับขุยมะพร้าวเช่นกัน เมื่อเมล็ดอยู่ในขุยมะพร้าว ขุยมะพร้าวเมื่อได้รับน้ำจะอัดแน่น ซึ่งทำให้เกิดข้อเสียการอุ้มน้ำมากเกินไป (เหนียวคำ, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประพาย และคณะ (2540) ได้ศึกษาอิทธิพลของวัสดุเพาะและวัสดุกลบต่อการงอกของเมล็ดไม้ตาเสือ พบว่าขุยมะพร้าวหรือวัสดุที่มีขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมนั้นทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ และยังทำให้กล้าไม่ตั้งอกขึ้นมาเน่าตาย ทั้งนี้อาจเนื่องจากการอุ้มน้ำได้มากเกินไป และความเป็นกรดของขุยมะพร้าวทำให้ขุยมะพร้าวไม่ส่งเสริมต่อการงอกของเมล็ด เมล็ดอาจเน่าและไม่สามารถงอกไผ่พันธุ์วัสดุเพาะขึ้นมาได้ ส่วนการเพาะเมล็ดข้าวสาลีด้วยวัสดุเพาะผักตบชวาแห้งเพียงอย่างเดียว ไม่พบการงอกของเมล็ดข้าวสาลีเช่นกัน เนื่องจากวัสดุเพาะผักตบชวาแห้งมีช่องว่างระหว่างวัสดุมาก เมื่อรดน้ำทำให้เมล็ดตกลงด้านล่างของถาดเพาะ และได้รับความชื้นน้อยจึงไม่เกิดการงอก หากเมล็ดได้รับน้ำ น้ำจะเป็นตัวละลายโปรโตพลาสซึม และอาหารที่เก็บสะสมไว้ภายในเมล็ด และช่วยขนย้ายถ่ายเทอาหารส่วนที่เก็บสะสมไว้ไปยังส่วนของต้นอ่อน ทำให้ต้นอ่อนเจริญเติบโต ดังนั้นก่อนที่เมล็ดจะงอกเมล็ดจะต้องดูดซึมน้ำเข้าไปภายในเมล็ดเสียก่อน การดูดซึมน้ำของเมล็ดนี้เรียกว่า imbibition ปกติเมล็ดพืชจะงอก

ได้ดีเมื่อดินหรือวัสดุเพาะมีความชื้นที่ระดับ field capacity ปริมาณความชื้นที่เมล็ดต้องการ (อภิชาติ และพัชรี, 2558) โดยศุภชัย และประพันธ์ (2534) กล่าวว่า ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่น้อยเกินไปอาจไม่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ในการงอก เมล็ดอาจตายหรือไม่งอกได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริรัฐสพล (2559) ที่ศึกษาผลของวัสดุเพาะกล้าจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าบรอกโคลี โดยพบว่าดินผสมที่เป็นการรวมวัสดุเพาะหลายชนิด มีการเจริญเติบโตดีกว่าวัสดุเพาะที่เฉพาะเจาะจง เนื่องจากในกระบวนการงอกของเมล็ดจะสมบูรณ์ได้จะต้องได้รับปัจจัยที่จำเป็น คือ น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน อุณหภูมิ และแสงที่เหมาะสม (ชยพร, 2546) ซึ่งอาจต้องอาศัยวัสดุเพาะหลายชนิดมาประกอบเพื่อให้ได้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอก โดยอภิชาติ และพัชรี (2558) มีหลักการเตรียมวัสดุเพาะเมล็ดว่าการเลือกวัสดุเพาะชนิดใดมาใช้ในการเพาะเมล็ด มีปัจจัยหลายอย่างซึ่ง หนึ่งในนั้นคือปัจจัยเรื่องสัดส่วนของวัสดุ การใช้สัดส่วนวัสดุชนิดต่างๆ ต้องนำคุณภาพของวัสดุแต่ละชนิดมาพิจารณาให้ได้ วัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ด

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ไม่พบการเกิดเชื้อราในทุกกรรมวิธี เนื่องจากวัสดุเพาะมีการผ่านกระบวนการอบ เเผา หรือทำให้แห้งซึ่งเป็นการฆ่าเชื้อก่อนเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อราและแบคทีเรีย ที่ก่อโรค เช่น แกลบดำมีการหมักควั่นหรือตากให้แห้ง Smoked or parched rice hulls เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แกลบก่อนที่จะนำไปใช้ (AVRDC, 2000) ส่วนผักตบชวาสด มีความชื้นมากเกินไป เป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดเชื้อรา ในผักตบชวามีเชื้อราอยู่ 4 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus* sp. 3 สายพันธุ์ และ *Syncephalastrum* 1 สายพันธุ์ เชื้อราจะเข้าทำลายเมล็ดก่อนเมล็ดพันธุ์งอก ทำให้เมล็ดมีลักษณะอาการเน่า ทั้งที่ยังไม่งอกหรืองอกอยู่ในดิน ส่วนเมล็ดที่งอกไผ่จากดินแล้วเจริญเป็นต้นกล้า เชื้อราจะเข้าทำลายในระดับดินที่โคนต้นกล้า จนเกิดอาการฉ่ำน้ำ แต่ใบเลี้ยงยังเขียวอยู่ ไม่มีเหี่ยว จนต้นกล้าล้มพับ เพราะมีแผลซ้ำที่โคนต้น ต้นกล้าแสดงอาการเหี่ยว

และตายในเวลารวดเร็ว (ประไพศรี และคณะ, 2536) บริเวณที่เป็นโรคจะค่อยๆ ขยายวงกว้างออกไปเป็นวงกลมกว้างขยายใหญ่ขึ้นในแปลงกล้า หรือในกระเบเพาะกล้า (อมรรัตน์ และคณะ, 2552) เชื้อราเหล่านี้สามารถสร้างสารพิษที่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ ในการฆ่าเชื้อราทำได้โดยการใช้กระบวนการอบแห้ง (drying) เป็นการกำจัดความชื้น หรือน้ำออกจากผักตบชวา (ประไพศรี และคณะ, 2536) โดยใช้ขุยมะพร้าว เป็นส่วนเปลือกของมะพร้าวที่ปั่นเอาใยออก หรือ ปั่นให้ใยละเอียด เป็นขุยมะพร้าวขนาดเล็ก และแห้งสนิท ไม่มีความชื้นหรือการหมักหมมจึงไม่เกิดเชื้อราที่สำคัญวัสดูเพาะที่นำมาทดลอง มีลักษณะของวัสดูเพาะที่ดี คือ ระบายน้ำ ถ่ายเทอากาศ ความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา (ปรียาภรณ์, 2546) และสภาพแวดล้อมหรือสถานที่ในการเพาะมีอากาศถ่ายเท จึงไม่เป็นสาเหตุของการเกิดเชื้อรา

สรุป

ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าการใช้ผักตบชวาแห้งผสมกับแกลบดำในอัตรา 1:1 เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดูเพาะในการผลิตต้นอ่อนข้าวสาลี ซึ่งสามารถให้เปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีความเร็วในการงอก จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักผลผลิตสดดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณ และพื้นที่ฐานเรียนรู้ไม่ไคกรีน ศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการทำวิจัย และขอบคุณนายวรชัย เชิดโฉม นักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ที่ช่วยดูแลและเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตติพจน์ พิณพูน และสาธิตา บุญแก้ววรรณ. 2554. คู่มือการจัดการผักตบชวา. สำนักพิมพ์สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5, นครปฐม. 57 หน้า.

คริสรัฐสพล หนูพรหม. 2559. ผลของวัสดูเพาะกล้าจากเศษวัสดูเหลือใช้ทางการเกษตรต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าบรอกโคลี (*Brassica oleracea* L. var. italic). หน้า 1172-1177. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, ภูเก็ต.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 195 หน้า.

จิตรภรณ์ เทวะนา. ม.ป.ป. การเพาะต้นอ่อนพืชออร์แกนิก กล่องความรู้กินได้ Knowledge Box Set. สำนักพิมพ์โครงการศูนย์ความรู้กินได้@สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้. กรุงเทพฯ. 59 หน้า.

ชนาธิป กุลดิลก และสุทัศน์ เล้าสกุล. 2540. อิทธิพลของวัสดูเพาะชำและวัสดูกลบที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดหว่ายโป่ง และหว่ายกำปวน. สำนักพิมพ์สวนนวนวิวัฒน์วิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

ชยพร แอดะระจัน. 2546. วิทยาการเมล็ดพันธุ์. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม, กรุงเทพฯ. 197 หน้า.

ธนัษพร เสมเถื่อน และชมดาว ขำจริง. 2559. ผลของวัสดูเพาะกล้าจากเศษวัสดูเหลือใช้ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนโตเหมี่ยว. หน้า 6. ใน: โครงการนำเสนอผลงานทางวิชาการระดับปริญญาบัณฑิตด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2559. เคย โคโคพีท KU COCOPEAT วัสดูเพาะกล้าเพื่อความยั่งยืนของเกษตรกรรมโลก. วารสารเกษตรกรรม 3(14): 20-23.

- บรรยงค์ แบบประเสริฐ. 2544. ประโยชน์และโทษของผักตบชวา. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 49(156): 21-22.
- ปกรณ เนตรขำ และชมดาว ขำจริง. 2560. ผลของวัสดุเพาะกล้าจากเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนไควาละ. หน้า 2. ใน: โครงการนำเสนอผลงานทางวิชาการระดับปริญญาบัณฑิตด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี.
- ประพาย แก่นนาค, สุขสันต์ สายวา และบัณฑิตโพธิ์น้อย. 2540. อิทธิพลของวัสดุเพาะและวัสดุกลบต่อการงอกของเมล็ดไม้เตาเสือ. หน้า 100-107. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ทบวงมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ประไพศรี สมใจ, พวงเพ็ญ สุยะนันท์ และสุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์. 2536. การป้องกันเชื้อราของผลิตภัณฑ์หัตถกรรมทำจากเส้นใยผักตบชวา. หน้า 207-215. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ทบวงมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ปรียาภรณ์ แนนไส. 2546. อิทธิพลของวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 93 หน้า.
- พงษ์พันธ์ ผึ้งผาย อำนวย วัฒนกรศิริ และนภาพร แข่งขัน. 2561. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้วัสดุที่มีรูพรุนนาโนเทคโนโลยีธรรมชาติ. วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาร 40(1): 38-49.
- พรพิมล ศิริกุล. 2556. ต้นอ่อนข้าวสาลี : ลดความดัน ป้องกันเบาหวาน ต้านมะเร็ง. สำนักพิมพ์มั่นคง, กรุงเทพฯ. 144 หน้า.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอริโมนพืชและสารสังเคราะห์ : แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า.
- มนต์สวรงค์ จินดาแสง. 2556. ต้นอ่อนข้าวสาลี (วิทกราส) สุดยอดอาหารต้านมะเร็ง. สำนักพิมพ์ภารกิจ, นนทบุรี. 328 หน้า.
- ยงยุทธ ไสยธสภ. 2552. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 548 หน้า.
- รัชนี นิธกร, อนุรักษ์ กังขอนนอก, ศศิธร เมธาวีวัฒน์ และสุจิตรา เทียงสันเทียะ. 2557. การศึกษาวัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อการเพาะต้นอ่อนข้าวสาลีพันธุ์ฝาง 60 เพื่อผลิตน้ำคั้น. หน้า 448-459. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, กำแพงเพชร.
- ศุภชัย เบญจดำรงกิจ และประพันธ์ ผู้กฤตยาคามิ. 2534. การงอกของเมล็ดพืชมะเขือเทศที่แตกต่างกัน. วารสารวนศาสตร์ 10: 110-114.
- สนั่น ขำเลิศ. 2522. หลักและวิธีการขยายพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 217 หน้า.
- สมเพียร เกษมทรัพย์. 2524. ไม้ดอกกระถาง. สำนักพิมพ์อักษรพิทยา, กรุงเทพฯ. 244 หน้า.
- สิริมา แทนนิล และปราโมทย์ ประจันปัจฉนิก. 2557. การปรับตัวของเกษตรกรจากปัญหาการปลูกมะพร้าวในเขตอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 40(1): 114-127.
- สุนทวิทย์ บุญนาค. 2540. การเจริญเติบโตและฮอริโมนพืช. สำนักพิมพ์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 354 หน้า.

- สุธีรา ชูบัณฑิต. 2557. ผักตบชวาปัญหาระดับชาติ: กฎหมายกำจัดผักตบชวา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://61.19.241.96/w3c/senate/pictures/content/file1408435896.pdf>. (15 มิถุนายน 2565).
- สุเทพ วัชรเวชศฤงคาร และณิฏฐา คุ่มโต. ม.ป.ป. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.nstda.or.th/agritec/wp-content/uploads/2021/04/microgreen-OK-N-compress.pdf>. (23 พฤษภาคม 2565).
- เหนียวคำ คำมีนาที. 2555. ผลของวัสดุปลูกอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นกล่ำมะเขือเทศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 117 หน้า.
- อมรรัตน์ ภูไพบูลย์, พจนา ตระกูลสุวรรณ์ และพีระวรรณ วัฒนวิภาส. 2552. ผลงานวิจัยและพัฒนา ปี 2552 เรื่อง ปฏิบัติการของพันธุ์หน้าวัวลูกผสมต่อโรคเน่าดำ. คลังผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 2459 หน้า.
- อภิชาติ ศรีสอาด และพัชรี สำโรงเย็น. 2558. เมล็ดงอกเพื่อสุขภาพทำเงิน. สำนักพิมพ์นาคาอินเตอร์มีเดีย, กรุงเทพฯ. 136 หน้า
- เอกรินทร์ สารีพั่ว, ปริญดา แข็งขัน และชยพร แอคะรัตน์. 2561. ผลของพันธุ์และวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในการผลิตต้นอ่อนผักบุ้ง. วารสารแก่นเกษตร 46(3): 543-548.
- Akendo, I.C.O, L.O. Gumbe and A.N. Gitau. 2008. Dewatering and drying characteristic of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) petiole. Part 1. Dewatering characteristics. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal 10: 1-14.
- Anil, V.S. and K.S. Rao. 2001. Calcium-mediated signal transduction in plants: a perspective on the role of Ca^{2+} and CDPKs during early plant development. Journal of Plant Physiology 158: 1237-1256.
- AVRDC. 2000. Smoked Rice Hulls as a Planting Medium for Seedlings. ECHO Asia Notes 69: 4.
- Bush, D.S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 46: 95-122.
- Davies, R.M. and U.S. Mohammed. 2011. Moisture-dependent engineering properties of water hyacinth parts. Singapore Journal of Scientific Research 1: 253-263.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies, Jr. and R.L. Geneve. 1997. Plant Propagation: Principles and Practices Sixth Edition. Prentice Hall PTR, New Jersey United States. 770 p.
- Hepler, P.K. 2005. Calcium: A central regulator of plant growth and development. The Plant Cell 17(8): 2142-2155.
- ISTA. 2013. Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition. The International Seed Testing Association, Switzerland. 47 p.
- Konstantinov, G. 1983. Transplantless growing of cv. Drouzhba tomatoes using pelleted seeds. Gradinarska I Lozarska Nauka 20(4): 53-57.
- Leopold, A.C., and P.E. Kriedemann. 1977. Plant Growth and Development. McGraw-Hill, New York. 545 p.
- Li, H., X. Li, G. Zhang, X. Weng, S. Huang, Y. Zhou, S. Zhang, L. Liu and J. Pei. 2022. The optimum calcium concentration for seedling growth of Mongolian pine (*Pinus sylvestris* var.

- Mongolica) under different soil types in northern semi-arid areas of China. *Frontier Environmental Science* 10: 1-10.
- Marty, W. and C. Hoffmann. 2010. Why Green Nutrition? Exploring the Nutritional Benefits of Wheat Grass for Pets. (Online). Available Source: <https://www.parallelinteractive.com/wp-content/uploads/2017/08/bellrock-growersebook.pdf>. (May 25, 2022).
- Mulaudzi, T., K. Hendricks, T. Mabiya, M. Muthevhuli, R.F. Ajayi, N. Mayedwa, C. Gehring and E. Iwuoha. 2020. Calcium improves germination and growth of *Sorghum Bicolor* seedlings under salt stress. *Plants* 9(6): 730.
- Neethu S.K., M. Megha, M.N. Anju and S.N. Arun. 2016. Green blood therapy of wheat grass - Nature's finest medicine'- A literature review. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 11(2): 57-64.
- Niroka, P., G. Panprayun and P. Peerakiatkhajohn. 2022. Performance of a solar greenhouse dryer for water hyacinth. *International Energy Journal* 22(2): 167 – 176.
- Pajak, P., R. Socha, D. Galkowska, J. Roznowski and T. Fortuna. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 143: 300-306.
- Paśko, P., H. Barton', P. Zagrodzki, S. Gorinstein, M. Folta, and Z. Zachwieja. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry* 115(3): 994-998.
- Sotolu, A.O. 2010. Management and utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for improved aquatic resources. *Fisheries Society of Nigeria* 0006: 162-170.
- Tyagi, V., S. Pandit, A. Sharma and R.K. Gupta. 2017. Extraction and characterization of silica from rice husk for use in food industries. *International Journal of Food Science and Nutrition* 2(4): 50-53.
- Vidya, S. and L. Girish. 2014. Water hyacinth as a green manure for organic farming. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences* 2: 65-72.
- Villaluenga, C. M., E. Penas, E. Ciska, M. K. Piskula, H. Kozłowska, C. V. Valverde and J. Frias. 2010. Time dependence of bioactive compounds and antioxidant capacity during germination of different cultivars of broccoli and radish seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 120(3): 710-716.
- Wigmore, A. 1985. *The Wheatgrass Book: How to Grow and Use Wheatgrass to Maximize Your Health and Vitality*. Avery Publishing Group Inc., United States. 126 p.

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดง (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) แบบสเตอริไลซ์

Antioxidant Activity, Phenolic Composition and Consumer Satisfaction of Ya-nang-dang (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) Sterilized Herbal Drink

อัญชนา รอดรุ่งนุก^{1*} และพันทิพา ลิมสงวน²

Aunchana Rodrungkun^{1*} and Pantipa Limsanguan²

Received: December 20, 2022

Revised: March 27, 2023

Accepted: April 3, 2023

Abstract: Ya-nang-dang (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) is a medicinal plant with a variety of pharmacological studies reported. Several bioactive compounds have been reported to promote health in human. The objectives of this study were to develop a sterilized Ya-nang-daeng herbal drink and to determine its biological properties, total phenolic compounds, antioxidant activity and consumer satisfaction (sensory quality test). The herbal drink taste was adjusted with stevia powder and divided into 3 formulas: natural flavor, less sweet taste and sweet taste. The results showed that the total phenolic compounds (TPC) per milligram of Ya-nang-dang herbal drink were 1.61, 1.52 and 1.39 µgGAE/mL, respectively. Considering the serving size (180 mL), the TPC were 289.8, 273.6 and 250.2 µgGAE respectively. The antioxidant activity per serving was 13,950, 16,972 and 18,819 µmolTE. The consumer satisfaction test using a 7-point scale in 60 healthy volunteers showed that the participants were most satisfied with natural flavored beverages, followed by less sweet and sweet flavors with a value of 5.68, 5.11 and 4.81, respectively.

Keywords: *Bauhinia strychnifolia* Craib., antioxidant activity, phenolic compounds, consumer satisfaction

บทคัดย่อ: ย่านางแดง (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) เป็นพืชสมุนไพรที่มีรายงานการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา รวมถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย และส่งผลดีต่อร่างกายมนุษย์ การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุขวดแบบสเตอริไลซ์ และทดสอบคุณสมบัติทางชีวภาพ สารประกอบฟีนอลิกรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องดื่ม ได้ปรับรสชาติเครื่องดื่มสมุนไพรดังกล่าวด้วยหญ้าหวานชนิดผงแบ่งออกเป็น 3 สูตร ดังนี้คือ รสธรรมชาติ รสหวานน้อย และรสหวาน โดยทดสอบคุณสมบัติทางชีวภาพและทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องดื่ม ผลการศึกษาพบว่าเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงทั้ง 3 สูตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมต่อมิลลิกรัมตัวอย่างเท่ากับ 1.61, 1.52 และ 1.39 มิลลิกรัมแกลลิกต่อมิลลิกรัม และเมื่อพิจารณาต่อ 1 หน่วยบริโภค (180 มิลลิกรัม) พบว่ามีค่าเท่ากับ 289.8, 273.6 และ 250.2 มิลลิกรัมแกลลิกต่อหน่วยบริโภค

¹ วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

¹ Chulabhorn International College of Medicine, Thammasat University, Rungsit Campus, Pathum Thani 12120, Thailand

² คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

² Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathum Thani 12130, Thailand

* Corresponding author: Ard@staff.tu.ac.th

ตามลำดับ อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อ 1 หน่วยบริโภค เท่ากับ 13,950, 16,972 และ 18,819 ไมโครโมลาร์โทรีลลิกซ์ต่อหน่วยบริโภค จากการทดสอบการซึมใช้สเกลแบบ 7 ระดับคะแนนในอาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 60 คน พบว่าผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจเครื่องดื่มรสธรรมชาติมากที่สุด รองลงมาคือ รสหวานน้อย และ รสหวาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.68, 5.11 และ 4.81 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ย่านางแดง, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, สารประกอบฟีนอลิก, ความพึงพอใจของผู้บริโภค

คำนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องดื่มที่ผลิตจากสมุนไพรหลากหลายชนิดซึ่งมีสารสำคัญในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ส่งผลดีต่อสุขภาพในระยะยาว ทั้งนี้สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในเซลล์และช่วยกำจัดอนุมูลอิสระที่ร่างกายสร้างขึ้น โดยทั่วไปการสร้างอนุมูลอิสระเกิดขึ้นตลอดเวลา แต่พบว่าร่างกายมีกลไกในการป้องกันตนเองและสามารถช่วยลดความรุนแรงที่เกิดจากอนุมูลอิสระได้โดยอาศัยสารต้านอนุมูลอิสระ (อริป, 2562) ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งในรูปแบบสารธรรมชาติและแบบสังเคราะห์ แต่กลับพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระแบบสังเคราะห์ในกลุ่ม butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) และ tertiary butyl hydroquinone (TBHQ) ส่งผลเชิงลบต่อร่างกายรวมถึงก่อให้เกิดเซลล์มะเร็งเมื่อรับประทานเป็นระยะเวลานาน (El-Anany and Ali 2013; Ahmed *et al.*, 2021) ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากสารต้านอนุมูลอิสระในรูปแบบสารจากธรรมชาติจึงเป็นวิธีการมีศักยภาพสูง และลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้สารดังกล่าวในรูปสารสังเคราะห์ (Kosanich *et al.*, 2020) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารประกอบที่พบได้ในพืชตามธรรมชาติ สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์และโพลีฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารที่พบได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ไวรัส ต้านการอักเสบ การแพ้ รวมถึงฤทธิ์ต้านการก่อมะเร็ง และลดความดันโลหิต ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Butkhop, 2012)

ย่านางแดง (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) จัดอยู่ในวงศ์ Leguminosae เป็นพืชเถาเลื้อยมีเหง้าหัวใต้ดิน ใบเดี่ยวรูปไข่มนรี ผิวใบเกลี้ยงและเป็นมันสีเขียว มีเส้นแขนงใบสีแดงคล้ำ ดอกเป็นหลอดกลวงสีแดง (Sato *et al.*, 2019) ย่านางแดงจัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางยาหลายประการจากภูมิปัญญาการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์แผนไทยกล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากย่านางแดงทั้งจากส่วนของใบ ลำต้นและราก การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของย่านางแดงพบว่าย่านางแดงมีฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านแบคทีเรีย แก้อักเสบและลดการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในร่างกาย (Luengthong, *et al.*, 2016; Kraithap, 2017; Sato *et al.*, 2019; Sukprasert *et al.*, 2021) ด้านการอักเสบ (Bunluepuech *et al.*, 2013) และลดการเกิดของโรคเบาหวาน (Noonong *et al.*, 2022) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบได้จากสารสกัดย่านางแดง ได้แก่ trilobatin, quercetin, 3,5,7,3,5-Pentahydroxyl-flavanonol-3-o- α -L-rhamnopyranoside, β -sitosterol, 3,5,7-Trihydroxy-chromone-3-o- α -L-rhamnopyranoside, stigma sterol และ gallic acid (Yuenyongsawad *et al.*, 2013; Sato *et al.*, 2019) ทั้งนี้มีรายงานชาชงย่านางแดงสามารถเพิ่มระดับเอนไซม์โคเลสเตอรอล ต้านพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาร์เมตในกลุ่มเกษตรกร (วิโรจน์ และ ดาริกา, 2554; Sukprasert *et al.*, 2021) นอกจากนี้เมื่อศึกษาความปลอดภัยของการใช้ย่านางแดงในมนุษย์ในรูปแบบของชาชงสมุนไพร พบว่า ไม่มีผลต่อค่า blood urea nitrogen (BUN), creatinine, serum glutamic oxaloacetic transaminase (SGOT), serum glutamate-pyruvate transaminase (SGPT)

และเม็ดเลือดขาว (white blood cell) (พรพิมล และคณะ, 2561; Sayompark *et al.*, 2013) จากผลงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่ายานางแดงเป็นพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเพื่อเป็นเครื่องดื่มสมุนไพรบรรจขวดสเตอริไลซ์ เพื่อประโยชน์ในการดูแลสุขภาพอันเนื่องมาจากคุณลักษณะทางเภสัชวิทยา สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะของยานางแดง แต่เนื่องด้วยเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงตามธรรมชาติจะมีรสชาติขม ดังนั้นในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงบรรจขวดสเตอริไลซ์ที่ปรับรสชาติด้วยหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* L.) ที่ระดับต่างๆ รวมถึงทดสอบคุณสมบัติทางชีวภาพ ปริมาณสารฟีนอลิกรวมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงแบบสเตอริไลซ์

อุปกรณ์และวิธีการ

การผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงบรรจขวดสเตอริไลซ์

ผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ โดยแบ่งออกเป็น 3 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1 เครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดง (รสธรรมชาติ) สูตรที่ 2 เครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงผสมหญ้าหวาน อัตราส่วน 2 กรัมต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร (รสหวานน้อย) และสูตรที่ 3 เครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงผสมหญ้าหวาน อัตราส่วน 4 กรัมต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร (รสหวาน) ผลิตโดยโรงงานบริการนวัตกรรมอาหาร (FISP) อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยนำสมุนไพรยานางแดงอบแห้ง (ใบและลำต้น) ที่ผ่านการปลูกในระบบปลอดสารเคมีที่ได้รับจากโรงพยาบาลกุดชุม อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร ต้มในน้ำดื่มในอัตราส่วนสมุนไพรยานางแดงอบแห้ง 20 กรัมต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตรเป็นเวลานาน 20 นาที จากนั้นเติมผงหญ้าหวานบดละเอียดที่มาจากใบหญ้าหวานผ่านการปลูกในระบบปลอดสารเคมีและอบแห้ง อัตราส่วน 2 และ 4 กรัมต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร ในเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงสูตรที่ 2 และ 3

ตามลำดับ กรองสารละลายที่ได้ บรรจุในขวดแก้วขนาดปริมาตร 180 มิลลิลิตร และนำเข้ากระบวนการสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิเคราะห์ค่าสี ($L^*a^*b^*$)

วิเคราะห์ค่าสี $L^*a^*b^*$ ของเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ ทั้ง 3 สูตร สูตรละ 4 ขวด ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น UltraScan VIS, Model: TTRAN (Total transmission) ค่าที่วัดได้ประกอบด้วย ค่า L^* หมายถึง ความสว่างของตัวอย่าง มีค่า 0-100 (มืด-สว่าง), ค่า a^* หมายถึง ความเป็นสีเขียว (-) และสีแดง (+) และ ค่า b^* หมายถึง ความเป็นสีน้ำเงิน (-) และเหลือง (+)

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable count)

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธีมาตรฐาน AOAC 010404 โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป Compact Dry TC for Total Viable Count (Nissui Pharmaceutical, Nissan Fishery Institute Co., Ltd., Japan) โดยนำเครื่องดื่มสมุนไพรยานางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตร สูตรละ 3 ขวด มาเจือจาง ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อในอัตราส่วน 1:10 (ตัวอย่าง:น้ำกลั่น) โดยปริมาตร จากนั้นนำตัวอย่างเจือจางที่ได้มา spread plate บนอาหารทดสอบ ตัวอย่างละ 3 ขวด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้น บันทึกผลเป็นปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่อมิลลิลิตร (total viable count, หน่วยก่อรูปเป็นโคโลนีต่อมิลลิลิตร)

ชุดทดสอบ Compact Dry TC for Total Viable Count เป็นชุดทดสอบที่ผ่านมาตรฐานตามที่ AOAC กำหนด (010404) มีประสิทธิภาพในการทดสอบความสามารถในการเจริญเป็นโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ชนิด aerobic colony count สำหรับการทดสอบการปนเปื้อนในอาหารทุกชนิดเพื่อทดแทนการทดสอบแบบ standard plate count agar สามารถประเมินการเกิดโคโลนีในเชื้อแบคทีเรียประเภท aerobic ชนิด *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* และ

Lactobacillus lactis อาศัยสมบัติของสัญญาณรีด็อกของเกลือ tetrazolium ส่งผลให้แบคทีเรียที่เจริญได้บนอาหารสร้างโคโลนีเป็นสีแดงและนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น

ปริมาณยีสต์และรา

วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราทั้งหมดตามวิธีมาตรฐาน AOAC 100401 โดยใช้ชุดทดสอบสำเร็จรูป Compact Dry YM Yeast and Mould (Nissui Pharmaceutical, Nissan Fishery Institute Co., Ltd., Japan) โดยนำเครื่องตีผสมนั้ไพรยานางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตร สูตรละ 3 ขั้ว มาเจือจาง ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ในอัตราส่วน 1:10 (ตัวอย่าง:น้ำกลั่น) โดยปริมาตร นำตัวอย่างเจือจางที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตรผสมกับสารละลาย peptone เข้มข้น 0.1% ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตรหยดลงบนอาหารทดสอบ ตัวอย่างละ 3 ขั้ว บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จึงนับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราที่เกิดขึ้น บันทึกผลเป็นปริมาณยีสต์และราต่อมิลลิลิตร (total yeast and mold, CFU/mL)

ชุดทดสอบสำเร็จรูป Compact Dry YM Yeast and Mould (Nissui Pharmaceutical, Nissan Fishery Institute Co., Ltd., Japan) เป็นชุดทดสอบที่ผ่านมาตรฐานตามที่ AOAC กำหนด (100401) อาหารทดสอบจะมีส่วนประกอบหลักคือ Chromagenic enzyme substrate X-Phos potato dextrose agar ซึ่งจะให้ผลการเจริญโคโลนีของยีสต์เป็นสีฟ้า และเชื้อรามีลักษณะเป็นเส้นใย (cotton-like colony)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic compounds)

วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากเครื่องตีผสมนั้ไพรยานางแดงบรรจุในขวดแก้ว แบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตร สูตรละ 4 ขั้ว โดยวิธี HPLC-PDA (Sangta *et al.*, 2021) นำตัวอย่างเครื่องตีผสมนั้ไพรแต่ละสูตรกรองผ่านแผ่นเมมเบรนที่มีรูขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก นำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 30 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu

reagent ปริมาตร 60 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่นละลาย 6.0% w/v saturated sodium bicarbonate ปริมาตร 120 ไมโครลิตรเพื่อปรับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง บ่มในที่มืดเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (รุ่น NanoDropTM Eighth Microvolume UV-Vis, Thermo Scientific) ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ gallic acid ที่ความเข้มข้น 10-200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รายงานปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเป็น มิลลิกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตร (mgGAE/mL)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging assay

วิเคราะห์หาปริมาณสารต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity assay ดัดแปลงจากวิธีการของ Brand-Williams *et al.* (1995) โดยนำตัวอย่างเครื่องตีผสมนั้ไพรปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นละลาย DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (รุ่น NanoDropTM Eighth Microvolume UV-Vis, Thermo Scientific) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารต้านออกซิเดชัน โดยการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างกับสารมาตรฐาน Trolox ปริมาณสารต้านออกซิเดชันที่ได้แสดงในหน่วย ไมโครโมลาร์ Trolox Equivalent (TE) ต่อมิลลิลิตร

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องตีผสมนั้ไพรยานางแดงสูตรต่างๆ ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยแบบทดสอบการชิมใช้สเกลแบบ 7 ระดับคะแนน (7 point Hedonic Scale) แปลผลค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์คะแนน ดังนี้ 1-1.49 หมายถึง ไม่ชอบมาก 1.50-2.49 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 2.50-3.49 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 3.50-4.49 หมายถึง กึ่งกลางระหว่างชอบและไม่ชอบ 4.50-5.49 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 5.50-6.49 หมายถึง ชอบปานกลาง และ 6.50-7.00 หมายถึง ชอบมาก ผู้ทดสอบการชิมเป็นอาสาสมัครสุภาพดีจำนวน

60 คน โดยมีคุณสมบัติในการพิจารณาซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ขนาดบรรจุ และความชอบโดยรวม อาสาสมัครแต่ละคนทดสอบการชิมเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงจำนวน 3 สูตร

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงในงานวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในคนโดยสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาแพทยศาสตร์ (Approved number: MTU-EC-00-4-248/63)

วิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป IBM SPSS version 25

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

เมื่อวิเคราะห์ค่าสี $L^*a^*b^*$ ของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 รสธรรมชาติ, สูตรที่ 2 รส

หวานน้อย และสูตรที่ 3 รสหวาน ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น UltraScan VIS, Model: TTRAN (total transmission) พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของตัวอย่างสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยความสว่างเท่ากันที่ระดับ 65.90 และสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.13 ค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง (a^*) ของตัวอย่างทั้ง 3 สูตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.18, 16.77 และ 17.32 ตามลำดับ และค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง (b^*) ของตัวอย่างทั้ง 3 สูตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.77, 46.03 และ 45.44 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตรมีค่าเฉลี่ยของค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง (b^*) ใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ผลค่าเฉลี่ยที่ได้ทางสถิติด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าค่า $L^*a^*b^*$ ของตัวอย่างเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) แสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มในสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่มีการเติมหญ้าหวานอบแห้งแบบผงเพื่อเพิ่มรสหวานให้แก่เครื่องดื่มไม่ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพเมื่อพิจารณาจากค่าสี $L^*a^*b^*$ ของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตร

Table 1 $L^*a^*b^*$ profile in sterilized Ya-nang-dang (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) herbal drink

Formula	L^*	a^*	b^*
1 (original)	69.50 ±0.02	17.18 ±0.04	45.77 ±0.01
2 (less sweet)	69.50 ±0.02	16.77 ±0.04	46.03 ±0.01
3 (sweet)	69.13 ±0.22	17.32 ±0.02	45.44 ±0.01
Significant	ns	ns	ns

Means ±SD with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$), ns is not significantly different ($p > 0.05$) according to DMRT.

การวิเคราะห์คุณภาพทางชีวภาพ

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์พบว่า เครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงทั้ง 3 สูตรมีจำนวนโคโลนีของเชื้อ

จุลินทรีย์ต่ำกว่า 10 หน่วยก่อรูปเป็นโคโลนีต่อมิลลิลิตร (Table 2) ซึ่งมีค่าตามมาตรฐานอาหารที่กำหนดไว้โดย AOAC แสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงทั้ง 3 สูตร ที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์สามารถลดจำนวน เชื้อจุลินทรีย์ประเภท

aerobic ชนิด *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* และ *Lactobacillus lactis* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาจำนวนโคโลนีของยีสต์และราที่เกิดขึ้นพบว่า เครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงทั้ง 3 สูตรมีจำนวนโคโลนีรวม ของยีสต์และ

รา มีค่าต่ำกว่า 10 หน่วยก่อรูปเป็นโคโลนีต่อมิลลิลิตร (Table 2) ซึ่งมีค่าตามมาตรฐานอาหารที่กำหนดไว้โดย AOAC แสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงทั้ง 3 สูตรที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์สามารถลดจำนวนยีสต์และเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 2 Total viable count, yeast and mold in sterilized Ya-nang-dang (*Bauhinia strychninifolia* Craib.) herbal drink (CFU/mL)

Formula	Total viable count (CFU/mL)	Yeast and mold (CFU/mL)
1 (original)	<10	<10
2 (less sweet)	<10	<10
3 (sweet)	<10	<10

ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (total phenolic compounds) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ตรวจสอบได้จากเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตรพบว่า สาร gallic acid มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1.61, 1.52 และ 1.39 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงสูตรที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ และ caffeic acid มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.25 และ 0.42 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงสูตรที่ 2 และ 3 แต่ไม่สามารถตรวจพบได้ในเครื่องดื่มสูตรที่ 1 เมื่อพิจารณาสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ พบว่าสาร epicatechin มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1.03, 1.09 และ 1.10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงสูตรที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ รองลงมาคือสาร quercetin ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.06 และ 1.03 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงสูตรที่ 2 และ 3 แต่ไม่สามารถตรวจพบได้ในเครื่องดื่มสูตรที่ 1 และไม่สามารถตรวจพบสาร catechin ได้จากเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงทั้ง 3 สูตร (Table 3) เมื่อพิจารณาปริมาณ gallic acid ที่มีค่าลดลงในเครื่องดื่มสูตรที่ 2 และ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ

gallic acid ที่พบในเครื่องดื่มสูตรที่ 1 พบว่าค่าลดลงตามปริมาณของหญ้าหวานชนิดผงที่เพิ่มขึ้น การเติมหญ้าหวานชนิดผงส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของปริมาณ gallic acid ที่ตรวจสอบได้ แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณของ epicatechin, caffeic acid catechin และ quercetin (Peres-Ramirez *et al.*, 2015) สอดคล้องกับผลการศึกษาในการผลิตเครื่องดื่ม white tea ที่มีการเติมและไม่เติมหญ้าหวานชนิดผง (Castaneda-Saucedo *et al.*, 2020) โดยความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องดื่มที่มีการเติมหญ้าหวานชนิดผงกับการลดลงของปริมาณ gallic acid ที่ตรวจสอบได้ยังไม่มีรายงานถึงสาเหตุ จำเป็นต้องอาศัยการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังกล่าวต่อไปในอนาคต และเมื่อพิจารณาปริมาณของ caffeic acid และ quercetin ที่พบในเครื่องดื่มสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของหญ้าหวานชนิดผงที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถตรวจพบได้ในเครื่องดื่มสูตรที่ 1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้ง 2 ชนิดตรวจพบได้จากหญ้าหวานชนิดผงเท่านั้น ซึ่งให้ผลที่แตกต่างจากรายงานการทดสอบการสกัดสารขึ้นน้ำและเอทานอลที่พบปริมาณสาร quercetin ในปริมาณค่อนข้างสูง (Itharat *et al.*, 2016) ทั้งนี้อาจเกิดจากปัจจัยของปริมาณของวัตถุดิบเริ่มต้นที่ใช้

แหล่งเพาะปลูก ฤดูกาลและวิธีการสกัดสารสำคัญ (Chamchan *et al.*, 2019; Urias-Orona and Niño-Medina, 2019; Castaneda-Saucedo *et al.*, 2020) โดยจากการรายงานของ Sytar *et al.* (2016)

และ Das *et al.* (2022) พบสาร caffeic acid และ quercetin ในสารสกัดชั้นน้ำของหญ้าหวานมีปริมาณของสารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งเพาะปลูกที่แตกต่างกัน

Table 3 Phenolic compounds profile in sterilized Ya-nang-dang (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) herbal drink by HPLC-PDA expressed as $\mu\text{g/mL}$.

Formula	Gallic acid	Catechin	Epicatechin	Caffeic acid	Quercetin
1 (original)	1.61 ^a ±0.02	Nd	1.03 ^a ±0.00	Nd	Nd
2 (less sweet)	1.52 ^b ±0.01	Nd	1.09 ^b ±0.02	0.25 ^a ±0.02	1.06 ^a ±0.01
3 (sweet)	1.39 ^a ±0.00	Nd	1.10 ^b ±0.01	0.42 ^b ±0.00	1.30 ^b ±0.04

Means ±SD with different letters in the same column are significantly different ($p < 0.05$), Nd is not detected

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (total phenolic compound, TPC) ของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงสูตรที่ 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 1.61, 1.52 และ 1.39 ไมโครกรัมแกลลิกต่อมิลลิลิตร (μg gallic acid equivalence per milliliter) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการศึกษาการสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์รวมจากสารสกัดชั้นน้ำจากใบย่านางแดงพบว่าให้ปริมาณ gallic acid เท่ากับ 197.8 มิลลิกรัมต่อกรัมสารสกัด (วิสาสินี, 2560) ที่มีค่าสูงกว่าโดยเป็นผลจากปริมาณวัตถุดิบของย่านางแดงที่ใช้เริ่มต้นการทดสอบมีอัตราส่วน

ที่ต่างกัน สำหรับการผลิตในรูปแบบเครื่องดื่มสมุนไพรผ่านกระบวนการ สเตอริไลซ์ ใช้อัตราของใบย่านางแดงต่อน้ำเท่ากับ 0.02 กรัมต่อมิลลิลิตร รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสกัดสารสำคัญในย่านางแดง ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลายและอุณหภูมิ ที่ใช้ในกระบวนการสกัดสารโดยเครื่องดื่มที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเช่น การพาสเจอร์ไรส์จะตรวจพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่ต่ำกว่าเครื่องดื่มที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ (นฤมล และ ศศิธร, 2550)

Table 4 Total phenolic compounds (TPC) and antioxidant activity per milliliter and serving size of sterilized Ya-nang-dang (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) herbal drink

Formula	1 (Original)	2 (Less sweet)	3 (Sweet)
Per mL			
Total phenolic compound (μgGAE)	1.61±0.02	1.52±0.01	1.39±0.00
DPPH radical scavenging activity ($\mu\text{molTE/mL}$)	77.05	94.29	104.55
Per 180 mL serving size			
Total phenolic compound (μgGAE)	289.8	273.6	250.2
DPPH radical scavenging activity ($\mu\text{molTE/mL}$)	13,950	16,972	18,819

Data are expressed as mean ± standard error

GAE = gallic acid equivalent, TE = Trolox equivalent

เมื่อพิจารณาสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 รสธรรมชาติ, สูตรที่ 2 รสหวานน้อยและสูตรที่ 3 รสหวาน ต่อ 1 หน่วยบริโภค (serving size) ในปริมาณ 180 มิลลิลิตร (Table 4) พบว่า สารประกอบฟีนอลิกรวมต่อ 1 หน่วยบริโภคของเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุในขวดแก้วแบบสเตอริไลซ์ทั้ง 3 สูตรมีค่าเท่ากับ 289.8, 273.6 และ 250.2 µgGAE

ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อ 1 หน่วยบริโภค เท่ากับ 13,950, 16,972 และ 18,819 µmolTE **คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

เปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมการทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Table 5 Mean and standard deviation of sensory characteristics in terms of color, smell, taste, texture, packaging, quality and overall preference of the participants on the formula 1, 2 and 3 of Ya-nang-dang (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) herbal drink. (n=60)

Formula	Color	Smell	Taste	Texture	Package	Volume	Overall
	ns	ns		ns	ns	ns	
1 (original)	5.51 ^{ns} ±1.29	5.54 ^{ns} ±1.29	5.18 ^a ±1.33	5.68 ^{ns} ±1.22	5.65 ^{ns} ±1.43	6.10 ^{ns} ±0.91	5.68 ^a ±0.98
2 (less sweet)	5.33±1.38	5.16±1.41	4.70 ^{ab} ±1.79	5.40±1.33	5.68±1.42	6.01±1.03	5.11 ^b ±1.47
3 (sweet)	5.20±1.41	5.00±1.43	4.28 ^b ±1.86	5.25±1.50	5.65±1.41	6.01±0.98	4.81 ^b ±1.69

Means with different letters in the same column are significantly different (p<0.05), (n = 60) according to DMRT.

วิเคราะห์คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสด้านสี (color) กลิ่น (smell) รสชาติ (taste) เนื้อสัมผัส (texture) บรรจุภัณฑ์ (package) ปริมาตรต่อหน่วยบริโภค (volume) และความชอบโดยรวม (overall) ของผู้เข้าร่วมทดสอบที่มีต่อเครื่องดื่มสมุนไพรย่านางแดงทั้ง 3 สูตร ได้แก่ รสธรรมชาติ (original) รสหวานน้อย (less sweet) และรสหวาน (sweet) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พบว่าคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส บรรจุภัณฑ์ และปริมาตรต่อหน่วยบริโภค ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อแปลผลค่าเฉลี่ย (Table 5) คุณลักษณะด้านสี มีค่าระหว่าง 5.20 ถึง 5.51 แสดงถึงผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจในระดับกึ่งกลางระหว่างชอบและไม่ชอบ คุณลักษณะด้านกลิ่น มีค่าระหว่าง 5.00 ถึง 5.54 แสดงถึงผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจในระดับกึ่งกลางระหว่างชอบและไม่ชอบ คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส สูตรที่ 1

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.68 แสดงถึงผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจในระดับชอบปานกลาง และมีความพึงพอใจในระดับกึ่งกลางระหว่างชอบและไม่ชอบ สำหรับสูตรที่ 2 และ 3 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.40 และ 5.25 ตามลำดับ สำหรับคุณลักษณะด้านบรรจุภัณฑ์ และปริมาตรต่อหน่วยบริโภค มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.65 ถึง 5.68 และ 6.01 ถึง 6.10 ตามลำดับ แสดงถึงผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจในระดับชอบปานกลาง ในเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตร และเมื่อวิเคราะห์คุณลักษณะด้านรสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่าทั้ง 2 ลักษณะมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยคุณลักษณะด้านรสชาติเครื่องดื่มสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.18 รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และ 4.27 แสดงถึงผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจในระดับชอบเล็กน้อยในเครื่องดื่มทั้ง 3 สูตร คุณลักษณะความชอบโดยรวม เครื่องดื่มสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.68 รองลงมาคือสูตรที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.11 และ 4.81 แสดงถึงผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจในระดับชอบปานกลางในเครื่องต้มสุตรที่ 1 และชอบเล็กน้อยในเครื่องต้มสุตรที่ 2 และ 3 และเมื่อพิจารณาแนวโน้มค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะที่ทดสอบทั้งหมดประกอบกันแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมทดสอบมีความพึงพอใจเครื่องต้มสุตรที่ 1 รสธรรมชาติมากที่สุด รองลงมาคือสุตรที่ 2 รสหวานน้อย และสุตรที่ 3 รสหวาน ตามลำดับ

สรุป

การพัฒนาเครื่องต้มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุขวดสเตอริไลซ์ เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางชีวภาพ คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แสดงให้เห็นว่าเครื่องต้มสมุนไพรย่านางแดงบรรจุขวดสเตอริไลซ์เป็นเครื่องต้มที่มีคุณสมบัติออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกหลากหลายชนิดอันได้แก่ gallic acid, epicatechin, caffeic acid และ quercetin เป็นองค์ประกอบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของเครื่องต้มสุตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือสุตรที่ 2 และ 3 ตามลำดับ สำหรับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เครื่องต้มสุตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือสุตรที่ 2 และ 1 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าผู้เข้าร่วมการทดสอบมีระดับความพึงพอใจโดยรวมต่อเครื่องต้มในระดับที่ดี โดยมีความพึงพอใจเครื่องต้มรสธรรมชาติมากที่สุด รองลงมาคือรสหวานน้อย และรสหวานตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับคุณลักษณะด้านรสชาติ นอกจากนี้กระบวนการฆ่าเชื้อโดยผ่านโดยกรรมวิธีสเตอริไลซ์สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาเครื่องต้มให้นานยิ่งขึ้นเหมาะกับการผลิตในเชิงการค้าแต่มีส่วนสำคัญในการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องต้ม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการทดสอบด้านประสาทสัมผัสทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบเป็นอย่างดี งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนแผนบูรณาการพัฒนาศักยภาพวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

- พรพิมล ตั้งเจียวลี, นันทพงศ์ ขำทอง และ ธีรทัศน์ สุดสาย. 2561. การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและความเป็นพิษเฉียบพลันของต้นย่านางแดง. Rangsit Graduate Research Conference: RGRC 13: 3122-3130.
- นฤมล น้อยหวาน และศศิธร จันทนวรารังกูร. 2550. ผลกระทบของการแปรรูปต่อคุณสมบัติการต้านออกซิเดชันในบัวบก. หน้า 681-688. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วิโรจน์ เลิศพงศ์พิพัฒน์ และดาริกา ไชยคุณ. 2554. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลในการเพิ่มระดับเอนไซม์โคเลสเตอรอลในกระแสดื่อกระหว่างสมุนไพรรางจืดและย่านางแดงในกลุ่มเกษตรกร. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น 18(3): 49-58.
- วิลาสสินี หิรัญพานิช ชาติตะ. 2560. การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดน้ำจากใบย่านางแดงในการยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสและฤทธิ์ลดระดับกรดยูริกในเลือดของหนูทดลองที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะเกาต์โดยการให้สารออกซิเจน. สำนักงานบริหารกองทุนภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพมหานคร. 180 หน้า.
- อชิป สกุลเผือก. 2562. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องทางเภสัช. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล <https://ccpe.pharmacycouncil.org>. (3 มีนาคม 2562).
- Ahmed, S., A. Jubair, M.A. Hossain, M.M. Hossain, M.S. Azam and M. Biswas.

2021. Free radical-scavenging capacity and HPLC-DAD screening of phenolic compounds from pulp and seed of *Syzygium claviflorum* fruit. *Journal of Agriculture and Food Research* 6: 1-7.
- Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C.L.W.T. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* 28: 25-30.
- Bunluepuech, K., W. Chatchai, F. Madaka and S. Tewtrakul. 2013. Anti-HIV-1 integrase and anti-allergic activities of *Bauhinia strychnifolia*. *Songklanakarin Journal of Science Technology* 35(6): 659-664.
- Butkhup, L. 2012. Dietary polyphenols and their biological effects. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University* 30: 443-455.
- Castaneda-Saucedo, M.C., J.P. Ramirez-Anaya, E. Tapia-Campos and E.G. Diaz-Ochoa. 2020. Comparison of total phenolic content and antioxidant activity of herbal infusions with add *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Food Science Technolgy* 40(1): 117-123.
- Chamchan, R., S. Charoenkiatkul, P. Thiyajai, W. Suwaneatatna, U. Suttisansanee, W. Srichamnong and N. On-nom. 2019. Development of dried chili paste with added indigenous herbs from conserved area of plant genetic conservation at Kanchanaburi province. *Walailak Journal of Science and Technology* 16(5): 361-368.
- Das, M., S.M.B. Asdaq, M. Saifulla Khan, S. Singirikonda, A.S. Alamri, W.F. Alsanie, M. Alhomrani, S. Nagaraja and K.N. Venugopala. 2022. Phytochemical analysis, estimation of quercetin and *in vitro* anti-diabetic potential of stevia leaves samples procured from two geographical origins. *International Journal of Experimental Botany (Phyton)* 91(10): 2349-2365.
- El-Anany, A.M. and R.F. Ali. 2013. Biochemical and histopathological effects of administration various levels of Pomposia (*Syzygium cumini*) fruit juice as natural antioxidant on rat health. *The Journal of Food Science and Technology* 50: 487-495.
- Itharat, A., S. Sayompark, P. Hansakul and B. Dechayont. 2016. *In vitro* antioxidant activities of extracts of *Bauhinia strychnifolia* stems and leaves: comparison with activities in green tea extracts. *Medicinal and Aromatic Plants* 5: 1-7.
- Kosanic, M., N. Petrovic and T. Stanojkovic. 2020. Bioactive propoties of *Clitocybe geotropa* and *Clitocybe nebularis*. *Journal of Food Measurement and Characterization* 14: 1046-1053.
- Kraithep, S. 2017. Antioxidant and antimicrobial activity of *Bauhinia strychnifolia* Craib stem extract against oral pathogens. *Royal Thai Army Medical Journal* 70(2): 73-79.
- Luengthong, N., C. Lin, V. Muangman and S. Wongyai. 2016. Preliminary study of the effect of *Bauhinia strychnifolia* Craib on blood alcohol levels in healthy volunteers. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines* 12(2): 177-188.

- Noonong, K., K. Pranweerapaiboon, K. Chaithirayanon, K. Surayarn, P. Ditracha, N. Changklungmoa, P. Kueakhai, P. Hiransai and K. Bunluepuech. 2022. Antidiabetic potential of *Lysiphyllum strychnifolium* (Craib) A. Schmitz compounds in human intestinal epithelial Caco-2 cells and molecular docking-based approaches. BMC Complementary Medicine and Therapies 22: 235-240.
- Peres-Ramirez, I.F., E. Castano-Tostado, J.A. Ramirez-de Leon, N.E. Rocha-Guzman and R. Reynoso-Camacho. 2015. Effect of stevia and citric acid on the stability of phenolic compounds and *in vitro* antioxidant and antidiabetic capacity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) beverage. Food Chemistry 172: 885-892
- Sangta, J., M. Wongkaew, T. Tangpao, P. Withee, S. Haituk, C. Arjin, K. Sringarm, S. Hongsibsong, K. Sutan, T. Pusadee, S.R. Sommano and R. Cheewangkoon. 2021. Recovery of phenolic fraction from arabica coffee pulp and its antifungal application. Plants 10: 1422.
- Sato, V.H., S. Chewchinda and N. Nuamnaichati. 2019. Pharmacological mechanisms of the water leaves extract of *Lysiphyllum strychnifolium* for its anti-inflammatory and anti-hyperuricemic actions for gout treatment. Pharmacognosy Magazine 15: 98-106.
- Sayompark, S., A. Itharat, and P. Hansakul. 2013. Comparative study of antioxidant activities and total phenolic content of *Bauhinia strychnifolia* leaves extracts. Mahidol university. Bangkok. 128p.
- Sukprasert, S., K. Pansuksan, and K. Sriyakul. 2020. *Lysiphyllum strychnifolium* (Craib) A. Schmitz extract, a novel neuraminidase inhibitor of avian influenza virus subtype H5N1. The Journal of Herbal Medicine 20: doi.org/10.1016/j.hermed.2020.100330.
- Sukprasert, S., R. Deenonpoe, T. Yimsoo, W. Yingmema, S. Prasopdee, A. Krajang, N. Kornthong, J. Pattaraarchachai and S. Daduang. 2021. Antidote activity and protective effects of *Lysiphyllum strychnifolium* (Craib) A. Schmitz extract against organophosphate pesticide in omethoate-treated rats. Journal of Traditional and Complementary Medicine 11: 189-196.
- Sytar, O., A. Borankulova, Y. Shevchenko, A. Wendt and I. Smetanska. 2015. Antioxidant activity and phenolics composition in *Stevia rebaudiana* plants of different origin. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences 16(3): 221-224.
- Urias-Orona, V. and G. Niño-Medina. 2019. Changes in phenolics and antioxidant capacity during short storage of ready-to-drink green tea (*Camellia sinensis*) beverage at commercial conditions. Bragantia Campinas 78(1): 141-145.
- Yuenyongsawad, S., K. Bunluepuech, C. Wattanapiromsakul and S. Tewtrakul. 2013. Anti-cancer activity of compounds from *Bauhinia strychnifolia* stem. Journal of Ethnopharmacology 150: 765-769.

อัตราและเวลาที่เหมาะสมของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการปลูกหน่อไม้ฝรั่ง Appropriate Rates and Timing of Nitrogen Fertilizer Application for Asparagus Cultivation

จารุวรรณ จินดาวงศ์¹ และวิภาวรรณ ท้ายเมือง^{1*}

Jaruwan Jindawong¹ and Wipawan Thaymuang^{1*}

Received: February 1, 2023

Revised: April 12, 2023

Accepted: April 19, 2023

Abstract: This study aimed to investigate the appropriate nitrogen (N) fertilizer management for asparagus cultivated on Kamphaeng Saen soil series at Rang Phikun Subdistrict, Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province. The investigation was arranged as 4x2 factorial experiment in randomized complete block design with 3 replications, composed of 2 factors as follows: (1) N fertilizer rate (4 rates at 12, 18, 24 and 30 kg N/rai) and (2) application (after asparagus fern was cut, and harvesting). In both methods, N fertilizers were applied 2 times at 2 weeks interval. The results showed that application of N fertilizer at the rate of 30 kg N/rai after cutting asparagus fern gave the highest total asparagus spear yield of 1,002 kg/rai. This yield consisted of grade A and B at 307 and 334 kg/rai, while the number of asparagus spears as grade A and B were 14,045 and 28,267 spears/rai, respectively. The application of fertilizer at 30 kg N/rai showed the number of spears and yield in both grades significantly higher than those of the other fertilizer rates. Moreover, the application of N fertilizer at 30 kg N/rai gave the highest income. Therefore, this fertilizer rate is applicable for asparagus cultivation in Kamphaeng Saen soil series.

Keywords: nutrient management, nitrogen rate, Kamphaeng Saen soil series

บทคัดย่อ: การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหน่อไม้ฝรั่งในชุดดินกำแพงแสน ที่ ต.รางพิกุล อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x2 Factorial in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา (12 , 18 , 24 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่) และปัจจัยที่ 2 เวลาใส่ปุ๋ย 2 แบบ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ทุกๆ 2 สัปดาห์ (ใส่ปุ๋ยหลังตัดต้นแม่ ก่อนพักต้น และใส่เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต) ผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ หลังตัดต้นแม่ ให้ผลผลิตรวมสูงสุด 1,002 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งเป็นผลผลิตเกรด A 307 กิโลกรัม/ไร่ และผลผลิตเกรด B 334 กิโลกรัม/ไร่ และได้จำนวนหน่อเกรด A และ B เท่ากับ 14,045 และ 28,267 หน่อ/ไร่ ตามลำดับ ทำให้ได้จำนวนหน่อและผลผลิตเกรด A และ B สูงกว่าและแตกต่างจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ หลังตัดต้นแม่ให้ผลตอบแทนรายได้สูงสุด ดังนั้น อัตราการใส่ปุ๋ยดังกล่าวจึงเหมาะสมสำหรับการปลูกหน่อไม้ฝรั่งในชุดดินกำแพงแสน

คำสำคัญ: การจัดการธาตุอาหาร, อัตราปุ๋ยไนโตรเจน, ชุดดินกำแพงแสน

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

*Correspond author: wipawan.t@ku.th

คำนำ

หน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) เป็นพืชที่ได้รับการพัฒนาและปลูกเพื่อบริโภคในเขตที่มีอากาศหนาวเย็น ในปัจจุบันพบว่าหน่อไม้ฝรั่งสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตลอดปีในเขตที่มีอากาศร้อนในประเทศไทย หน่อไม้ฝรั่งมีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 11,325 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,090 กิโลกรัม/ไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5,419, 3,657 และ 1,412 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) หน่อไม้ฝรั่งต้องการไนโตรเจนสูงในระหว่างที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและราก ลำต้นเหนือดินที่มีขนาดใหญ่สามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตแล้วส่งไปเก็บในลำต้นใต้ดิน (Wilson *et al.*, 2002)

การผลิตหน่อไม้ฝรั่งให้มีปริมาณมาก และได้ขนาดตามคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้นั้น มีปัจจัยเกี่ยวข้องของหลายประการ โดยเฉพาะอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่ง ซึ่งมีผลกระทบต่อปริมาณ ขนาด และคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง (Hossain *et al.*, 2006) ดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง มีธาตุอาหารต่างๆ ในสัดส่วนที่เหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการของหน่อไม้ฝรั่ง จะทำให้น่อไม้ฝรั่งเติบโตดีมีผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มผลผลิตหน่อไม้ฝรั่ง (Drost, 2013) เมื่อหน่อไม้ฝรั่งเข้าสู่ระยะเพื่อพักต้นไนโตรเจนส่วนใหญ่ (90%) จะเคลื่อนย้ายจากส่วนเหนือดินไปสะสมในลำต้นใต้ดิน (Ledgard *et al.*, 1992; Drost, 1997) เมื่อหน่อไม้ฝรั่งขาดไนโตรเจนจะมีใบเทียมเป็นฝอยเล็กสีเหลืองซีดที่ใบแก่ก่อนหลุดร่วง ลำต้นเล็ก ฝอยปล้องสั้นและมีหน่อขนาดเล็ก (Barker and Pilbeam, 2007) หน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน 6.00-6.60%N ฟอสฟอรัส 0.85-0.91%P และโพแทสเซียม 4.00-4.35%K (Drost, 1997) เห็นได้ว่าหน่อไม้ฝรั่งต้องการไนโตรเจนสูงในระหว่างที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและความต้องการธาตุอาหารหรือปุ๋ยของหน่อไม้ฝรั่งจะแตกต่างกันตามเนื้อดิน ซึ่งการใส่ปุ๋ยหน่อไม้ฝรั่งตามค่าวิเคราะห์ดินจะแนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 24 กิโลกรัม/ไร่ ฟอสฟอรัส

8 กิโลกรัม/ไร่ และโพแทสเซียม 8 กิโลกรัม/ไร่ (Neeson, 2004)

ผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งของเกษตรกรปริมาณ และคุณภาพลดลงหากมีการจัดการไนโตรเจนที่ไม่เหมาะสม และช่วงเวลาใส่ปุ๋ยของเกษตรกรแตกต่างกันไปจากคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร อย่างไรก็ตาม แนวทางการจัดการปุ๋ยอาจมีความแตกต่างกันไปตามสภาพของดิน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและเวลาการใส่ปุ๋ยที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งเพื่อให้ได้ผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งและคุณภาพเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรและวิธีปฏิบัติของเกษตรกร โดยวางแผนการทดลองแบบ 4x2 factorial experiment in randomized complete block มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1) อัตราปุ๋ย 12, 18, 24 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ จากการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 26.1, 39.1, 52.2 และ 65.2 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และปัจจัยที่ 2) เวลาใส่ปุ๋ย 2 แบบเมื่อแบ่งใส่ 2 ครั้ง เท่ากันทุก 2 สัปดาห์ โดยแบบที่ 1 ใส่ปุ๋ยครั้งแรกหลังตัดต้นแม่ (เริ่มพักต้น) และแบบที่ 2 ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อเริ่มเก็บผลผลิต (30 วันหลังพักต้น) ส่วนปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่ตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับหน่อไม้ฝรั่ง (กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, 2553) ทำการทดลองในแปลงขนาด 4 ตารางเมตร ระยะปลูก 50x25 เซนติเมตร ณ แปลงเกษตรกร ต.รางพิบูล อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม (14°01'18.3"N 99°55'43.7"E) ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen Series: Ks; Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs) ช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2565 โดยเริ่มเก็บข้อมูลผลผลิตระหว่าง 22 กุมภาพันธ์ ถึง 1 เมษายน 2565 (39 วัน) เก็บหน่อไม้ฝรั่งแล้วตัดให้เหลือความยาว 25 เซนติเมตร แล้วคัดเกรด A, B, C, F ตามเกณฑ์มาตรฐานของหน่อไม้ฝรั่ง (อรสา, 2540) เกรด A, B, C ต้องมีความยาว 25 เซนติเมตร โดยเกรด A ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคนหน่อมากกว่า 1.0 เซนติเมตร

และมีน้ำหนักมากกว่า 14 กรัมต่อหน่อ เกรด B มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนหน่อมากกว่า 0.8 เซนติเมตร และมีน้ำหนักมากกว่า 8 กรัมต่อหน่อ เกรด C มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนหน่อมากกว่า 0.6 เซนติเมตร และมีน้ำหนักมากกว่า 6 กรัมต่อหน่อ และเกรด F (ตกเกรด) มีขนาดไม่ได้ตามเกณฑ์ของเกรด A, B และ C เมื่อแยกเกรดแล้วชั่งน้ำหนักและนับจำนวนหน่อของแต่ละวันเพื่อรวมเป็นผลผลิตทั้งหมด แล้วนำมาคำนวณรายได้จากการขายหน่อไม้ฝรั่งแล้วลบด้วยต้นทุนปุ๋ยที่ใส่ในแต่ละแปลง

เก็บตัวอย่างดินบนที่มีความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง ได้แก่ พีเอชดิน (soil pH ดิน:น้ำ = 1:1) (Thomas, 1996) อินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธีของ Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยการสกัดด้วยน้ำยา Bray II (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca and Mg) ด้วยการสกัดด้วยน้ำยาสกัดแอมโมเนียมอะซิเตด (1M NH₄OAc pH 7) แล้ววัด

ปริมาณธาตุอาหารด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Thomas, 1982) นำผลการวิเคราะห์ดิน (Table 1) เทียบตามเกณฑ์ของ Land Classification Division and FAO Project Staff (1973) แล้วพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมากซึ่งเกินเกณฑ์คำแนะนำการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมาก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวตามแผนการทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในหน่อไม้ฝรั่งโดยสุ่มเก็บตัวอย่างหลังจากคัดเกรดและชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักแห้งคงที่แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้งก่อนนำตัวอย่างไปบดละเอียดขนาดเล็กลงกว่า 0.5 มิลลิเมตร แล้วชั่งตัวอย่างพืชนำไปย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจน ด้วยวิธี Kjeldahl วัดปริมาณฟอสฟอรัส (P) ด้วยวิธี Vanadomolybdate yellow color (ทัศนีย์ และจรงรักษ์, 2542) และวัดปริมาณโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงรักษ์, 2542)

Table 1 Some properties of soil before the experiment

Properties	Results	Level*
pH (1:1)	8.10	Moderately alkaline
ECe (dS/m)	0.002	
Organic matter (g/kg)	1.19	Moderately low
Available P (mg/kg)	384	Very high
Exchangeable K (mg/kg)	951	Very high
Exchangeable Ca (mg/kg)	3,177	High
Exchangeable Mg (mg/kg)	444	High

*Land Classification Division and FAO Project Staff (1973)

ผลการทดลองและวิจารณ์ ปริมาณและคุณภาพผลผลิตหน่อไม้ฝรั่ง

การใส่ปุ๋ยหลังตัดต้นแม่และเมื่อเริ่มเก็บผลผลิตไม่มีผลต่อจำนวนหน่อไม้ฝรั่งเกรด C และ F (Table 2) แต่เมื่อใส่ปุ๋ยครั้งแรกก่อนพักต้นมีผล

ทำให้จำนวนหน่อไม้ฝรั่งสดเกรด B สูงกว่าการหลังใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อเริ่มเก็บผลผลิต และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจน ทำให้จำนวนหน่อไม้ฝรั่งสดเกรด A สูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 12 และ 18 กิโลกรัมไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนหน่อไม้ฝรั่งเกรด C และ F ซึ่งจำนวนหน่อผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งเกรด C และ F จะมีสัดส่วนที่มากกว่าเกรด A และ B นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนหน่อไม้ฝรั่งเกรด A เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ($r = 0.623^{**}$) (Table 4) ส่วนรูปแบบเวลาใส่ปุ๋ยมีผลต่อจำนวนหน่อไม้ฝรั่งเกรด B ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เวลาใส่ปุ๋ยไม่มีผลต่อจำนวนต้นไม้ฝรั่งเกรด A, C และ F ในขณะที่ผลผลิตเกรด B มีสหสัมพันธ์ ($r = 0.409^*$) กับช่วงเวลาใส่ปุ๋ย (Table 4)

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจะพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ทำให้ได้ผลผลิตเกรด A และ B สูงกว่าและแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 12 และ 18 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ แต่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อผลผลิตเกรด C และ F ส่วนช่วง

เวลาใส่ปุ๋ยมีผลต่อผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งเกรด A และ B อย่างมีนัยสำคัญแต่ไม่มีผลต่อผลผลิตเกรด C และ F ซึ่งเป็นผลไม่ไปในทางเดียวกับจิตชนก (2549) ที่รายงานไว้ว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 15 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ไม่มีจำนวนหน่อและน้ำหนักสดรวมของหน่อไม้ฝรั่ง แต่จากผลการทดลองนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ มีผลต่อจำนวนหน่อและผลผลิตหน่อไม้ฝรั่ง นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ หลังตัดต้นแม่เป็นแนวทางเดียวกับคำแนะนำของ Klodd, *et al.* (2020) ที่แนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 31.6 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ หลังตัดต้นแม่ เมื่อดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 3.1% นอกจากนี้ อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและเวลาใส่ปุ๋ยมีผลต่อผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งเกรด A ($r = 0.581^{**}$) และผลผลิตรวม ($r = 0.462^*$) (Table 4)

Table 2 The number of spears and yield by grade (A, B, C, and F) as affected by various rates and timing of N application

Factors	The number of spears (spears/rai)				Yield (kg/rai)			
	A	B	C	F	A	B	C	F
N rate (N; kg/rai)								
12	6,044 b	27,111 a	40,089	24,267	131 b	310 ab	221	138
18	8,889 b	20,356 b	26,045	26,222	196 b	249 b	152	164
24	9,956 ab	22,845 ab	35,289	24,622	207 ab	272 ab	200	149
30	14,045 a	28,267 a	30,045	28,000	307 a	334 a	183	178
average	9,734	24,645	32,867	25,778	210	291	189	157
F-test	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns
Timing (T)								
T1	11,111	22,311 b	31,689	24,178	245	261	183	144
T2	8,356	26,978 a	34,045	27,378	176	321	195	170
average	9,733	24,644	32,867	25,778	210	291	189	157
F-test	ns	*	ns	ns	*	*	ns	ns
N x T	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	47.2	25.3	36.6	36.1	50.2	25.5	35.8	36.9

ns = non significant, * = means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$) by DMRT

ปริมาณธาตุอาหารในหน่อไม้ฝรั่ง

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน ไม่มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ 18 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งสูงสุด (4.73%) ส่วนระยะเวลา

ของการใส่ปุ๋ยนั้นจะพบว่า การใส่ปุ๋ยหลังการตัดต้นมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนในผลผลิต (4.67%) สูงกว่าปริมาณที่พบในหน่อไม้ฝรั่งที่ใส่ปุ๋ยในระยะการเก็บเกี่ยว (4.43%) ในขณะที่ระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ช่วงนี้ไม่มีผลต่อการสะสมปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Table 3)

Table 3 Nutrient concentration of asparagus yield as affected by various rates and timing of N application

Parameter	Nutrient concentration (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
N rate (N; kg/rai)					
12	4.56 ab	0.595	2.91	0.089	0.127
18	4.73 a	0.590	2.72	0.133	0.132
24	4.55 ab	0.592	2.56	0.089	0.131
30	4.35 b	0.651	2.92	0.088	0.125
average	4.55	0.607	2.78	0.100	0.129
F-test	*	ns	ns	ns	ns
Timing					
T1	4.67 a	0.598	2.85	0.115	0.130
T2	4.43 b	0.617	2.71	0.085	0.127
average	4.55	0.607	2.78	0.100	0.129
F-test	*	ns	ns	ns	ns
NxT	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.89	10.1	15.3	56.1	7.45

ns = non significant, * = means with different superscripts differ significantly (P<0.05) by DMRT

Table 4 Pearson correlation between nitrogen fertilizer rates and timing of application on yield of asparagus

	Shoot number grade A	Yield grade A	Yield grade B	Total yield
N rate (N)	.623**	.581**	0.143	.462*
Timing (T)	-0.306	-0.334	.409*	0.086

*,** = correlation is significantly at P<0.05 and P<0.01 respectively

รายได้ในการปลูกหน่อไม้ฝรั่ง

อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยมีผลต่อปริมาณผลผลิตเกรด A และ B ซึ่งส่งผลให้มีรายได้จากการขายผลผลิตเกรด A, B และ

ผลผลิตรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ โดยใส่ครั้งแรกหลังตัดต้นแม่ทำให้ได้รายได้จากการขายผลผลิตเกรด A สูงสุด เนื่องจากเกรด A

110 บาท/กิโลกรัม เมื่อได้ผลผลิตเกรด A สูงสุดจึงทำให้ได้รายได้รวมสูงสุด 77,495 บาท/ไร่ ส่วนเกรด B ขายได้ 80 บาท/กิโลกรัม เกรด C และ F ขายได้ 50

บาท/กิโลกรัม เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราและใส่ในระยะเวลาที่เหมาะสมจึงทำให้ได้ผลผลิตเกรด A และ B ที่ขายได้ราคาแพงเพิ่มขึ้นจึงทำให้รายได้เพิ่มขึ้น

Table 5 Profit from asparagus planting

Factor AxB		Fertilizer (baht/rai)	Income (baht/rai)				
Fertilizer application			Grade A	Grade B	Grade C	Grade F	Total
N rates (kg/rai)	times						
12	1	548	14,748 b	18,637 b	8,420	4,098	45,355 b
18	1	822	25,276 b	17,887 b	6,713	7,046	56,099 b
24	1	1096	20,887 b	17,143 b	8,547	6,652	52,135 b
30	1	1370	41,004 a	24,132 ab	7,136	5,223	76,125 a
12	2	548	12,490 b	29,344 a	12,012	8,060	61,358 ab
18	2	822	15,387 b	19,372 b	6,026	6,863	46,826 b
24	2	1096	21,250 b	22,978 ab	8,120	4,878	56,133 b
30	2	1370	22,403 b	25,076 ab	6,983	8,423	61,521 ab
average			21,681	20,753	7,995	6406	56,944
F-test			*	*	ns	ns	*
%C.V.			52.4	26.9	43.5	44.4	22.3

ns = non significant, * = means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

Price: Grade A = 110 baht/kg, B = 80 baht/kg, C = 50 baht/kg and F = 50 baht/kg

Urea fertilizer = 21 baht/kg, Total income was calculated from the sum of income of grade A to F minus fertilizer cost.

สรุป

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัม ไนโตรเจน/ไร่ หลังตัดต้นแม่ทำให้ได้ผลผลิตเกรด A จำนวนต้นหน่อไม่ฝรั่งต่อไร่สูงสุด และผลผลิตรวมสูงสุด และได้รายได้จากการขายผลผลิตสูงสุดซึ่งรายได้ส่วนใหญ่มาจากการขายผลผลิตเกรด A และ B ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 30 กิโลกรัม ไนโตรเจน/ไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งเท่ากันโดยใส่ครั้งแรก หลังตัดต้นแม่ และใส่ครั้งที่ 2 หลังพักต้น 2 สัปดาห์ จะทำให้ได้จำนวนต้นหน่อไม่ฝรั่งต่อไร่ ผลผลิตเกรด A ผลผลิตรวม และขายได้รายได้เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางจินตนา จินดาวงศ์ เจ้าของแปลงหน่อไม่ฝรั่ง ต. รางพิบูล อ. กำแพงแสน

จ. นครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์แปลงหน่อไม่ฝรั่ง และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน ที่สนับสนุนงบประมาณและการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา. 2553. คำแนะนำการใส่ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร. 122 น.
- จิตชนก สารวัชร. 2549. การหาปริมาณการใช้น้ำและธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตของหน่อไม่ฝรั่งพันธุ์ Brock's Improve. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ 118 หน้า

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 108 น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.oae.go.th/view/1ตารางแสดงรายละเอียดหน่อไม้ฝรั่ง/TH-TH> (11 กันยายน 2565)
- อรสา ดิสถาพร. 2540. หน่อไม้ฝรั่ง. เอกสารวิชาการกลุ่มพืชผัก กองส่งเสริมพืชสวน กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 81 หน้า.
- Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL. 773 p.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59: 39-45.
- Drost, D. 2013. Asparagus Nutrient Management. Fact Sheet 14/13 Vegetable, HDC, UK
- Drost, D.T. 1997. Asparagus. pp 621-649. In: H.C. Wien (ed.), The Physiology of Vegetable Crops. CAB International.
- Klodd, A., V. Fritz, C. Tong and N. Hoidal. 2020. Nutrient management in asparagus. Extension horticulture educators. <https://extension.umn.edu/growing-guides/nutrient-management-asparagus#resources-2329410> (11 October 2023)
- Hossain, K.L., M.M. Rahman, M.A. Banu, T.R. Khan and M.S. Ali. 2006. Nitrogen fertilizer effect on the agronomic aspects of *Asparagus racemosus*. Asian Journal of Plant Science 5(6): 1012-1016.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Co-op., Bangkok. 206 p.
- Ledgard, S.F., J.A. Douglas, J.M. Follett and M.S. Sprosen. 1992. Influence of time of application on the utilization of nitrogen fertilizer by asparagus, estimated using ¹⁵N. Plant and Soil 147 (1): 41-47.
- Neeson, R. 2004. Organic Asparagus Production. Agfact H 8.3.5. NSW Agriculture.
- Thomas G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. pp 475-490. In D. L. Sparks, G.C. Topp, J.M. Bartels, J.H. Dane, and R.W. Weaver (eds). Method of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. SSSA. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cations, pp. 159-165. In C.A. Black, (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd. Agronomy No. 9. ASA and SSSA. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.
- Wilson, D.R., C.G. Cloughley, P.D. Jamieson, and S.M. Sinton. 2002. A model of asparagus growth physiology. ISHS Acta Horticulturae 589: 297-301.

ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์แตงกวาร่วมกับ captan และ metalaxyl ต่อคุณภาพเมล็ด
และการควบคุมโรคเน่าคอดินในระดับห้องปฏิบัติการ

Effects of Cucumber Seed Pelleting with Captan and Metalaxyl on Seed Quality and
Damping-Off Control in Laboratory Condition

สุกัญญา เบ้ามีศรี¹ กฤษฏีติบัญชา อ่อนมาก¹ จักริน ปินตา¹ อรัญญา สิงโสภา¹
นรารัตน์ ทาวงค์¹ ดาวิกา รพีบุญญานนท์¹ ฉัตรสุตา เผือกใจแผ้ว² อนุกพงษ์ สุวะจันทร์²
และจักรพงษ์ กางโสภา^{1*}

Sukanya Baomeesri¹, Krittibancha Oonmak¹, Jakkarin Pinta¹, Aranya Singsopa¹,
Nararat Thawong¹, Davika Rapeebunyanon¹, Chatsuda Phuakjaiphaeo², Anupong Suwajan²
and Jakkrapong Kangsopa^{1*}

Received: February 7, 2023

Revised: April 10, 2023

Accepted: April 19, 2023

Abstract: Cucumber seeds often have inconsistent emergence and low vigor, and uneven growth after emergence, making it easy to be infested by *Pythium* spp., which is the cause of 'damping-off'. However, this problem can be solved by using seed pelleting technology to pellet seeds with anti-fungal chemicals to enhance the efficiency of seed utilization. There was 2 experimental sets and the results were as follows: It was found that in the first experiment, seeds pelleted with 0.3, 0.5 g ai. of metalaxyl and 0.1 g ai. of captan had a high germination rate both before and after accelerated aging but not different from non-pelleted seeds. The seeds pelleted with 0.5 g ai. of metalaxyl showed higher shoot length than unpelleted seeds. After aging, it was found that the seeds pelleted with 0.3 g ai. metalaxyl resulted in higher shoot length than other methods. Therefore, the seeds pelleted with 0.3 and 0.5 g ai. of metalaxyl had the best effect on cucumber seed quality. Both formulas were used for the disease prevention test in the second experimental set and test results showed that seeds pelleted with metalaxyl at the concentration of 0.5 g ai. had a fungal infection rate of 26%, which was lower than all other methods. As a result, seeds pelleted with metalaxyl at the concentration level of 0.5 g ai. is the most recommended formula to pellet cucumber seeds for protection against *Pythium* spp. both during the pre-emergence and post-emergence periods.

Keywords: fungicide, damping-off, seed pelleting, seed enhancement

บทคัดย่อ: เมล็ดพันธุ์แตงกวามักประสบปัญหาความงอก ความแข็งแรงต่ำ และต้นกล้าหลังการงอกไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งต้นกล้าแตงกวาที่ได้มักถูกเข้าทำลายจากโรคเน่าคอดินได้ง่าย โดยมีสาเหตุมากจากเชื้อรา *Pythium* spp.

¹ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, San Sai District, Maejo University, Chiang Mai 50290.

² สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² Division of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, San Sai District, Maejo University, Chiang Mai 50290.

* Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

เป็นส่วนมาก จึงแก้ปัญหาโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราเพื่อยกระดับการใช้เมล็ดพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย metalaxyl ความเข้มข้น 0.3, 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ captan 0.1 กรัมของสารออกฤทธิ์ ทำให้ความงอกสูงแต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ได้พอกทั้งก่อนและหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ส่วนการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ metalaxyl 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ ทำให้มีความยาวลำต้นสูงมากกว่าและแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้พอก เมื่อตรวจสอบหลังการเร่งอายุ พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีความยาวลำต้นยาวกว่าวิธีการอื่นๆ ดังนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย metalaxyl 0.3 และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ จึงมีผลดีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มากกว่ามากที่สุด จึงนำทั้ง 2 สูตรไปใช้ทดสอบการป้องกันโรคในการทดลองที่ 2 ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย metalaxyl ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีการเข้าทำลายของเชื้อรา 26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าทุกกรรมวิธีทดลอง ดังนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย metalaxyl ที่ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ จึงเป็นชนิดและความเข้มข้นแนะนำสำหรับใช้พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์แตงกวาสำหรับใช้ป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* spp. ทั้งก่อนและหลังเมล็ดงอก

คำสำคัญ: สารเคมีป้องกันเชื้อรา โรคเน่าคอดิน การพอกเมล็ดพันธุ์ การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์

คำนำ

แตงกวา (*Cucumis sativus* L.) เป็นผักที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย อายุการเก็บเกี่ยวสั้น โดยใช้ระยะเวลาเพียง 30-45 วันหลังปลูก และเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้จากการปลูกแตงกวากับพืชอื่นๆ อีกหลายชนิดพบว่า แตงกวาเป็นพืชชนิดหนึ่งที่สามารถทำรายได้ดี (Bisognin, 2002) โดยสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2564) ได้รายงานว่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์แตงกวาในปี พ.ศ. 2564 ประมาณ 77,000 กิโลกรัม มีมูลค่าประมาณ 323 ล้านบาท อย่างไรก็ตามถึงแม้แตงกวาเป็นหนึ่งในพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่ยังคงประสบปัญหาการเพาะปลูกตั้งแต่ต้นน้ำเนื่องจากเมล็ดพันธุ์พืชวงศ์แตงมักมีปัญหาความงอกและความแข็งแรงต่ำ ทำให้ต้นกล้าหลังการงอกไม่สม่ำเสมอ (ชนิดตรา และคณะ, 2553) อีกทั้งยังง่ายต่อการเข้าทำลายของโรคในระยะต้นกล้า โดยเฉพาะโรคเน่าคอดิน (damping-off) ที่มีสาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. ที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าคอดิน หรือเน่าระดับดิน โดยเชื้อรา *Pythium* spp. เป็นพวกเกิดและอาศัยอยู่ในดิน (soil borne) (Lu et al., 2010) มีความสามารถอยู่รอดด้วยการเป็นพาราซิท (saprophyte) พวกนี้เป็นปรสิต (parasite) กับต้นพืชเกือบทุกชนิดไม่มีความเฉพาะเจาะจง (Laemmlen,

2001) โดยเชื้อราจะเข้าทำลายเมล็ดแตงก่อนจะงอก ทำให้เมล็ดมีลักษณะอาการเน่าทั้งที่ยังไม่งอก ส่วนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าแล้วเชื้อราจะเข้าทำลายในระดับดิน จนเกิดอาการฉ่ำน้ำ ใบเลี้ยงยังคงเขียวไม่มีอาการเหี่ยว จนกระทั่งต้นกล้างดงล้มเพราะมีแผลซ้ำที่โคนต้นระดับดิน ต้นกล้าแสดงอาการเหี่ยวและตายในเวลารวดเร็ว (จักรพงษ์ และคณะ, 2558; Bruce et al., 2008) บริเวณที่เป็นโรคจะค่อยๆ ขยายวงกว้างออกไปเป็นวงกลมกว้างและขยายใหญ่ขึ้นในแปลงปลูกแตงกวา

จากปัญหาดังกล่าวได้นำเทคโนโลยีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์มาใช้ปรับปรุงสภาพเมล็ดให้มีประสิทธิภาพก่อนนำไปเพาะปลูกสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (บุญมี, 2558) โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ (seed pelleting) ซึ่งเป็นวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุต่างๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มขนาดและรูปร่างของเมล็ดพันธุ์ทำให้มีรูปร่างที่เหมาะสมกว่าเดิม อีกทั้งการพอกเมล็ดยังสามารถช่วยให้เมล็ดดูดซับน้ำได้ดีขึ้น ช่วยปกป้องเมล็ดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และช่วยส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ บุญมี, 2558; Jeepheth et al., 2022; Kangsopa et al., 2018) ข้อดีของวิธีการพอกเมล็ดคือสามารถเพิ่มเติมสารเคมีป้องกันเชื้อรา

ให้ติดรวมไปกับวัสดุพอกได้ ซึ่งจะช่วยป้องกันการก่อโรคที่จะเกิดกับเมล็ดหรือต้นกล้า หรือออกฤทธิ์ช่วยยับยั้งสปอร์ของเชื้อราไม่ให้เกิดการเจริญเติบโตขึ้นในบริเวณเพาะปลูกพืช (สืบศักดิ์, 2540; ธรรมศักดิ์, 2543; ศศิธร, 2551) มีรายงานการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราเพื่อยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ในระยะต้นกล้า ผลการทดสอบพบว่า หลังการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับ captan อัตรา 4 และ 6 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์, metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ copper hydroxide อัตรา 4 และ 6 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ เมื่ออายุต้นกล้า 30 วัน สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (จักรพงษ์ และคณะ, 2558) และยังมีรายงานการแช่เมล็ดแตงกวาร่วมกับฟอสโฟเนตเป็นเวลา 10 นาที เพื่อลดการเกิดโรคจากเชื้อรา *Pythium* spp. ผลการทดสอบพบว่า เมล็ดแตงกวาที่ผ่านการแช่ด้วยฟอสโฟเนตทำให้ต้นกล้าแตงกวาเกิดโรคน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ ที่มีการเกิดโรคมามากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ (Abbasi and Lazarovits, 2006)

ดังนั้นงานทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์แตงกวาร่วมกับ captan และ metalaxyl ต่อความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าทั้งหลังการพอกและหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งความสามารถในการป้องกันโรคเน่าคอดินในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นหนึ่งในวิธีการเพิ่มศักยภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวาให้เพิ่มสูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และโรงเรียนทดลองสาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ การทดลองนี้ใช้เมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม พันธุ์หยกขาว ความงอกเริ่มต้น 74 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นของเมล็ด 9 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา

1. การพอกเมล็ดพันธุ์แตงกวาร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา

เตรียมเมล็ดพันธุ์แตงกวาโดยนำไปล้างทำความสะอาดด้วย 2.0 เปอร์เซ็นต์ sodium hypochlorite (NaClO) เป็นเวลา 3 นาที แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำหนึ่งเท่าเชื้อจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นนำไปลดความชื้นเมล็ดด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น SKK 40-2 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนได้ความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นก่อนการเคลือบเมล็ด ($8.0 \pm 1\%$)

นำเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่ผ่านการเตรียมมาพอกเมล็ดพันธุ์ตามกรรมวิธีโดยใช้ carboxymethyl cellulose (CMC) อัตรา 0.3% w/v เป็นวัสดุประสาน และใช้ vermiculite อัตรา 10 กรัม/เมล็ดพันธุ์แตงกวา 26 กรัม มาพอกเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา 2 ชนิด คือ captan และ metalaxyl ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 0.1 , 0.3 และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ โดยมีกรรมวิธีการทดลองทั้งหมด 8 กรรมวิธีดังนี้ คือ เมล็ดไม่พอก (T1), เมล็ดที่พอกเพียงอย่างเดียว (T2), เมล็ดที่พอกร่วมกับ captan ความเข้มข้น 0.1, 0.3, 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ (T3, T4 และ T5 ตามลำดับ), เมล็ดที่พอกร่วมกับ metalaxyl ความเข้มข้น 0.1, 0.3, 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ (T6, T7 และ T8 ตามลำดับ) จากนั้นนำมาพอกเมล็ดโดยใช้เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุน รุ่น SKK-12 ใช้ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที แล้วนำเมล็ดหลังการพอกไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น SKK 40-2 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนได้ความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นก่อนการพอกเมล็ด ($8.0 \pm 1\%$) จากนั้นนำไปตรวจสอบคุณภาพเมล็ดหลังผ่านการพอกในสภาพห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1) การตรวจสอบความงอก (%)

นำเมล็ดพันธุ์แตงกวาทั้งที่ผ่านการพอกและไม่พอกมาทดสอบความงอกโดยวิธี between paper (BP) 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แล้วนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ที่ความเข้มแสง 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที จากนั้นนับความงอกครั้งแรก (first count) หลังเพาะ 4 วัน และนับครั้งสุดท้าย (final count) หลังเพาะ 8 วัน (ISTA, 2018) จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกตามสูตร

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด}} \times 100$$

2) การตรวจสอบความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) นำเมล็ดพันธุ์ที่ตากแห้งทั้งที่ผ่านการพอกและไม่พอกมาทดสอบความงอกโดยวิธี between paper (BP) 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แล้วนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ที่ความเข้มแสง 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที จากนั้นนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติและจำนวนวันที่งอกตั้งแต่นับความงอกครั้งแรก (first count) หลังการเพาะ 4 วัน จนถึงวันนับครั้งสุดท้าย (final count) หลังเพาะ 8 วัน (ISTA, 2018) จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3) การตรวจสอบความสูงลำต้นและความยาวราก

ประเมินในวันที่ 8 หลังเพาะเมล็ด โดยสุ่มต้นกล้า ทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น มาวัดความยาวต้น โดยวัดตั้งแต่โคนต้นจนถึงปลายใบของต้นกล้า ส่วนความยาวราก วัดจากโคนต้นลงมาจนถึงปลายรากของต้นกล้า

2. การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการพอกและที่ผ่านการพอกเมล็ดจากข้อที่ 1 มาเร่งอายุเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยวางเมล็ดแต่ละกรรมวิธีไว้ในถุงผ้าลงบนตะแกรงในกล่องเร่งอายุ ที่มีน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าตะแกรง 2 เซนติเมตร ปิดกล่องเร่งอายุให้สนิท แล้วนำไปไว้ในตู้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง (พัชรา และบุญมี, 2564) เมื่อครบกำหนดเวลานำเมล็ดพันธุ์ออกจากตู้เร่งอายุแล้ว นำมาลดความชื้นเมล็ดด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น SKK 40-2 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนได้ความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นก่อนการเคลือบเมล็ด ($8.0 \pm 1\%$) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ เช่นเดียวกับข้อที่ 1

การทดลองที่ 2 การตรวจสอบการยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ในระดับห้องปฏิบัติการ

คัดเลือกกรรมวิธีการพอกเมล็ดร่วมกับสาร

เคมีป้องกันเชื้อราที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 มา 2 กรรมวิธีที่ไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ จากนั้นนำมาพอกเมล็ดด้วยวิธีการเช่นเดิมแล้วนำมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้

1. การเตรียมเชื้อรา *Pythium* spp. ในระดับห้องปฏิบัติการ

เตรียมเชื้อรา *Pythium* spp. โดยเก็บตัวอย่างจากดินรอบรากต้นแตงกวาจากแปลงเพาะปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นนำมาล่อเชื้อโดยใช้ดินลงในกล่องพลาสติก ปิดดเชื้อและเติมน้ำกลั่นให้มีความชื้นประมาณ 60-70% แล้วนำแตงกวาหั่นแว่นมาล่อเชื้อราให้เจริญเติบโตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วแยกเส้นใยของเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ได้จากการล่อนำมาเลี้ยงในอาหาร PDA เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในสภาพอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) (วนิดา และคณะ, 2562)

2. การทดลองการยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ในระดับห้องปฏิบัติการ

นำเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ได้จากการเตรียมในหัวข้อที่ 1 นำมาเลี้ยงแยกในอาหาร PDA อีกครั้ง สำหรับใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันเชื้อรา *Pythium* spp. ที่ดัดแปลงมาจากวิธี Dual technique (วนิดา และคณะ, 2562) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในสภาพอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) จากนั้นเมื่อครบกำหนดเวลา นำ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะนำเอาชิ้นวงของเชื้อรา *Pythium* spp. มาวางไว้ตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เตรียมไว้สำหรับใช้ในการทดลอง และวางเมล็ดแต่ละกรรมวิธีทดลองห่างจากขอบ 2 เซนติเมตร และห่างจากเชื้อรา *Pythium* spp. 2 เซนติเมตร โดยมีกรรมวิธีทดลองคือ เมล็ดที่ไม่ได้พอก T1), เมล็ดที่พอกเพียงอย่างเดียว T2), เมล็ดที่พอกร่วมกับ metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ T4) และเมล็ดที่พอกร่วมกับ metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ T5) จากนั้นนำไปประเมินหา การงอกราก ความเร็วในการงอกราก เมล็ดไม่เป็นโรค และเมล็ดที่ถูกเชื้อราเข้าทำลาย ดังนี้

1) การตรวจสอบการงอกรากแรก (%)

ประเมินการงอกรากแรกจากการเพาะ

ทดสอบของทุกกรรมวิธี ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ดประเมินในวันที่ 3 หลังเพาะ โดยตรวจนับเมื่อเมล็ดมีการงอกของรากที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปหาเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกตามสูตร

$$\text{การงอกรากแรก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกราก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

2) การตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)

ประเมินตรวจนับการงอกรากแรกของทุกกรรมวิธีทดลองที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร ในทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ดในทุกกรรมวิธี จากนั้นนำมาหาความเร็วในการงอกรากแรก ตามสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของ [จำนวนรากที่งอกในแต่ละวัน]}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3) การตรวจสอบการเข้าทำลายของเชื้อรา

ประเมินตรวจนับเมล็ดไม่เป็นโรค โดยสุ่มตรวจสอบแต่ละกรรมวิธีทดลองหลังการวางเมล็ดในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโคนีของเชื้อรา *Pythium* spp. ในวันที่ 8 หลังการเพาะ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ดในทุกกรรมวิธี ตรวจสอบเมล็ดมีลักษณะปกติ เมล็ดสามารถงอกรากได้ไม่มีส่วนของรากแรกเกิดเสียหาย และไม่มียาก ส่วนเมล็ดที่ถูกเชื้อราเข้าทำลาย ตรวจสอบเมล็ดมีลักษณะเน่า มีกลิ่น และหากมีการงอกรากแรกต้องพบโครงสร้างของรากถูกเข้าทำลายเสียหายเกิน 50% (นิละมัย และคณะ, 2565)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรม SAS 9.1

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา

1. ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์แดงวาล์วผ่านการพอกและการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

เมื่อพิจารณาการพอกเมล็ดพันธุ์แดงวาล์วร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกันพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งก่อนและหลังการเร่งอายุ โดยการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงทั้งก่อนและหลังการเร่งอายุแต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ได้พอก แต่หลังการพอกเมล็ดจะพบว่าพอกเมล็ดด้วย captan 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ metalaxyl 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีความเร็วในการงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนเมื่อพิจารณาความเร็วในการงอกหลังการเร่งอายุพบว่าพอกเมล็ดด้วย captan 0.1 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีความเร็วในการงอกสูงกว่าและแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการพอกเมล็ดร่วมกับ captan และ metalaxyl ไม่ส่งผลกระทบต่อทั้งความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แดงวาล์วเมื่อใช้ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ตรงกันข้ามกลับมีผลส่งเสริมต่อคุณภาพของเมล็ดที่ดีมากขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดจากการทดสอบการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ โดย Kangsopa *et al.* (2018) ได้อธิบายว่าการพอกเมล็ดเป็นการห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคลือบเพื่อให้ขนาดของเมล็ดใหญ่ขึ้น แต่จากวิธีการดังกล่าวเมื่อใช้สารพอกเมล็ดที่เหมาะสมจะไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ด เช่น การดูดซับความชื้น และออกซิเจน เป็นต้น (Hill, 1994; Halmer, 2008) นอกจากนี้การเพิ่มเติมสารออกฤทธิ์คือ metalaxyl ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันราชนิดดูดซึม (systemic fungicide) ติดไปกับสารพอก ทำให้เมล็ดสามารถดูดซึมได้ตั้งแต่ในระหว่างการดูดซับ ความชื้นและในระยะต้นกล้าผ่านการดูดใช้ของราก จะทำให้ metalaxyl เคลื่อนย้ายไปตามส่วนต่างๆ ของเมล็ดหรือโครงสร้างต่างๆ ของต้นกล้าได้

(พิสุทธิ, 2550) จากกลไกดังกล่าวทำให้ metalaxyl สามารถเข้าไปป้องกันกำจัดเชื้อก่อโรคในระยะก่อนและหลังการงอกของเมล็ดได้โดยไม่มีผลขัดขวางต่อทั้งความงอกและความแข็งแรงของแตงกวา

โดยเฉพาะการพอกเมล็ดด้วย metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมเนื่องจากมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ดทั้งก่อนและหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (Table 1) เช่นเดียวกับการรายงานของ ธิติวรัตน์ และบุญมี (2553) ได้รายงานการเคลือบ และคลุกเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสมด้วย metalaxyl ที่ 7 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ 14 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่เมื่อตรวจสอบหลังผ่านการเร่งอายุพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ metalaxyl ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

ส่วนการพอกเมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วย captan ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันราก่อนที่เมล็ดจะติดเชื้อก่อโรคชนิดต่างๆ ทำให้ captan ซึ่งมีคุณสมบัติการออกฤทธิ์ด้วยการสัมผัสโดยตรงดังกล่าวอาจมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถ้าเลือกใช้ใช้อัตราที่ไม่

เหมาะสม (พิสุทธิ, 2550) โดยกลไกการออกฤทธิ์ของ captan จะมีประสิทธิภาพใช้งานได้ดีเมื่อละลายในน้ำ โดยจะปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ออกมาในรูป tetrahydrophthalimide, tetrahydrophthalic acid และ 3 โมเลกุลของคลอไรด์ (Cl⁻) ทำให้การปลดปล่อยสารทั้ง 3 ชนิดของ captan เหล่านี้ จึงมีผลต่อการแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์เมล็ดเมื่อถูกดูดซึมส่งผลให้เกิดกระบวนการเป็นพิษต่อเซลล์ภายในเมล็ดพันธุ์ได้ (จักรพงษ์ และคณะ, 2558; lersel and Bugbee, 1996) อย่างไรก็ตามจากการเลือกใช้ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติต่อทั้งความงอกและความเร็วในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ด เมื่อทดสอบทั้งก่อนและหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (Table 1) สอดคล้องกับการรายงานของ จักรพงษ์ และ เพชรรัตน์ (2564) ได้รายงานการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไว้ด้วย metalaxyl และ captan ที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์, 4 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ และ 6 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ พบว่าไม่มีผลขัดขวางต่อความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดเมื่อทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

Table 1 Germination percentage and speed of germination of cucumber seeds after pelleting and aging, after pelleting seeds with fungicides and tested under laboratory condition.

Treatment	After pelleting		Aging	
	Germination (%)	Speed of germination (seedling/day)	Germination (%)	Speed of germination (seedling/day)
Non-pelleted	74 a ^{1,2}	4.41 ab	69 ab	3.54 b
Only pelleted (P)	58 b	3.92 bc	65 b	3.53 b
(P) + Captan 0.1 g.ai.	75 a	4.39 ab	73 a	3.92 a
(P) + Captan 0.3 g.ai.	71 ab	4.13 a-c	67 ab	3.98 a
(P) + Captan 0.5 g.ai.	78 a	4.51 a	66 b	3.65 ab
(P) + Metalaxyl 0.1 g.ai.	71 ab	4.14 a-c	67 ab	3.58 b
(P) + Metalaxyl 0.3 g.ai.	74 a	3.76 c	71 a	4.05 a
(P) + Metalaxyl 0.5 g.ai.	80 a	4.68 a	72 a	3.79 ab
F-test	**	**	**	**
CV%	9.37	8.49	11.05	13.93

** : Significantly different at $P \leq 0.01$.

¹ Data are transformed by the arcsine before statistical analysis and back transformed data are presented.

² Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT.

2. การเจริญเติบโตของต้นกล้าแตงกวา หลังผ่านการพอกและการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

เมื่อตรวจสอบเมล็ดก่อนการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พบว่า หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับ metalaxyl 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีความยาวลำต้นสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้พอก การพอกเมล็ดเพียงอย่างเดียว และการพอกเมล็ดด้วย captan 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ แต่ไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธีอื่นๆ แต่เมื่อตรวจสอบหลังการเร่งอายุพบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีความยาวลำต้นสูงกว่าวิธีการอื่นๆ ส่วนความยาวรากพบว่า ก่อนการเร่งอายุการพอกเมล็ดด้วย metalaxyl 0.3 และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ พบว่ามีความยาวรากสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้พอก แต่เมื่อตรวจสอบความยาวรากหลังการเร่งอายุแสดงให้เห็นว่าการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธีมีความยาวรากสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้พอกอย่างชัดเจน โดยเฉพาะการพอกเมล็ดด้วย metalaxyl 0.3 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีความยาวรากสูงที่สุด (Table 2)

ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณภาพเมล็ดพันธุ์จาก

การพอกเมล็ดใน (Table 1) จะพบว่า เมื่อการพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ซึ่งไม่มีผลต่อการงอกเป็นต้นกล้าปกติของแตงกวา จึงทำให้ต้นกล้าปกติมีพัฒนาการของลำต้นและรากเป็นไปอย่างรวดเร็ว อีกทั้งเมล็ดที่พอกด้วย metalaxyl ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันเชื้อราชนิดดูดซึม จึงมีการออกฤทธิ์เคลื่อนที่ไปตามส่วนต่างๆ ของต้นกล้าแตงกวาอย่างช้าๆ (จักรพงษ์และคณะ, 2558) จึงไม่มีผลกระทบที่รุนแรงต่อพัฒนาการของต้นกล้าแตงกวา ส่วนการพอกเมล็ดด้วย captan ทุกระดับความเข้มข้นอาจมีผลกระทบต่อการยืดขยายของลำต้นและรากของต้นกล้าแตงกวา อาจเนื่องมาจาก captan มีคุณสมบัติการออกฤทธิ์แบบสัมผัสตาย และมีประสิทธิภาพสูงเมื่อละลายในน้ำ (พิสุทธิ, 2550) ทำให้รากเมื่อได้สัมผัสกับ captan ผ่านการให้ความชื้นจากสภาพการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จึงมีผลขัดขวางพัฒนาการของลำต้นและรากมากกว่าการใช้ metalaxyl พอกร่วมกับเมล็ด อย่างไรก็ตามการพอกเมล็ดมีคุณสมบัติปกป้องเมล็ดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ (บุญมี, 2558) ทำให้นำไปเร่งอายุเมล็ดพันธุ์จะพบว่าวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ยังคงมีการแสดงออกของพัฒนาการลำต้นและรากสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกอย่างชัดเจน (Table 2)

Table 2 Shoot and root length of cucumber seeds after pelleting and aging, after pelleting seeds with fungicides and tested under laboratory condition.

Treatment	After pelleting		Aging	
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
Non-pelleted	3.18 d ¹	13.06 a	4.29 b	4.37 e
Only pelleted (P)	4.45 c	11.58 ab	5.32 ab	6.14 d
(P) + Captan 0.1 g.ai.	5.36 ab	7.07 d	4.71 b	7.30 cd
(P) + Captan 0.3 g.ai.	5.69 ab	8.2 dc	5.32 ab	8.37 c
(P) + Captan 0.5 g.ai.	4.91 bc	10.97 a-c	4.60 b	7.38 cd
(P) + Metalaxyl 0.1 g.ai.	5.61 ab	8.57 b-d	4.34 b	10.77 b
(P) + Metalaxyl 0.3 g.ai.	5.49 ab	12.12 a	5.48 a	12.97 a
(P) + Metalaxyl 0.5 g.ai.	5.96 a	13.76 a	5.40 ab	11.42 b
F-test	**	**	*	**
CV%	10.60	19.57	13.88	11.99

*, **: Significantly different at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively.

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT.

การทดลองที่ 2 การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราในการควบคุมโรคเน่าคอดินจากเชื้อสาเหตุ *Pythium* spp. ในเมล็ดแตงกวา

จากผลการทดลองที่ 1 สามารถเลือกการพอกเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราที่ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มาทั้งหมด 2 กรรมวิธี คือ การพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ จากนั้นนำทั้ง 2 กรรมวิธีมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกและเมล็ดที่พอกเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีผลการศึกษาและวิจารณ์ดังนี้

หลังการทดลองนำเมล็ดแต่ละกรรมวิธีไปวางในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี *Pythium* spp. ผลการทดลองพบว่า เมื่อประเมินการงอกแรกและความเร็วในการงอกแรกที่ระยะ 3 วัน การพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีการงอกแรกและความเร็วในการงอกแรกสูงกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก ซึ่งหลังการวางเชื้อรา *Pythium* spp. พบว่าใช้เวลา 2 วัน เชื้อรากระจายเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และเมื่อพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์การงอกแรกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการพอกเมล็ดร่วมกับ metalaxyl ทุกความเข้มข้นมีการงอกสูงขึ้น 130 และ 170 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการพอกเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ จึงทำให้เมล็ดสามารถงอกได้สูงขึ้นแม้อยู่ภายใต้เชื้อรา *Pythium* spp. ที่ปกคลุมอยู่รอบๆ เมล็ด

ส่วนการตรวจสอบการยับยั้ง เชื้อรา *Pythium* spp. โดยพิจารณาจากลักษณะของเมล็ดดีที่ปราศจากการเข้าทำลาย และเมล็ดเน่าที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายพบว่า เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ดพบลักษณะเมล็ดเน่า 50 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีพบว่าการเข้าทำลาย

ของเชื้อรา *Pythium* spp. น้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก โดยเฉพาะการพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีลักษณะของเมล็ดที่ถูกเข้าทำลาย 26 เปอร์เซ็นต์ซึ่งน้อยกว่าทุกกรรมวิธีทดลอง (Table 3)

จากการพิจารณาวิธีการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธีเห็นได้ชัดว่าเมื่ออยู่ภายใต้การเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium* spp. ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อยังพบว่าสามารถงอกแรกและถูกเชื้อรา *Pythium* spp. เข้าทำลายได้น้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก โดยการพอกเมล็ดเป็นวิธีที่มีการห่อหุ้มเมล็ดด้วยสารพอกอย่างสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลดปัจจัยเสี่ยงจากสภาพแวดล้อมและการเข้าทำลายของโรคและแมลงเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี (บุญมี, 2558) ซึ่งแสดงให้เห็นในกรรมวิธีการพอกเมล็ดเพียงอย่างเดียวจึงมีลักษณะของเมล็ดเน่าน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก 22 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ metalaxyl ทั้ง 2 ความเข้มข้นพบว่า สามารถลดจำนวนเมล็ดเน่าได้ถึง 28 และ 48 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดย metalaxyl เป็นสารออกฤทธิ์ชนิดดูดซึม จึงทำให้มีการเคลื่อนย้ายไปตามส่วนต่างๆ ของเมล็ดได้ง่าย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ (พิสุทธิ, 2550) สอดคล้องกับรายงานของ จักรพงษ์ และคณะ (2558) พบว่าหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับ metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ สามารถยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจากผลการทดลองนี้ ซึ่งได้พอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ระดับความเข้มข้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ จักรพงษ์ และคณะ (2558) จึงมีผลยับยั้งการเข้าทำลายได้ลดลง แต่สูงกว่าและดีมากกว่าเมล็ดแตงกวาที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ด ทำให้การพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีผลต่อคุณภาพเมล็ดน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* spp. ได้สูงมากกว่าทุกกรรมวิธีทดลอง

Table 3 Effects of cucumber seed pelleting with concentrations of metalaxyl on control of damping-off in laboratory condition.

Treatment	Radicle emergence (%)	Speed of radicle emergence (root/day)	Rot seed (%)
Non-pelleted	10 b ^{1,2}	1.25 b	50 a
Only pelleting (P)	12 ab	1.46 ab	39 ab
(P) + Metalaxyl 0.3 g.ai.	23 ab	2.79 ab	36 ab
(P) + Metalaxyl 0.5 g.ai.	27 a	3.38 a	26 b
F-test	**	**	**
CV%	13.70	10.10	15.54

** : Significantly different at $P \leq 0.01$.

1 Data are transformed by the arcsine before statistical analysis and back transformed data are presented.

2 Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT.

สรุป

ผลจากการทดสอบพอกเมล็ดพันธุ์แตงกวาร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา ต่อคุณภาพและการควบคุมโรคเน่าคอดินในระดับห้องปฏิบัติการ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ความเข้มข้น 0.3 และ 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีความงอก ความเร็วในการงอก ความยาวต้น และความยาวรากดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ทั้งหลังการพอกและหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

2. การพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีเปอร์เซ็นต์การงอรากแรก ความเร็วในการงอรากแรกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ด เมื่อทดสอบภายใต้การเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp. ในจานอาหาร PDA

3. การพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก 48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดสอบภายใต้การเจริญของเชื้อรา *Pythium* spp. ในจานอาหาร PD

ดังนั้นการพอกเมล็ดด้วย metalaxyl ที่ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ จึงเป็นชนิดและความเข้มข้นแนะนำสำหรับใช้พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์แตงกวา เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับป้องกันการ

การเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* spp. ในระยะก่อนและหลังการงอกของเมล็ดได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา พร498 ปัญหาพิเศษ ประจำปีการศึกษา 2565 และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ และห้องปฏิบัติการทางด้านโรคพืช สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ และสถานที่ทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ กางโสภา และเพชรรัตน์ จั้เพชร. 2564. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl, Captan และ Mancozeb หลังผ่านการทำไพรมมิ่งต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 29(3): 441-453.

จักรพงษ์ กางโสภา, อนันต์ วงเจริญ และบุญมี ศิริ. 2558. การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารป้องกันเชื้อราเพื่อยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ในระยะต้นกล้าของยาสูบ. เกษตร 43(4): 717-728.

- ชณิตรา โพธิ์เกษม ทรังคิลปี พจน์ชนะชัย อภิรัตน์ อุตยรัตนกิจ และภาณุมาศ ฤทธิไชย. 2553. ผลของการทำ priming ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(3): 405-408.
- ธรรมศักดิ์ สมมาตรย์. 2543. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 371 หน้า.
- ธิดารัตน์ แก้วคำ และบุญมี ศิริ. 2553. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยสารป้องกันโรคและแมลงต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 46(1)พิเศษ: 480-483.
- นิละมัย แสนสุภา, จักรพงษ์ ทางโสภา, ประนอมยังคำมัน และฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว. 2565. ผลของการเคลือบเมล็ดร่วมกับ *Streptomyces* sp. CU-02 ต่อคุณภาพและการควบคุมโรคเน่าคอดินในผักกาดขาวปลี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มจร. 7(1): 57-65.
- บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น. 239 หน้า.
- พัชรา คำพันธ์ และบุญมี ศิริ. 2564. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสมหลังเคลือบร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. วารสารเกษตร 49(1): 105-118.
- พิสุทธิ เอกอำนวย. 2550. โรคและแมลงของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ. สายธุรกิจโรงพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. อมรินทร์พรินติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพมหานคร. 379 หน้า.
- วนิดา ชื่นชัน สุกันยา รักษาสรระน้อย สมศักดิ์ อยู่บริบูรณ์ และวรรณกร กิจจะ. 2562. การยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ด้วยเชื้อราปฏิปักษ์ที่แยกได้จากดินในเขตพื้นที่ตำบลกฤษณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง 28(1): 53-64.
- ศศิธร การะบุญ. 2551. ผลของความหนาของการพอกเมล็ดต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 69 หน้า.
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2564. การส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุมเพื่อการค้าประจำปี พ.ศ. 2564. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: shorturl.at/dlMPZ. (3 มกราคม 2566).
- สืบศักดิ์ สนธิรัตน์. 2540. การจัดการโรคพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 141 หน้า.
- Abbasi, P.A. and G. Lazarovits. 2006. Seed treatment with phosphonate (AG3) suppresses pythium damping-off of cucumber seedlings. Plant Disease 90(4): 459-464.
- Bisognin, D. A. 2002. Origin and evolution of cultivated cucurbits. Ciência Rural 32: 715-723.
- Bruce, A.F., P.F. Francis, Reay-Jones and T.G. Dewitt. 2008. Tobacco pest management. Pee Dee Research and Education Center 2: Issue 1.
- Halmer, P. 2008. Seed technology and seeds enhancement. Acta Horticulturae 771: 17-26.
- Hill, H.J. 1994. Seed pelleting-history and modern fundamentals. HortScience 29: 1408.
- Iersel, V.M.W. and B. Bugbee. 1996. Phytotoxic effects of fungicides on bedding plants. Journal of the American Society for Horticultural Science 121: 1095-1102.
- ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing, Edition 2018. International Seed Testing Association, Bassersdorf.

- Jeephet, J., C. Atnaseo, S. Hermhuk and J. Kangsopa. 2022. Effect of seed pelleting with different matrices on physical characteristics and seed quality of lettuce (*Lactuca sativa*). International Journal of Agricultural Technology 18(5): 2009-2020.
- Kangsopa, J., R.K. Hynes and B. Siri. 2018. Lettuce seeds pelleting: A new bilayer matrix for lettuce (*Lactuca sativa*) seeds. Seed Science and Technology 46(3): 521-531.
- Laemmlen, F. 2001. Damping-off diseases. University of California, ANR Publication 8041: 1-4.
- Lu, P., D.R. Aimonino, G. Gilardi, M. L. Gullino and A. Garibaldi. 2010. Efficacy of different steam distribution systems against five soilborne pathogens under controlled laboratory conditions. Phytoparasitica 38(2): 175-189.

เครื่องหมายดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กับลักษณะการพักตัวของเมล็ดในถั่วซอมบี้

[*Vigna vexillata* (L.) A. Rich]

DNA Markers Associated with Seed Dormancy in Zombi Pea

[*Vigna vexillata* (L.) A. Rich]

พิชชามนุญ ใจแสน¹ กิตติยา อ่ำกุล¹ กุลารบ เหล่าสาธิต¹ และประกิจ สมท่า^{1*}

Phitchamanu Chaisaen¹, Kitiya Amkul¹, Kularb Laosatit¹ and Prakrit Somta^{1*}

Received: March 16, 2023

Revised: May 16, 2023

Accepted: May 31, 2023

Abstract: A decrease in or a loss of seed dormancy is a key trait in domestication of cereal and legume crops. It provides the uniform germination of seeds which is relevant for crop production. Although seed dormancy is disadvantage for crop cultivation, it can be exploited for improving resistance to pre-harvest spouting causing by excessive rain and humidity. Zombi pea (*Vigna vexillata* (L.) A. Rich) is an underutilized legume crop that adapts well to several climatic and environmental conditions. This research aimed to identify DNA marker(s) associated with seed dormancy in zombi pea. An F_2 population of 94 plants developed from a cross between "TVNu 240" (cultivated) and "TVNu 1623" (wild) was used to identify DNA markers associated with seed dormancy. Broad-sense heritability estimated for seed dormancy in the population was 62.99%. Bulk segregant analysis showed that simple sequence repeat (SSR) markers VvSSR-39, VvSSR-48 and VvSSR-71 were associated with seed dormancy. Single regression analysis explained 15.15%, 13.06% and 11.49%, of seed dormancy variation in the F_2 population, respectively. QTL mapping identified a single QTL for the seed dormancy between the markers VvSSR-39 and VvSSR-71. The QTL explained 18.29% of the trait variation. The results provide the basis for gene cloning of the seed dormancy in zombi pea.

Keywords: Zombi pea, *Vigna vexillata*, seed dormancy, bulked segregant analysis, QTL

บทคัดย่อ: การลดลงหรือการสูญเสียการพักตัวของเมล็ดเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นจากปลูกเลี้ยงพืชในกลุ่มธัญพืชและพืชวงศ์ถั่ว การสูญเสียการพักตัวของเมล็ดทำให้การงอกมีความสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการปลูกพืช แม้การพักตัวของเมล็ดจะส่งผลกระทบต่อ การปลูกพืช แต่ก็อาจมีประโยชน์สำหรับใช้แก้ปัญหาการงอกของเมล็ดก่อนการเก็บเกี่ยวเนื่องจากฝนตกและความชื้นที่มีมากเกินไป ถั่วซอมบี้ (zombi; *Vigna vexillata* (L.) A. Rich) เป็นพืชที่ปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมได้ดี แต่มีการศึกษาวิจัยน้อย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กับลักษณะการพักตัวของเมล็ดในถั่วซอมบี้ ดำเนินการโดยใช้ประชากรชั่วรุ่นที่ 2 (F_2) จำนวน 94 ต้น ของคู่ผสม TVNu240 (พันธุ์ปลูก) X TVNu1623 (พันธุ์ป่า) พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้างของการพักตัวของเมล็ดมีค่าเท่ากับ 62.99% การวิเคราะห์ bulk segregant analysis พบว่า

¹ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: agrpks@ku.ac.th

เครื่องหมายเอสเอสอาร์ VvSSR-39 VvSSR-48 และ VvSSR-71 สัมพันธ์กับลักษณะการพักตัวของเมล็ด การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเดียวในประชากร F_2 พบว่า เครื่องหมายเหล่านี้อธิบายความแปรปรวนของลักษณะการพักตัวของเมล็ดได้ 15.15 % 13.06 % และ 11.49 % ตามลำดับ การสร้างแผนที่พันธุกรรมและการวิเคราะห์ QTL ในประชากร F_2 พบ QTL ที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ดจำนวน 1 ตำแหน่ง วางตัวอยู่ระหว่างเครื่องหมาย VvSSR-39 และ VvSSR-71 และอธิบายความแปรปรวนของลักษณะการพักตัวของเมล็ดได้ 18.29 % ผลของการศึกษานี้เป็นประโยชน์ในการค้นหาที่ยีนที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ดในถั่วซอมบี้ต่อไป

คำสำคัญ: ถั่วซอมบี้, *Vigna vexillata*, การพักตัวของเมล็ด, แผนที่ยีน, QTL

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มว่าจะความร้ายแรงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งส่งผลให้เกิดความเครียดที่เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic stress) อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิสูง ภัยแล้ง และน้ำท่วม การเกิดฝนตกในปริมาณมากทั้งก่อนและระหว่างการเก็บเกี่ยว ทำให้เมล็ดเกิดการคุดน้ำและเกิดการงอก ส่งผลเสียต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพืช ทำให้มูลค่าของพืชผลลดลงและเสียหาย ประมาณการณ์การสูญเสียจากการงอกก่อนการเก็บเกี่ยว (pre-harvest sprouting) ของพืชต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา จีน และเกาหลีใต้ ในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2022-2032 จะมีมูลค่าสูงถึง 8-10 พันล้านเหรียญสหรัฐ (Lee *et al.*, 2021) ดังนั้น การงอกก่อนการเก็บเกี่ยวจึงเป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิต ผลผลิตทางการเกษตร อุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขปัญหาและพัฒนาพันธุ์พืชที่ต้านทานต่อการงอกก่อนการเก็บเกี่ยว (Nonogaki *et al.*, 2014) การพักตัวของเมล็ด นั้นเป็นกลไกของพืชในการอยู่รอดในสภาวะอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยโดยป้องกันไม่ให้เกิดการงอก หยุดการพัฒนาและการเจริญเติบโตชั่วคราว แม้ว่าจะได้รับน้ำ อุณหภูมิ และสภาพอากาศที่เหมาะสมสำหรับการงอก (Finch-Savage and Leubner-Metzger, 2006) โดยเป็นกลไกของลักษณะการปรับตัวของพืชพันธุ์ป่า การพักตัวของเมล็ดจึงเป็นลักษณะที่มีประโยชน์ในการป้องกันการเกิดเมล็ดงอกก่อนการเก็บเกี่ยว

ถั่วซอมบี้ (Zombi pea หรือ *Vigna vexillata* (L.) A. Rich) เป็นพืชในสกุล *Vigna* มีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง (Dachapak *et al.*, 2017) มีแหล่งกำเนิดในทวีปแอฟริกา เป็นพืชที่รู้จักและมีการใช้ประโยชน์น้อย แต่เป็นพืชอาหารที่สำคัญในหลายพื้นที่ เช่น ในแอฟริกา ออสเตรเลีย และบางพื้นที่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Panzeri *et al.* 2022) ส่วนที่นำมาใช้บริโภค คือ ผักอ่อน เมล็ด และรากสะสมอาหาร ซึ่งรากสะสมอาหารมีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยโปรตีนประมาณ 15 % (Chandel *et al.*, 1972) ถั่วซอมบี้สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมได้ดี อีกทั้งยังมีความต้านทานโรคหรือทนทานต่อแมลงศัตรูพืชหลายชนิด (Karuniawan *et al.*, 2005) อาทิ เช่น ต้านทานด้วงเจาะเมล็ด (*Callosobruchus chinensis*, *C. maculatus* และ *Zabrotes subfasciatus*) (Birch *et al.* 1986; Amkul *et al.* 2019) หนอนเจาะผักถั่วมารูคา (*Maruca testulalis*) และมวนถั่วเหลือง *Clavigralla tomentosicollis* (Jackai and Oghiakhe 1989) เป็นต้น ดังนั้น ถั่วซอมบี้จึงอาจสามารถใช้เป็นแหล่งของยีนต้านทานต่อความเครียดจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตหรือสภาพแวดล้อมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืชได้ โดยมีรายงานว่าถั่วซอมบี้สามารถผสมพันธุ์กับถั่วพุ่มได้ (Gomathinayagam *et al.*, 1998)

ในพืชตระกูลถั่วมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับยีนที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ดในถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) ถั่วเหลือง (*Glycine max* L.)

และบาร์โวลเมติกซ์ (*Medicago truncatula* Gaertn.) โดยในถั่วเขียวพบว่า ยีน KNA7-1 ควบคุมการพักตัวของเมล็ด โดยอาจทำหน้าที่ในการสร้างคิวตินที่เปลือกหุ้มเมล็ดในถั่วเขียวพันธุ์ป่า (Laosatit *et al.*, 2022) ในถั่วเหลืองพบว่า ยีน G (Glyma.01G198500) ที่ควบคุมการเกิดสีของเมล็ด มีผลต่อการพักตัวของเมล็ดด้วย โดยควบคุมการสร้างกรดแอบไซซิก ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชสำคัญมีหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช (Wang *et al.*, 2018) ส่วนในบาร์โวลเมติกซ์พบว่า ยีน KNOX4 ควบคุมการพักตัวของเมล็ด โดยทำหน้าที่ในการสร้างคิวตินที่เปลือกหุ้มเมล็ด (Chai *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตาม จนถึงปัจจุบันมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการพักตัวของเมล็ดในถั่วซอมบี้เพียงการศึกษาเดียว โดย Amkul *et al.* (2020) รายงานว่า พักตัวของเมล็ดในถั่วชนิดนี้เป็นลักษณะเชิงปริมาณ และมีค่าอัตราพันธุกรรมแบบกว้าง (broad-sense heritability; H^2) เท่ากับ 68.09% อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการค้นหายีนที่เป็นยีนสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดการพักตัวของเมล็ดในถั่วซอมบี้ ดังนั้น จึงควรศึกษาพันธุกรรมของยีนที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด และค้นหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่มีความเชื่อมโยงกับยีนเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ช่วยคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อการออกก่อนการเก็บเกี่ยวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาและการสกัดดีเอ็นเอ

สร้างประชากรชั่วรุ่นที่ 2 (F_2) ของถั่วซอมบี้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์ TVNu 240 และ TVNu 1623 โดย TVNu 240 เป็นพันธุ์ปลูก ที่มีการพักตัวของเมล็ดน้อย มีการพักตัวของเมล็ดประมาณ 30% ส่วน TVNu 1623 เป็นพันธุ์ป่า ที่มีการพักตัวของเมล็ดมาก มีการพักตัวของเมล็ดประมาณ 70% ปลูกประชากร F_2 จำนวน 354 ต้น และพันธุ์พ่อแม่อย่างละ 20 ต้น ในแปลงทดลอง จากนั้นเก็บตัวอย่างใบของต้นประชากร F_2 ทุกต้น เพื่อนำไปสกัดดีเอ็นเอตามวิธีที่อธิบายไว้โดย Lodhi *et al.* (1994) และเมื่อถึงระยะสุกแก่แล้ว ทำการเก็บเมล็ดที่เกิดจากต้น F_2 (เมล็ด $F_{2:3}$) สำหรับนำไปประเมินการพักตัวของเมล็ด

2. การประเมินการพักตัวของเมล็ดถั่วซอมบี้

นำเมล็ดที่เกิดจากต้น F_2 (เมล็ด $F_{2:3}$) แต่ละต้น จำนวนต้นละ 50 เมล็ด พร้อมเมล็ดของต้นพ่อและแม่ จำนวน 10 ต้น ต้นละ 50 เมล็ด มาประเมินลักษณะเมล็ดแข็ง (เมล็ดที่มีการพักตัว) โดยนำมาทดสอบการดูดซึมน้ำ (imbibition) ตามวิธีของ Laosatit *et al.* (2022) จากนั้นนับจำนวนเมล็ดแข็ง (เมล็ดที่ไม่ดูดซึมน้ำหรือไม่งอก) ของแต่ละต้น แล้วนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ดตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ด} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่พักรักษาตัว}}{\text{จำนวนเมล็ดทดสอบทั้งหมด}} \times 100$$

3. การค้นหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เชื่อมโยงกับลักษณะการพักตัวของเมล็ด ด้วยวิธี bulk segregant analysis

นำเครื่องหมายเอสเอสอาร์ (SSR marker) ที่พัฒนาขึ้นจากจีโนมอ้างอิงของถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (ประกิจ สมท่า ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์) มาตรวจสอบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ TVNu 240 กับ TVNu 1623 ด้วยการทำปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรสหรือพีซีอาร์ ตามรายละเอียดที่อธิบายไว้โดย Laosatit *et al.* (2022) จากนั้นนำเครื่องหมายที่แสดงความแตกต่างไปค้นหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เชื่อมโยงกับการพักตัวของเมล็ดในประชากร F_2 ด้วยวิธี bulk segregant analysis (Michelmore *et al.*, 1991) โดยคัดเลือกต้น F_2 ที่มีการพักตัวของเมล็ดน้อย (2-7%) และการพักตัวของเมล็ดมาก (68-100%) จำนวนกลุ่มละ 9 ต้น แล้วนำดีเอ็นเอของต้นในแต่ละกลุ่มมารวมกัน สร้างเป็นกลุ่มดีเอ็นเอ (DNA pool) 2 กลุ่ม แล้วนำกลุ่มดีเอ็นเอทั้ง 2 กลุ่ม ไปตรวจสอบด้วยเครื่องหมายเอสเอสอาร์ที่แสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์พ่อกับแม่ จากนั้นนำเครื่องหมายที่แสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มดีเอ็นเอไปวิเคราะห์ในประชากร F_2

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การสร้างแผนที่พันธุกรรม

นำข้อมูลเครื่องหมายดีเอ็นเอเอสเอสอาร์ที่ใช้แสดงความแตกต่างในประชากร F_2 มาสร้าง

แผนที่พันธุกรรม (linkage map) ด้วยโปรแกรม QTL IciMapping v.4.2 (Meng *et al.*, 2015) โดยกำหนดค่า logarithm of odds (LOD) สำหรับจัดกลุ่มลิงค์เกจเท่ากับหรือมากกว่า 3.0 แล้วคำนวณระยะทางระหว่างเครื่องหมายดีเอ็นเอ (cM) โดยใช้ Kosambi's mapping function (Kosambi, 1944)

4.2 การวิเคราะห์ QTL ที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ด ข้อมูลแผนที่พันธุกรรม และข้อมูลการกระจายตัวของเครื่องหมาย มาวิเคราะห์หาตำแหน่งของ QTL ด้วยวิธี Inclusive composite interval mapping (ICIM) (Li *et al.*, 2007) โดยกำหนดระดับ significant LOD threshold ด้วยการวิเคราะห์ permutation test (จำนวน 3,000 รอบ ที่ระดับความน่าจะเป็น (P value) เท่ากับ 0.01 โดยใช้โปรแกรม QTL IciMapping v.4.2 (Meng *et al.*, 2015)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความแปรปรวนของลักษณะการพักตัวของเมล็ด ถั่วซอมบี้ในประชากร F_2

จากการนำมาเมล็ดที่เกิดจากต้น F_2 (เมล็ด $F_{2:3}$) แต่ละต้น พร้อมกับเมล็ดของต้นพันธุ์พ่อและแม่

ไปทดสอบการพักตัวของเมล็ด พบว่า เปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ดในประชากร F_2 มีค่าระหว่าง 2 ถึง 100% เฉลี่ยเท่ากับ 71.15% ในขณะที่พันธุ์ปลูก TVNu 240 มีเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 33.40% และพันธุ์ป่า TVNu 1623 มีเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 66.66% โดยเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ดในประชากร F_2 มีการกระจายตัวเป็นแบบต่อเนื่องแต่เบ้ไปทางถั่วซอมบี้พันธุ์ TVNu 1623 และมี transgressive segregation โดยในประชากร F_2 มีประชากรบางส่วนมีเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ดมากกว่าพันธุ์ป่า TVNu 1623 (Figure 1) ในขณะที่บางส่วนมีเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ดน้อยกว่าพันธุ์ปลูก TVNu 240 (Figure 1) แสดงให้เห็นว่า ทั้งพันธุ์ปลูกและพันธุ์ป่าต่างก็มียีนที่ช่วยเพิ่มและลดเปอร์เซ็นต์การพักตัวของเมล็ด (Amkul *et al.*, 2020; Laosatit *et al.*, 2022) และค่า H^2 ของการพักตัวของเมล็ด มีค่าเท่ากับ 62.99% แสดงให้เห็นว่า การพักตัวของเมล็ดในถั่วซอมบี้เป็นลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative trait) อิทธิพลของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อลักษณะนี้ และสอดคล้องกับรายงานของ Amkul *et al.* (2020) ที่รายงานว่า H^2 ของการพักตัวของเมล็ดของถั่วซอมบี้ อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่า H^2 เท่ากับ 68.09%

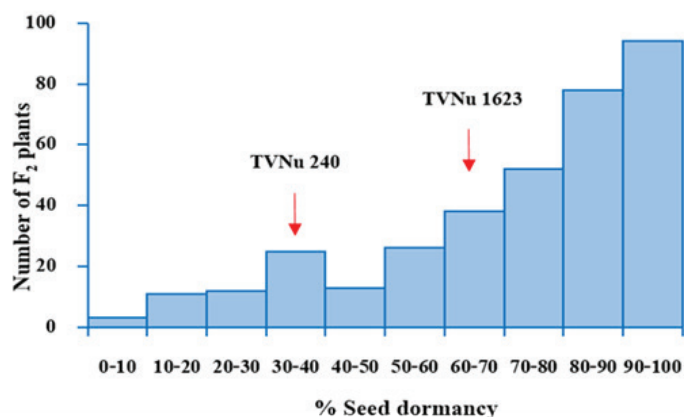


Figure 1 Frequency distribution for percentages of seed dormancy in F_2 population of the cross TVNu 240 x TVNu 1623.

การวิเคราะห์ bulk segregant analysis

จากการนำเครื่องหมายเอสเอสอาร์ ที่พัฒนาขึ้นจากถั่วพุ่มจำนวน 161 เครื่องหมาย ไปตรวจสอบหาความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ TVNu 240 และ TVNu 1623 พบว่า มี 9 เครื่องหมาย คือ VvSSR-73 VvSSR-11 VvSSR-12 VvSSR-15 VvSSR-24 VvSSR-39 VvSSR-48 VvSSR-55 และ VvSSR-71 แสดงความแตกต่างหรือให้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ทั้งสอง และเมื่อนำเครื่องหมายเหล่านี้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มดีเอ็นเอ Bulk#1 (การพักตัวของเมล็ดน้อย 2-10%) กับ Bulk#2 (การพักตัวของเมล็ดมาก

68-100%) พบว่าเครื่องหมาย VvSSR-39 VvSSR-48 และ VvSSR-71 แสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มดีเอ็นเอทั้งสอง (Figure 2) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (coefficient of determination หรือ R^2) เท่ากับ 15.15 13.06 และ 11.49 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1) แม้วิธีการ bulk segregant analysis จะพัฒนาขึ้นสำหรับค้นหาเครื่องหมายดีเอ็นเอที่เชื่อมโยงอยู่กับยีนที่มีอิทธิพลสูง (ลักษณะกึ่งคุณภาพ) แต่ในการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่า bulked segregant analysis สามารถนำมาใช้ในการค้นหาลักษณะเชิงปริมาณได้สำเร็จเช่นเดียวกัน

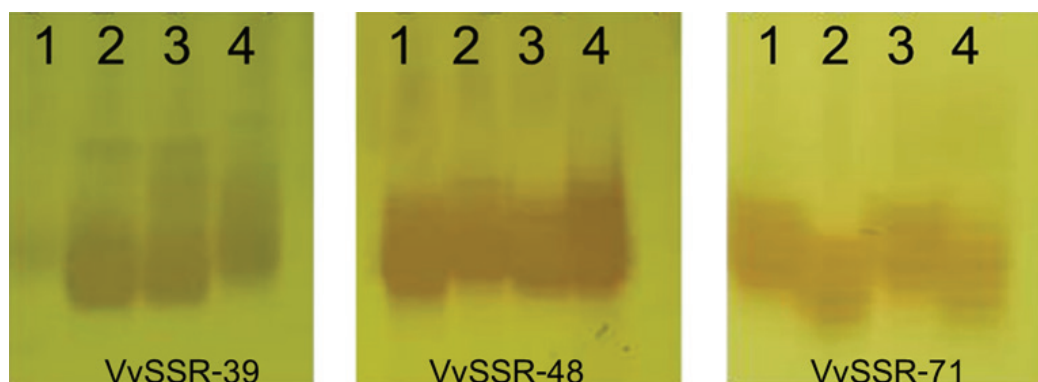


Figure 2 DNA band polymorphisms between the parents (TVNu 240 (lane 1) and TVNu 1623 (lane 4) and between the bulked DNA (Bulk#1 (lane 2) and Bulk#2 (lane 3)) revealed by markers VvSSR-39, VvSSR-48 and VvSSR-71.

Table 1 Coefficient of determination (R^2) of the markers showing significant association with seed dormancy in the F_2 population of the cross TVNu 240 x TVNu 1623.

Marker	Coefficient of determination (R^2)	Probability
VvSSR-39	15.15 %	<0.001
VvSSR-48	13.06 %	0.0002
VvSSR-71	11.49 %	0.0004

แผนที่พันธุกรรมและ QTL ที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ด

จากการนำเครื่องหมาย VvSSR-39 VvSSR-48 และ VvSSR-71 ที่แสดงความแตกต่าง

ระหว่างกลุ่มดีเอ็นเอ Bulk#1 (การพักตัวของเมล็ดน้อย) และ Bulk#2 (การพักตัวของเมล็ดมาก) ไปวิเคราะห์ในประชากร F_2 แล้วสร้างแผนที่พันธุกรรมพบว่า เครื่องหมายทั้งหมดอยู่กลุ่มลิงค์เดียวกัน

แผนที่พันธุกรรมที่สร้างขึ้นมีความยาวรวมเพียง 5.40 เซ็นติเมอร์แกน (centimorgan; cM) และมีระยะทางเฉลี่ยระหว่างเครื่องหมายเท่ากับ 1.8 cM (Figure 3) และเมื่อนำแผนที่พันธุกรรมที่สร้างขึ้นไปวิเคราะห์หาตำแหน่งของ QTL ที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ดด้วยวิธี ICIM ที่คำนวณค่า significant LOD threshold โดย permutation test จำนวน 3,000 รอบ ที่ระดับ $P = 0.01$ พบว่า significant LOD threshold มีค่าเท่ากับ 3.0 และตำแหน่ง QTL อยู่ที่ตำแหน่ง 0.0 cM

วางตัวอยู่ระหว่างเครื่องหมาย VvSSR-39 และ VvSSR-71 (Figure 4) อธิบายความแปรปรวนของ (phenotypic variance explained (PVE)) ของเมล็ดที่พักตัวได้ 18.29 % และมีอิทธิพลของยีนแบบผลบวก (additive effect) และยีนแบบข่ม (dominant effect) เท่ากับ -9.37 และ -5.12 ตามลำดับ ค่า PVE ของ QTL ที่ตรวจพบในครั้งนี้ใกล้เคียงกับค่า PVE ของ QTL หลักที่ควบคุมการพักตัวของเมล็ดในถั่วเขียว ซึ่งมีค่า 17.53% (Laosatit *et al.* 2022)

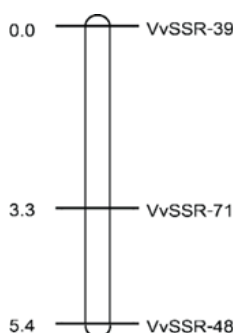


Figure 3 Genetic map constructed for F_2 population of the cross between TVNu 240 x TVNu 1623

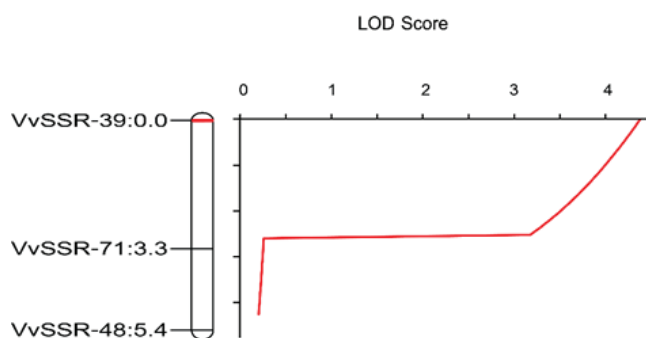


Figure 4 Logarithm of the odds (LOD) graph of QTL controlling seed dormancy detected in F_2 population of the cross TVNu 240 x TVNu 1623

สรุป

การศึกษาพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะการพักตัวของเมล็ดในถั่วหอมบี๋ โดยใช้ประชากร F_2 ของคู่ผสมระหว่างพันธุ์ TVNu 240 กับ TVNu 1623 พบว่า การพักตัวของเมล็ดเป็นลักษณะเชิงปริมาณ มีค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) แบบกว้างอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเท่ากับ 62.99% และเครื่องหมาย

เอสเอสอาร์ VvSSR-39 VvSSR-48 และ VvSSR-71 สัมพันธ์กับลักษณะการพักตัวของเมล็ด ตามลำดับ QTL หลักที่ควบคุมลักษณะการพักตัวของเมล็ด วางตัวอยู่ใกล้กับเครื่องหมาย VvSSR-39 มากที่สุด โดย VvSSR-39 อธิบายความแปรปรวนของลักษณะการพักตัวของเมล็ดในถั่วหอมบี๋ในประชากรได้ 15.15 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

- Amkul, K., L. Wang, P. Somta, S. Wang and X. Cheng. 2019. Construction of a high density linkage map and genome dissection of bruchid resistance in zombi pea (*Vigna vexillata* (L.) A. Rich). Scientific Reports 9: 1-10.
- Amkul, K., P. Somta, K. Laosatit and L. Wang. 2020. Identification of QTLs for domestication-related traits in zombi pea [*Vigna vexillata* (L.) A. Rich.], a lost crop of Africa. Frontiers in Genetics 11: 803.
- Birch, A.N.E., L.E. Fellow, S.V. Evans and K. Doherty .1986. Para-Aminophenylalanine in *Vigna*: possible taxonomic and ecological significance as a seed defence against bruchids. Phytochemistry 25: 2745-2749.
- Chandel, K.P.S., R.K. Arora and B.S. Joshi. 1972. *Vigna capensis* Walp. (*V. vexillata*) an edible root legume. Current Science 41: 537.
- Chai, M., C. Zhou, I. Molina, C. Fu, J. Nakashima, G. Li, W. Zhang, J. Park, Y. Tang, Q. Jiang and Z.Y. Wang. 2016. A class II KNOX gene, KNOX4, controls seed physical dormancy. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 113: 6997-7002.
- Dachapak, S., P. Somta, S. Poonchaivilaisak, T. Yimram and P. Srinives. 2017. Genetic diversity and structure of the zombi pea (*Vigna vexillata* (L.) A. Rich.) gene pool based on SSR marker analysis. Genetica 145: 189-200.
- Finch-Savage, W.E. and G. Leubner-Metzger. 2006 Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist 171: 501-23.
- Gomathinayagam, P., S. Ganeshram, R. Rathnaswamy and N.M. Ramaswamy. 1998. Interspecific hybridization between *Vigna unguiculata* (L.) Walp. and *Vigna vexillata* (L.) A. Rich. through *in vitro* embryo culture. Euphytica 102: 203-209.
- Jackai, L.E.N. and S. Oghiakhe. 1989. Pod wall trichomes and resistance of two wild cowpea, *Vigna vexillata*, accessions to *Maruca testualis* (Geyer) (Lepidoptera: Pyralidae) and *Clavigralla tomentosicollis* Stal (Hemiptera: Coreidae). Bulletin of Entomological Research 79: 595-605
- Karuniawan, A., A. Iswandi, P.R. Kale, J. Heinzemann and W.J. Grüneberg. 2005. *Vigna vexillata* (L.) A. Rich. cultivated as a root crop in Bali and Timor. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 213-217.
- Kosambi, D. 1944. The estimation of map distance from recombination values. Annals of Eugenics 12: 172-175.
- Laosatit, K., K. Amkul, T.Yimram, J. Chen, Y. Lin, X. Yuan, L. Wang, X. Chen and P. Somta. 2022. A Class II KNOX gene, KNAT7-1, regulates physical seed dormancy in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. Frontiers in Plant Science 13: 1-14.
- Lee, J.S., D. Chebotarov, K.L. McNally, V. Pede, T.D. Setiyono, R. Raquid, W.J. Hyun, J.U. Jeung, A. Kohli and Y. Mo. 2021. Novel sources of pre-harvest sprouting resistance for Japonica rice improvement. Plants 10: 1709.

- Li, H., G. Ye and J. Wang. 2007. A modified algorithm for the improvement of composite interval mapping. *Genetics* 175: 361-374.
- Lodhi, M.A., G.N. Ye, N.F. Weeden and B.I. Reisch. 1994. A simple and efficient method for DNA extraction from grapevine cultivars and *Vitis* species. *Plant Molecular Biology* 12: 6-13.
- Meng, L., H. Li, L. Zhang and J. Wang. 2015. QTL IciMapping: Integrated software for genetic linkage map construction and quantitative trait locus mapping in biparental populations. *Crop Journal* 3: 269-283.
- Michelmore, R.W., I. Paran and R.V. Kesseli. 1991. Identification of markers linked to disease resistance genes by bulk segregant analysis: a rapid method to detect markers in specific genomic regions using segregating populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 88: 9828-9832.
- Nonogaki, H. 2014. Seed dormancy and germination emerging mechanisms and new hypotheses. *Frontiers in Plant Science* 5: 233.
- Panzeri, D., W.G. Nissim, M. Labra and F. Grassi. 2022. Revisiting the domestication process of African *Vigna* species (Fabaceae): background, perspectives and challenges. *Plants* 11: 532.
- Wang, M., W. Li, C. Fang, F. Xu, Y. Liu, Z. Wang, R. Yang, M. Zhang, S. Liu, S. Lu, T. Lin, J. Tang, Y. Wang, H. Wang, H. Lin, B. Zhu, M. Chen, F. Kong, B. Liu, D. Zeng, S.A. Jackson, C. Chu and Z. Tian. 2018. Parallel selection on a dormancy gene during domestication of crops from multiple families. *Nature Genetics* 50: 1435-1441.

การใช้ประโยชน์จากลำต้นปาล์มน้ำมันผุเป็นวัสดุเพาะเมล็ดพันธุ์กัญชา

Utilization of Decayed Oil Palm Trunk for Seedling Media of Marijuana

(*Cannabis sativa* L.)

ชมดาว ขำจริง^{1*} และอภิรักษ์ ตะโจคง¹

Chomdao Khumjing¹ and Aphilak Tachokhong¹

Received: February 3, 2023

Revised: April 24, 2023

Accepted: May 1, 2023

Abstract: The objective of this research was to study the utilization of oil palm trunk decay for seedling media of marijuana (*Cannabis sativa* L.). The experimental design was complete randomized design (CRD) consisting of 6 treatments: 1) peat moss 2) decayed oil palm trunk 3) coconut coir: peat moss (1:1 v/v) 4) decayed oil palm trunk: peat moss (1:1 v/v) 5) coconut coir: decayed oil palm trunk (1:1 v/v) and 6) decayed oil palm trunk: peat moss (2:1). The experiment was carried out during August to December 2020 at Department of Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University. The results showed that marijuana seedling in peat moss and decayed oil palm trunk: peat moss (1:1 v/v) had the highest in the percentage of germination at 66.50 and 59.50, respectively, germination index at 14.73 and 13.24, respectively, similar days to 50% germination of 4.25 days and the seedling height at 6.48 and 6.63 cm, respectively.

Keywords: decayed oil palm trunk, marijuana

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากลำต้นปาล์มน้ำมันผุเป็นวัสดุเพาะต้นกล้ากัญชา วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 6 ทรีทเมนต์ คือ 1) พีทมอส 2) ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ 3) ขุยมะพร้าว : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร 4) ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร 5) ขุยมะพร้าว : ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร และ 6) ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ : พีทมอส อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ณ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี พบว่า เมล็ดกัญชาที่เพาะด้วยพีทมอส และลำต้นปาล์มน้ำมันผุ : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด 66.50 และ 59.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน 4.25 วัน ดัชนีการงอก 14.73 และ 13.24 ตามลำดับ และมีความสูงของต้นกล้าเฉลี่ยเท่ากับ 6.48 และ 6.63 เซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ กัญชา

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76000

¹ Department of Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi 76000

* Corresponding author: Chomdao2526@gmail.com

คำนำ

ปัจจุบันพืชกัญชาถูกนำออกจากบัญชียาเสพติดประเภทที่ 5 ตาม พ.ร.บ. ยาเสพติดให้โทษ ประชาชนสามารถปลูกกัญชา - กัญชง ภายในบริเวณบ้านเรือน เพื่อประโยชน์ในการรักษาและดูแลสุขภาพได้ โดยไม่ต้องขออนุญาตปลูกในเชิงพาณิชย์หรือปลูกเพื่อขายได้ แต่ต้องขออนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุขก่อนปลูก (ฐานเศรษฐกิจดิจิทัล, 2565) กัญชามีสาร Tetrahydrocannabinol (THC) และ Cannabidiol (CBD) ซึ่งแสดงฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งช่องปาก มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (เชิดชู, ม.ป.ป.) กัญชา มี 3 ชนิด (species) ได้แก่ ชาติวา (*Cannabis sativa*) อินดิกา (*Cannabis indica*) และ รูเดอราลิส (*Cannabis ruderalis*) โดยกัญชาทางกระรอกภูพานเป็น *Cannabis sativa* ที่มีลักษณะเด่น คือ มีใบยาว เรียว สีเขียวอ่อน ชอบแดด และอากาศร้อน มีช่อดอกใหญ่ และเรียงกันแน่นเป็นพวงทรงสามเหลี่ยมคล้ายหางกระรอก มีกลิ่นเฉพาะตัวหอมคล้ายมะม่วงสุก และไม่มึนเมา จึงเป็นชนิดที่มีการศึกษาวิจัยในทางการแพทย์มากที่สุด แต่พบว่าเมล็ดมีราคาค่อนข้างสูง (กระทรวงสาธารณสุข, 2565) ในการขยายพันธุ์กัญชานิยมทำด้วยการเพาะเมล็ด หากใช้ฟิทมอสเป็นวัสดุปลูกพบว่าสามารถทำให้เมล็ดกัญชางอก และต้นกล้าเจริญเติบโตได้ดี (วรัญญา, 2562)

ฟิทมอสเป็นวัสดุปลูกพืชที่สะอาด ปราศจากแมลง เชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย รักษาความชื้นได้ดี มีสภาพเป็นกลาง อีกทั้งยังมีแร่ธาตุที่จำเป็นและเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต และปลดปล่อยออกมาให้ต้นกล้าอย่างช้าๆ เมื่อต้นกล้าต้องการ (สวนครัว, 2561) แต่ปัญหา คือ มีราคาแพง จึงทำให้การเพาะเมล็ดกัญชาในแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการลงทุนซื้อฟิทมอสสูง

ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการหาวัสดุธรรมชาติมาทดแทน เพื่อลดต้นทุนในการเพาะปลูกกัญชาให้เกษตรกรโดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งปลูกต้นปาล์มน้ำมัน จึงทำให้มีการล้ม

ต้นปาล์มน้ำมันที่หมดอายุการเก็บเกี่ยวเป็นจำนวนมาก เพื่อที่จะปลูกปาล์มใหม่ทดแทน ซึ่งลำต้นปาล์มน้ำมันที่ล้มนั้นไม่ได้ใช้ประโยชน์และปล่อยให้ผุไปตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตามมีการนำลำต้นปาล์มน้ำมันผุมาทำเป็นวัสดุในการเพาะเมล็ดกัญชา เนื่องจากมีคุณสมบัติร่วนซุย มีมวลเบา เหมาะแก่การยึดเกาะของราก โดยมีรายงานว่าการใช้ขุยมะพร้าวและกากหม้อกรองซึ่งเป็นเศษเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาล (1 : 1 โดยปริมาตร) มาเพาะกล้าเมล็ดกัญชา พบว่าทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และมีความแข็งแรงสูงสุด (หนึ่ง และคณะ, 2564) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีแนวคิดในการศึกษาวัสดุจากธรรมชาติที่มีอยู่ตามชุมชน คือ ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ มาเป็นวัสดุเพาะเมล็ดกัญชาทดแทนการใช้ฟิทมอส เพื่อใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ และมีคุณค่ามากที่สุด เพื่อลดต้นทุนค่าวัสดุเพาะปลูก ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถเป็นแนวทางในการปลูกผักสวนครัว หรือเพาะเมล็ดพันธุ์ชนิดอื่นอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเมล็ดกัญชา

นำเมล็ดกัญชาพันธุ์หางกระรอกมาแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำเอาเฉพาะเมล็ดที่จมน้ำมาใช้ในการทดลอง

การเตรียมวัสดุเพาะลำต้นปาล์มน้ำมันผุ

นำลำต้นปาล์มน้ำมันผุมาผ่านตะกร้าที่มีขนาดรูสี่เหลี่ยม 3*3 มิลลิเมตร เพื่อแยกเอาสิ่งเจือปนออก แล้วจึงนำมาเป็นวัสดุเพาะ ร่อนขุยมะพร้าวผ่านตะกร้าที่มีขนาดรูสี่เหลี่ยม 3*3 มิลลิเมตร เพื่อแยกเอาเส้นใยของขุยมะพร้าวออก ใช้แต่ขุยมะพร้าว

การเพาะเมล็ดกัญชา

นำเมล็ดกัญชาที่เตรียมไว้เพาะลงในวัสดุเพาะที่ต่างกัน 6 สิ่งทดลอง ในถาดเพาะเมล็ดขนาด 105 หลุม ขนาดหลุม 30 x 30 มิลลิเมตร ลึก 38 มิลลิเมตร รูปทรงหลุมแบบสี่เหลี่ยม หลังจากเพาะเมล็ดแล้วนำไปวางในโรงเรือนเพาะกล้า มีสิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ฟิทมอส (ชุดควบคุม)

สิ่งทดลองที่ 2 ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ (วัสดุทดแทน)

สิ่งทดลองที่ 3 ขุยมะพร้าว : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร

สิ่งทดลองที่ 4 ลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร

สิ่งทดลองที่ 5 ขุยมะพร้าว : ลำต้นปาล์มน้ำมัน อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร

สิ่งทดลองที่ 6 ลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomize Design (CRD) จำนวน 6 สิ่งทดลอง สิ่งทดลอง ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด ใช้ต้นกล้าทั้งหมด 2,400 เมล็ด

การบันทึกข้อมูล

1. เปอร์เซ็นต์ความงอก (%) คำนวณจากจำนวนต้นกล้าที่งอก/พื้นที่ปลูกหลังจากเพาะลง ถาด 60 ชั่วโมง โดยใช้สูตร (จำนวนเมล็ดที่งอก/จำนวนเมล็ดที่เพาะ) x 100 (ISTA, 2013)

2. จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของการงอกทั้งหมด (วัน)

3. ดัชนีการงอก = (ต้นอ่อนปกติวันที่ 1/วันที่ 1)+(ต้นอ่อนปกติวันที่ 2/วันที่ 2)+....+ (ต้นอ่อนปกติวันสุดท้าย/วันสุดท้าย) (AOSA, 1983)

4. การบันทึกข้อมูล ข้อที่ 1- 3 จะสิ้นสุดการบันทึกผลเมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 7 วัน

5. ความสูงต้นกล้า (เซนติเมตร) วัดความสูงของต้นกล้าปกติที่อายุพร้อมย้ายปลูก 14 วัน โดยนำต้นกล้าปกติแต่ละซ้ำ วัดความสูงเหนือวัสดุเพาะ 1 เซนติเมตร ถึงปลายยอดของต้นกล้าปกติ คำนวณความสูงเฉลี่ยของต้นกล้า

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22

ผลการทดลอง

1. เปอร์เซ็นต์ความงอก

ผลของวัสดุเพาะการใช้จากลำต้นปาล์มน้ำมันต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า กล้วยา พบว่า เมล็ดกล้วยาที่เพาะด้วยฟิทมอส (ชุด

ควบคุม) ลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร และขุยมะพร้าว : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยสูงสุด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 66.50 59.50 และ 58.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่สูงกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ ที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดกล้วยาที่เพาะด้วยขุยมะพร้าว : ลำต้นปาล์มน้ำมัน อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร ลำต้นปาล์มน้ำมัน และลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร มีเปอร์เซ็นต์ความงอก เท่ากับ 44.50 38.50 และ 38.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1)

2. จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์

เมล็ดกล้วยาที่เพาะด้วยฟิทมอส (ชุดควบคุม) ลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร และขุยมะพร้าว : ลำต้นปาล์มน้ำมัน อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีจำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์เร็วที่สุด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 4.25 4.25 และ 4.00 วัน ตามลำดับ แต่สูงกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ ที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดกล้วยาที่เพาะด้วยลำต้นปาล์มน้ำมัน ขุยมะพร้าว : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร และลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร มีจำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน 5.00 วัน (Table 1)

3. ดัชนีการงอก

เมล็ดกล้วยาที่เพาะด้วยฟิทมอส (ชุดควบคุม) มีดัชนีการงอกเฉลี่ยสูงสุด คือ 14.73 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กับเมล็ดกล้วยาที่เพาะด้วย ลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร ขุยมะพร้าว : ฟิทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร ดัชนีการงอกเฉลี่ย เท่ากับ 13.24 และ 12.46 ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดกล้วยาที่เพาะด้วยลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร และลำต้นปาล์มน้ำมัน : ฟิทมอส อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร มีดัชนีการงอกเฉลี่ยต่ำสุด คือ 7.94 และ 7.88 ตามลำดับ (Table 1)

4. ความสูงของต้นกล้ากัญชา

เมล็ดกัญชาที่เพาะด้วยพีทมอส และลำต้นปาล์มน้ำมันผุ : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีความสูงของต้นกล้ากัญชาเฉลี่ยสูงสุด ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 6.63 และ 6.48 เซนติเมตร

ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดกัญชาที่เพาะขุยมะพร้าว : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีความสูงของต้นกล้ากัญชาต่ำสุด เท่ากับ 4.26 เซนติเมตร (Table 2)

Table 1 The percentage of germination, days to 50% germination and germination index of marijuana seeds

Seedling media	Germination (%)	Days to 50% germination (days)	Germination index
Peat moss (control)	66.50 ^a	4.25 ^b	14.73 ^a
Decayed oil palm trunk	38.50 ^b	5.00 ^a	7.88 ^c
Coconut coir : Peat moss (1:1 v/v)	58.25 ^a	5.00 ^a	12.46 ^{ab}
Decayed oil palm trunk : Peat moss (1:1 v/v)	59.50 ^a	4.25 ^b	13.24 ^{ab}
Coconut coir: Decayed oil palm trunk (1:1 v/v)	44.50 ^b	4.00 ^b	10.12 ^{bc}
Decayed oil palm trunk : Peat moss (2:1 v/v)	38.25 ^b	5.00 ^a	7.94 ^c
F - test	**	*	**
CV (%)	16.47	9.61	19.09

* = significantly different at $P < 0.05$ ** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT.

Table 2 The seedling height of marijuana

Seedling media	Seedling height (cm)
Peat moss (control)	6.48 ^a
Decayed oil palm trunk	4.93 ^b
Coconut coir : Peat moss (1:1 v/v)	4.26 ^d
Decayed oil palm trunk : Peat moss (1:1 v/v)	6.63 ^a
Coconut coir : Decayed oil palm trunk (1:1 v/v)	4.36 ^{cd}
Decayed oil palm trunk : Peat moss (2:1 v/v)	4.62 ^{bc}
F - test	**
CV (%)	28.44

** = significantly different at $P < 0.01$

Means within the same column followed by the different letters are significantly different according to DMRT.

วิจารณ์

จากผลการทดลองการใช้วัสดุเพาะสูตรต่างๆ พบว่า วัสดุเพาะที่ผสมระหว่างลำต้นปาล์มน้ำมันผุ :

พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเมล็ดกัญชาเทียบเท่ากับการใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียว โดยการใช้ลำต้น

ปาล์มน้ำมันและพีทมอสผสมเข้าด้วยกันอย่างละครึ่งตามปริมาตร ทั้งนี้เนื่องจากในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของลำต้นปาล์มน้ำมัน : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีองค์ประกอบบางอย่างที่มากกว่า พีทมอส เช่น pH 6.43 ซึ่ง Brady (1990) รายงานว่า พืชผักสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่เป็นกรดอ่อน ในช่วงของ pH 6.0-7.2 และพืชเกือบทุกชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดี ใน pH ระดับนี้ และมีแคลเซียม (Ca) มากกว่า คือ 1.48% โดยธาตุแคลเซียม มีบทบาทสำคัญต่อการงอกของเมล็ดโดยเป็นโคแฟกเตอร์ที่ช่วยให้เอนไซม์มีกิจกรรมได้ดีขึ้นคือ เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสซึ่งทำหน้าที่ย่อยแป้งให้สั่นลงเป็นเดกซ์ทริน (dextrin) (ยงยุทธ, 2558) ซึ่งมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายแป้งไปยังส่วนอื่นๆ ของพืชและยังช่วยย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลเล็กลงสำหรับใช้ในกระบวนการงอก อีกทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดได้ดียิ่งขึ้นเมื่อแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ที่ถูกพืชดูดซึมและเข้าไปทำงานร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (GA) ในการกระบวนการทางชีวเคมีของพืช (Bush, 1995; Anil and Rao, 2001) นอกจากนี้ยังพบว่ามีปริมาณไนโตรเจน (N) ที่เท่ากันคือ 1.20% ส่วนองค์ประกอบทางเคมีอื่นของลำต้นปาล์มน้ำมัน : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดย

ปริมาตร มีค่าการตรวจวิเคราะห์ที่ไม่ต่างกับพีทมอส (Table 3) จึงทำให้วัสดุเพาะลำต้นปาล์มน้ำมัน : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับการใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียวได้ ส่วนการที่เมล็ดกัญชาที่เพาะด้วยวัสดุเพาะลำต้นปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียว พบว่ามีกรงอกที่ต่ำ โดย Brady (1990) รายงานว่าหากวัสดุที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่มาก จะสร้างความเสถียรภาพให้กับวัสดุเพาะได้ ทำให้มีผลต่อการอุ้มน้ำ และกักเก็บความชื้นของวัสดุเพาะได้ดีตามมา เนื่องจากในลำต้นปาล์มน้ำมันมีปริมาณของอินทรีย์วัตถุ (OM) ที่ต่ำ มีความร่วนมาก อุ้มน้ำ และกักเก็บความชื้นได้ไม่ดี ซึ่งน้ำ ความชื้น เป็นปัจจัยสำคัญในการงอกของเมล็ดจึงทำให้เมล็ดกัญชามีการงอกที่ต่ำ ทั้งนี้ยังมีปริมาณธาตุอาหารแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ต่ำด้วย โดยงานวิจัยของ จวงจันทร และสำราญ (2532) ศึกษาผลของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพวกเมล็ดโต พบว่าการใส่แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน มีแนวโน้มทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์สูงขึ้น ดังนั้นในวัสดุเพาะลำต้นปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียวมีปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวที่ต่ำ จึงส่งผลให้เมล็ดกัญชามีการงอกให้ต่ำลงไปด้วย

Table 3 Chemical properties and macro-nutrient composition of peat moss, decayed oil palm trunk and decayed oil palm trunk: peat moss (1:1 v/v)

Chemical properties and composition	Peat moss ^{1/}	Decayed oil palm trunk ^{2/}	Decayed oil palm trunk: Peat moss (1:1 v/v) ^{3/}
pH	5.60	5.80	6.43
OM (%)	72.90	35.82	63.67
Total N (%)	1.20	1.58	1.20
Total P (%)	0.30	0.08	0.08
Total K (%)	0.30	0.37	0.12
Total Ca (%)	1.40	0.24	1.48
Total Mg (%)	0.6	0.13	0.14

^{1/}Chiangrai Horticultural Research Center (2013)

^{2/}Central Laboratory and Greenhouse Complex of Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus (2022)

^{3/}Central Laboratory and Greenhouse Complex of Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus (2023)

สรุป

การใช้ประโยชน์ลำต้นปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเพาะเมล็ดพันธุ์โดยใช้ในอัตราส่วน ลำต้นปาล์มน้ำมันผุ : พีทมอส อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอก จำนวนวันที่เมล็ดสามารถงอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการงอก และมีการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกล้าพันธุ์ที่ดีที่สุด ซึ่งให้ผลเทียบเท่ากับการใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ทรงศักดิ์ ธรรมจรัส ที่ให้คำปรึกษา และศูนย์วิจัยและนวัตกรรมพืชกัญชา และพืชเสพติดสมุนไพรทางการแพทย์และการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2565. กัญชาทางการแพทย์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.medcannabis.go.th/video>. (29 สิงหาคม 2565).
- จวงจันทร ดวงพัตรา และสำราญ สารบรรณ. 2532. ศึกษาผลของธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพวงเมล็ดโต. หน้า 468-475 ใน: การสัมมนา เรื่อง งานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 7. ชลบุรี.
- เชิดชู อริยศรีวัฒนา. ม.ม.ป. กัญชาทางการแพทย์. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.wongkarmpat.com/viewpat.php?id=2972&fbclid=IwAR3cZ9W2ZWEdxQjiFzngU4Mj1bUMAYeZf32WxqsoUggemPzNrvmCMJ6Qeg>. (29 สิงหาคม 2565).
- ฐานเศรษฐกิจดิจิทัล. 2565. ปลูกกัญชาขายได้ไหม เปิด 3 เงื่อนไขการปลูกหลังกัญชาถูกกฎหมาย 2565. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.thansettakij.com/general-news/528690>. (29 สิงหาคม 2565).
- ยงยุทธ โสภธสภ. 2558. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 548 หน้า
- วรัญญา นันตาแก้ว. 2562. ม.เกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร พร้อมนำกัญชาที่ปลูกผลิตยาแพทย์แผนไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://nbtworld.prdd.go.th/th/news/detail/TCATG191029173607049>. (18 เมษายน 2566).
- สวนครัว. 2561. พีทมอส (PEAT MOSS) คืออะไร และมีวิธีใช้อย่างไร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://www.suankrua.com/%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%A7/1383-autosave-v1/>. (29 สิงหาคม 2565).
- หนึ่ง เตียอำรุง, นันทกร บุญเกิด และพรรณลดาดิตตะบุตร. 2564. การผลิต และการใช้ประโยชน์จากกัญชา (Marijuana). รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. 60 หน้า.
- Anil, V.S. and K.S. Rao. 2001. Calcium-mediated signal transduction in plants: a perspective on the role of Ca^{2+} and CDPKs during early plant development. *Journal of Plant Physiology* 158: 1237-1256.
- AOSA. 1983. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No. 32. Association of Official Seed Analysts. Lincoln, NE., U.S.A. 88 p
- Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. Macmillan, London. 621 p.
- Bush, D.S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 46: 95-122.
- ISTA. 2013. Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2010 Edition. The International Seed Testing Association, Switzerland. 47 p.

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรในอำเภอ
ป่าซาง จังหวัดลำพูน

Factors Affecting to the Adoption of Quality Mango Production Technology by Farmers in
Pasang District, Lamphun Province

เฉลิมพงศ์ พันธุ์ทอง^{1*} บำเพ็ญ เขียวหวาน¹ และพลสรานู สรานรมย์¹

Chalermpong Punthong¹, Bumpen Keowan¹ and Phonsaran Saranrom¹

Received: March 27, 2023

Revised: April 25, 2023

Accepted: May 1, 2023

Abstract: The objectives of this research were to study 1) basic personal, social, economic and mango production conditions, 2) knowledge and knowledge resources regarding quality mango production, 3) opinions about quality mango production, 4) the adoption of technology in quality mango production, 5) factors relating to the adoption of technology in quality mango production, and 6) problems and suggestions in the extension of quality mango production of farmers. The population consisted of 368 farmers who had registered as mango production farmer with Pasang district agriculture office, Lamphun province in 2021. The sample size of 159 people was determined by using Taro Yamane formula with the error value of 0.06 through simple random sampling method. Data were collected by conducting interview. Data were analyzed by descriptive statistics, and multiple regression analysis. The results of the research found that 1) Farmers had the average age of 58.59 years old. The average mango production area was 4.35 Rai. Farmers had the average mango productivity of 1,431.77 kilogram/rai and had the average product selling price of 7.23 Baht/kilogram. 2) Knowledge regarding quality mango production, overall, farmers had knowledge at the high level ($\bar{x}$ = 11.96). They received the knowledge from personal media more than other sources. 3) The opinions toward quality mango production were generally at a high level ($\bar{x}$ = 3.68) with the most expression of their opinion towards fertility of mango tree. Followed by opinions on cost reduction, and risk reduction. 4) All farmers were choosing the appropriated planting area. The soil was well drained. The marshy area was managed to be well drained. 5) Factors affecting the adoption of technology in quality mango production of farmers included age, number of labors in the household, mango production area, average selling price of mango, and average yield of mango. 6) Problems of farmers, overall, were at the moderate level and suggestions of farmers at the high level especially on production and marketing.

Keywords: Technology adoption, quality mango, Pasang district

¹ วิชาเอกส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จ.นนทบุรี 11120

¹ Agricultural Extension School of Agriculture and Cooperatives Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi, 11120.

*Corresponding author: Chalermpong_boyboy@hotmail.com

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา 1) สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล สังคม เศรษฐกิจ และการผลิตมะม่วง 2) ความรู้และแหล่งความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะม่วงคุณภาพ 3) ความคิดเห็นในการผลิตมะม่วงคุณภาพ 4) การใช้เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพ 5) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพ และ 6) ปัญหาและข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร ประชากร คือ เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงกับสำนักงานเกษตรอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ในปี พ.ศ. 2564 จำนวน 368 ราย กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน ที่ความคลาดเคลื่อน 0.06 ได้จำนวน 159 ราย โดยสุ่มตัวอย่างแบบง่าย จัดเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาและวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า 1) เกษตรกรอายุเฉลี่ย 58.59 ปี พื้นที่ปลูกเฉลี่ย 4.35 ไร่ ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 1,431.77 กิโลกรัม/ไร่ ราคาเฉลี่ย 7.23 บาท/กิโลกรัม 2) ความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะม่วงคุณภาพ ในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=11.96$) โดยได้รับความรู้จากสื่อบุคคล มากกว่าแหล่งอื่นๆ 3) ความคิดเห็นในการผลิตมะม่วงคุณภาพ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.68$) โดยมีความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินมากที่สุด รองลงมา คือ การลดต้นทุน ด้านการลดความเสี่ยง 4) เกษตรกรทั้งหมดมีการเลือกพื้นที่ปลูกเหมาะสม ดินมีการระบายน้ำดี และพื้นที่ลุ่มจัดการให้มีการระบายน้ำอย่างดี เป็นระบบร่องยกแปลงปลูกหรือพื้นที่ดอนปรับสภาพให้เรียบ 5) ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร ได้แก่ อายุ จำนวนแรงงานในครัวเรือน พื้นที่ปลูกมะม่วง ราคาเฉลี่ย และผลผลิตเฉลี่ย 6) ปัญหาของเกษตรกร ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และข้อเสนอแนะอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะการผลิตและการตลาด

คำสำคัญ: การยอมรับเทคโนโลยี มะม่วงคุณภาพ อำเภอป่าซาง

คำนำ

มะม่วงเป็นไม้ผลที่รัฐบาลมีนโยบายการส่งเสริมศักยภาพการผลิตเพื่อการส่งออก ทั้งในด้านการขยายพื้นที่การผลิตและการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด นับตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525 - 2529) ถึงฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) โดยประเทศไทยมีการผลิตมะม่วงมากเป็นอันดับ 3 ของโลก และเป็นประเทศผู้ส่งออกมะม่วงมากเป็นอันดับ 1 ของโลก ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ปริมาณการส่งออกมะม่วงสดรวม 149,192 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,998 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) แต่การผลิตและการส่งออกมะม่วงของไทยยังพบปัญหาและอุปสรรค โดยเฉพาะผลผลิตที่ได้ยังไม่ได้รับมาตรฐาน ซึ่งการปรับตัวด้านพัฒนาการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต และการเพิ่มปริมาณผลผลิตคุณภาพให้เพียงพอ นั้น ยังเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (ทวีศักดิ์ และวราภรณ์, 2561)

สำหรับพื้นที่ปลูกมะม่วงพบกระจายทั่วไป

ทั้งในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก มีพื้นที่ปลูกมะม่วงทั่วประเทศ 913,901 ไร่ เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง 200,932 ครัวเรือน มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 903,311.82 ตัน โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ พิจิตร (102,712 ไร่) เชียงใหม่ (74,409 ไร่) เลย (51,435 ไร่) ประจวบคีรีขันธ์ (51,370 ไร่) ลำพูน (50,622 ไร่) และสุโขทัย (47,920 ไร่) โดยมะม่วงจะออกดอกติดผลในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม และเก็บเกี่ยวช่วงเดือนมีนาคม - เมษายน (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2565)

จังหวัดลำพูนเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีการปลูกมะม่วงค่อนข้างแพร่หลาย มีพื้นที่ปลูกมะม่วง 50,622 ไร่ โดยอำเภอป่าซางเป็นอีกหนึ่งอำเภอที่มีแนวโน้มการปลูกมะม่วงเพิ่มขึ้นจากในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ปลูก 918 ไร่ เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2564 เป็นจำนวน 1,553 ไร่ เนื่องจากเกษตรกรเริ่มมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่จากนาข้าวและลำไยที่เป็นพืชหลักเดิมเป็นสวนมะม่วงแทน อันเนื่องจากปัญหาผลผลิตลำไยออกสู่ตลาดในช่วง

เดียวกันเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ราคาตกต่ำ และในขั้นตอนการปลูกมะม่วงการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวซับซ้อนน้อยกว่าการปลูกลำไย (สำนักงานเกษตรอำเภอป่าซาง, 2564) อย่างไรก็ตามเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในการผลิตมะม่วงให้มีคุณภาพมาตรฐานตามที่ผู้ซื้อกำหนด เช่น ขนาดของผล สีผิว เป็นต้น ส่งผลให้ราคาตกต่ำในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีจำนวนผลผลิตออกสู่ตลาดมาก ซึ่งจำเป็นต้องมีการนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพมาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการเลือกพื้นที่ปลูก การปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556)

ดังนั้น จากประเด็นข้างต้นจึงจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการส่งเสริมการเกษตรการใช้เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ที่ขึ้นทะเบียนกับกรมส่งเสริมการเกษตร ในปี พ.ศ. 2564 จำนวน 368 ราย กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.06 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 159 ราย และสุ่มตัวอย่างเกษตรกรตามสัดส่วนแต่ละตำบล ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากแล้วดำเนินการเก็บข้อมูลจนกว่าจะครบตามจำนวน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือแบบสัมภาษณ์ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลในปีการผลิต 2564 สำหรับสถิติที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การจัดอันดับ และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสัมภาษณ์ มีลักษณะคำถามทั้งแบบปลายปิด และปลายเปิด โดยสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงใน

อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล สังคม เศรษฐกิจ และการผลิตมะม่วงของเกษตรกร

ตอนที่ 2 ความรู้และแหล่งความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะม่วงคุณภาพ เป็นคำถามปลายปิดให้เลือกตอบคือ ถูก หรือ ผิด จำนวน 15 ข้อ กำหนดให้ 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูกต้องตามหลักวิชาการของกรมวิชาการเกษตร และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิดจากหลักวิชาการ และนำคะแนนรวมมาจัดระดับความรู้ตามเกณฑ์ในการ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนรวม 13 - 15 หมายถึง ระดับมากที่สุด

คะแนนรวม 10 - 12 หมายถึง ระดับมาก

คะแนนรวม 7 - 9 หมายถึง ระดับปานกลาง

คะแนนรวม 4 - 6 หมายถึง ระดับน้อย

คะแนนรวม 1 - 3 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นในการผลิตมะม่วงคุณภาพ โดยเป็นคำถามแบบให้เลือกตอบ 5 ระดับ ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert type scale) และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง มาก

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง น้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง น้อยที่สุด

ตอนที่ 4 การใช้เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรซึ่งเป็นคำถามให้เลือกตอบ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ปฏิบัติ และ ไม่ปฏิบัติ ประกอบด้วย 8 ประเด็น คือ 1) การเลือกพื้นที่ปลูก 2) พันธุ์และระบบการปลูก 3) การให้น้ำ 4) การจัดการทวงพุ่มและการตัดแต่งกิ่ง 5) การควบคุมการออกดอก 6) การห่อผล 7) การเก็บเกี่ยว และ 8) การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

ตอนที่ 5 ปัญหา และข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการผลิตมะม่วงคุณภาพโดยกำหนดเป็น 3 ประเด็นหลักได้แก่ ด้านความรู้วิธีการส่งเสริม และการสนับสนุน โดยเป็นคำถามแบบให้เลือกตอบ 5 ระดับ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายโดยใช้เกณฑ์ เช่นเดียวกับตอนที่ 3

สำหรับการตรวจสอบความเที่ยง (reliability) ของแบบสัมภาษณ์ในส่วนของการคิดเห็น ปัญหาข้อเสนอนี้ในการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาช (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้เท่ากับ 0.858, 0.930 และ 0.931 ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าความเที่ยงที่แนะนำโดยทั่วไปนั้น ควรจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.80 ดังนั้น แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าค่าที่เหมาะสม จึงสามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างได้

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล สภาพสังคม สภาพเศรษฐกิจ และสภาพการผลิตมะม่วงของเกษตรกร

สภาพพื้นฐานส่วนบุคคล พบว่า เกษตรกรเป็นเพศชาย ร้อยละ 55.35 มีอายุเฉลี่ย 58.59 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 51.57 สอดคล้องกับ ธนภูมิ และคณะ (2564) ศึกษาการยอมรับเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงอำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 52 ปี จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ เริ่มเข้าสู่วัยสูงอายุและไม่ได้รับการศึกษาในระดับที่สูงกว่าภาคบังคับ และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 2.91 คน

สภาพสังคม พบว่า เกษตรกรร้อยละ 81.13 ไม่ได้รับการฝึกอบรมด้านการผลิตมะม่วงคุณภาพ และไม่เป็นสมาชิกสถาบันเกษตรกร เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีการปรับเปลี่ยนจากการผลิตลำไยเป็นมะม่วง จึงยังไม่ได้มีการรวมกลุ่มที่ชัดเจน ส่งผลให้ยังไม่ได้มีการดำเนินกิจกรรมหรือการเข้ารับการฝึกอบรมร่วมกันมากนัก

สภาพเศรษฐกิจ พบว่า เกษตรกรมีรายได้ภาคการเกษตรเฉลี่ย 70,610.06 บาท/ปี รายจ่ายภาคการเกษตรเฉลี่ย 35,003.14 บาท/ปี จำนวนแรงงานครัวเรือนในการทำการเกษตรเฉลี่ย 2.06 คน เกษตรกรมีแหล่งเงินทุนจากธนาคารเพื่อการเกษตร

และสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) ร้อยละ 44.65 และได้รับประโยชน์หลักในด้านเงินทุนและสินเชื่อและมีภาระหนี้สินของเกษตรกรเฉลี่ย 32,761.01 บาทต่อปี สอดคล้องกับ หนึ่งฤทัย (2556) ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงตามระบบการปฏิบัติเกษตรดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในอำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี ผลการศึกษาพบว่า แหล่งเงินทุนส่วนใหญ่มาจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่มีความใกล้ชิด และเป็นแหล่งเงินทุนที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้ง่าย รวมทั้งเกษตรกรเป็นสมาชิกกลุ่มลูกค้าอยู่แล้ว

สภาพการผลิตมะม่วงของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกมะม่วงเฉลี่ย 4.35 ไร่/ครอบครัว เกษตรกรร้อยละ 66.77 ปลูกพันธุ์เขียวมรกต ซึ่งกรมส่งเสริมการเกษตร (2556) ได้ระบุว่า เป็นพันธุ์ที่ติดผลดก ผลอ่อน และใบมีกลิ่นฉุน จึงไม่ค่อยมีแมลงศัตรูพืชรบกวน นอกจากนี้ยังเป็นมะม่วงล่าฤดูตามธรรมชาติที่เก็บเกี่ยวได้ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม หรือล่าไปกว่านี้ซึ่งเป็นช่วงที่มะม่วงดิบเหลือน้อยมาก ในส่วนต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเฉลี่ย 3,800.38 บาท/ไร่ มีปริมาณผลผลิตมะม่วงเฉลี่ย 1,431.77 กิโลกรัม/ไร่ ราคาจำหน่ายผลผลิตเฉลี่ย 7.23 บาท/กิโลกรัม ขณะที่ภาพรวมของทั้งประเทศพบว่า ต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 8,579.86 บาท/ไร่ ปริมาณผลผลิต 1,319.50 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564)

2. ความรู้ และแหล่งความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร

ความรู้ด้านการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 11.96 คะแนน (ต่ำสุด 4 คะแนน สูงสุด 15 คะแนน) โดยประเด็นที่เกษตรกรตอบได้ถูกต้อง 3 อันดับแรก คือ ระยะเวลาปลูก (ร้อยละ 92.45) การเลือกพื้นที่ปลูก (ร้อยละ 91.82) การปรับสภาพพื้นที่ให้เรียบและการวางแผนผังแปลง (ร้อยละ 89.31) สอดคล้องกับ ญัฐวุฒิ (2556) ศึกษาการผลิตมะม่วงเพื่อคุณภาพมาตรฐานส่งออกของเกษตรกรในอำเภอสาทเหล็ก จังหวัดพิจิตร พบว่า เกษตรกรมีความรู้การผลิตมะม่วงคุณภาพในประเด็นการเลือกสภาพพื้นที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกษตรกรมีประสบการณ์

ด้านการผลิตไม้ผล (ลำไย) มาเป็นระยะเวลาอันนาน จึงสามารถนำมาปรับใช้ในการผลิตมะม่วง ส่วนประเด็นที่เกษตรกรตอบถูกต้องน้อยที่สุด (ร้อยละ 64.78) คือ วัสดุที่ใช้ในการห่อมะม่วงเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกพันธุ์เขียวมรกต ที่มีลักษณะให้ผลผลิตจำนวนมาก ทนต่อโรคและแมลง จึงไม่นิยมห่อผลผลิต ซึ่งแตกต่างจากมะม่วงพันธุ์อื่น เช่น พันธุ์น้ำดอกไม้ที่ต้องใช้ถุงคาร์บอนในการห่อผลผลิต เพื่อให้ผิวมีสีเหลือง หรือพันธุ์แดงจักรพรรดิ ที่มีผลสีแดง การห่อผลผลิตต้องใช้วัสดุที่แสงสามารถผ่านเข้ามาได้ เป็นต้น โดยแหล่งความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรที่ได้รับมากที่สุด คือ สื่อบุคคล ซึ่งเป็นการเรียนรู้จากเกษตรกรต้นแบบในพื้นที่ที่ประสบความสำเร็จ เช่น เกษตรกรดีเด่น ประธานแปลงใหญ่มะม่วง เป็นต้น

3. ความคิดเห็นในการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร

ความคิดเห็นเกี่ยวกับการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.68) โดยมีความคิดเห็นด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 3.91) รองลงมา คือ การลดต้นทุน (ค่าเฉลี่ย 3.87) ด้านการลดความเสี่ยง (ค่าเฉลี่ย 3.59) สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรได้ให้ความสำคัญกับการจัดการต้นทุนการผลิต และต้องการยกระดับหรือพัฒนาการจัดการการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ อันจะส่งผลให้ได้ราคาผลผลิตที่สูงขึ้น และด้านการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในครัวเรือนจากการผลิตมะม่วงคุณภาพ (ค่าเฉลี่ย 3.35) ตามลำดับ

4. การใช้เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร

การประเมินการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพไปปฏิบัติของเกษตรกรใน 8 ประเด็น มีดังนี้ 1) การเลือกพื้นที่ปลูก พบว่า เกษตรกรร้อยละ 100 ยอมรับในเชิงปฏิบัติ โดยมีการเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม ดินมีการระบายน้ำดี และพื้นที่ลุ่มจัดการให้มีการระบายน้ำอย่างดี เป็นระบบร่องยกแปลงปลูก หรือพื้นที่ดอนปรับสภาพให้เรียบ เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีพื้นฐานด้านการผลิตไม้ผลชนิดอื่น (ลำไย)

ก่อนปรับเปลี่ยนเป็นการผลิตมะม่วง 2) พันธุ์และระบบการปลูก พบว่า เกษตรกรร้อยละ 98.74 มีการยอมรับในเชิงปฏิบัติ โดยมีการวางแผนการปลูกหรือเลือกชนิดพันธุ์ตรงตามความต้องการของตลาด 3) การให้น้ำ พบว่า เกษตรกรร้อยละ 75.47 มีการยอมรับในเชิงปฏิบัติในประเด็นการมีแหล่งน้ำสำหรับใช้ในการผลิต และร้อยละ 74.84 มีการวางระบบน้ำเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ 4) การจัดการทรงพุ่มและการตัดแต่งกิ่ง พบว่า เกษตรกรร้อยละ 62.89 มีการยอมรับในเชิงปฏิบัติในประเด็นการเลี้ยงทรงพุ่มสูง เลือกกิ่งแขนงที่มีขนาดลักษณะที่ดีและแข็งแรงไว้ 3-4 กิ่งแล้วทำการตัดยอดกลาง แต่มีเกษตรกรเพียง ร้อยละ 22.64 ที่มีการจัดทรงพุ่มแบบพีระมิดตัดแปลง 5) การควบคุมการออกดอก พบว่า เกษตรกรร้อยละ 28.30 มีการยอมรับในเชิงปฏิบัติในประเด็นการกระตุ้นการออกดอกโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชอย่างเหมาะสมตามหลักวิชาการ 6) การห่อผล พบว่า เกษตรกรร้อยละ 22.64 มีการยอมรับในเชิงปฏิบัติ เนื่องจากส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์เขียวมรกต ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ติดผลดก ทนโรค แมลงศัตรูพืช เกษตรกรจึงไม่นิยมที่จะทำการห่อผล 7) การเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า เกษตรกรร้อยละ 77.36 มีการยอมรับในเชิงปฏิบัติในประเด็นคัดแยกผลที่ไม่ได้มาตรฐานออก แต่มีเกษตรกรเพียง ร้อยละ 38.36 ที่ตัดก้านผลให้มีความยาว 1-2 เซนติเมตร 8) การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า เกษตรกรร้อยละ 31.45 มีการยอมรับในเชิงปฏิบัติในประเด็นการห่อผลด้วยโฟมตาข่ายเพื่อลดการกระแทก และร้อยละ 25.16 บรรจุในตะกร้าที่มีวัสดุกรุบป้องกันการกระแทกไปยังโรงคัดบรรจุ

5. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ โดยการนำเอาตัวแปรอิสระทั้ง 9 ตัวแปร เข้าไปในสมการ แล้วคำนวณด้วยวิธีปกติ (Enter) พบว่า ค่า $F = 24.215$ Sig. of $F = 0.000$ แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจในเชิงพหุ พบว่า $R^2 = 0.594$ หมายความว่า ตัวแปรอิสระ

ทั้งหมดอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม ได้ร้อยละ 59.40 ซึ่งตัวแปรอิสระทั้ง 9 ตัวแปร มี 5 ตัวแปร ที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 สำหรับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางบวก 4 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนแรงงานในครัวเรือน พื้นที่ปลูกมะม่วง ราคามะม่วงโดยเฉลี่ย และผลผลิตมะม่วงโดยเฉลี่ย เมื่อตัวแปรดังกล่าวเพิ่มขึ้น การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปัจจัยทั้ง 4 ตัวแปร สะท้อนให้เห็นถึงการจัดการผลิตได้อย่างเหมาะสม รวมถึงเป็นแรงจูงใจให้เกิดการยอมรับและปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตเพื่อให้

ผลผลิตมีคุณภาพ ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางลบ 1 ตัวแปร คือ อายุ กล่าวคือ เมื่อเกษตรกรมีอายุเพิ่มขึ้น การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรจะมีแนวโน้มลดลง (Table 1) ทั้งนี้ พบประเด็นที่สามารถนำมาวางแผนส่งเสริมการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นคือ ควรเพิ่มการให้ข้อมูลหรือความรู้แก่เกษตรกรรุ่นใหม่ หรือเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกมะม่วงค่อนข้างมาก ได้เห็นความแตกต่างระหว่างการผลิตมะม่วงแบบทั่วไประหว่างการใช้เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพ โดยแสดงข้อมูลเชิงปริมาณด้านผลผลิต ราคา เพื่อให้เกษตรกรได้เห็นผลลัพธ์และเกิดการยอมรับนำไปสู่การปฏิบัติ

Table 1 Multiple regression analysis of factors related to farmers adoption of quality mango production technology (n=159)

Variables	Coefficient (b)	t	P-value
Constant	2.090	4.911	0.000
Age (year)	-0.010	-0.151*	0.023
Level of education	0.031	0.985	0.326
Number of labors in the household (person)	0.068	2.091*	0.038
Experience in mango production (year)	-0.009	-1.176	0.242
Knowledge of quality mango production (score)	0.028	1.532	0.128
Mango production area (rai)	0.024	3.435**	0.001
Average cost of mango production (baht/rai)	-1.746E-5	-1.457	0.147
Average selling price of mango (baht/kilogram)	0.063	4.735**	0.000
Average yield of mango (kilogram/rai)	0.020	4.604**	0.000
R ² = 0.594 SEE = 0.477 F = 24.215 Sig. of F = 0.000			

* statistically significant level at 0.05; ** Statistically significant level at 0.01.

6. ปัญหาและข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร

ปัญหาการส่งเสริมการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรแต่ละประเด็นมีดังต่อไปนี้

(1) ด้านความรู้ พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีปัญหาระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.08) ประกอบด้วย 7 ประเด็นคือ ขาดความรู้ด้านพันธุ์และระบบการปลูก (ค่าเฉลี่ย 3.36) เนื่องจาก เกษตรกร

ส่วนใหญ่นิยมปลูกพันธุ์เขียวมรกต อาจทำให้ขาดความรู้การผลิตมะม่วงพันธุ์อื่นๆ ด้านการจัดการทรงพุ่มและการตัดแต่งกิ่ง (ค่าเฉลี่ย 3.32) ขาดความรู้ด้านการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 3.21) ขาดความรู้ด้านการควบคุมการออกดอก (ค่าเฉลี่ย 3.14) ขาดความรู้ด้านการเลือกพื้นที่ปลูก (ค่าเฉลี่ย 3.13) ขาดความรู้ด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 3.02) ขาดความรู้ด้านการห่อผล (ค่าเฉลี่ย 2.91)

(2) ด้านการผลิต พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีปัญหาระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.21) โดยมีประเด็นปัญหาด้านการผลิตระดับมาก 2 ประเด็นย่อย ได้แก่ การขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างแรงงานสูง (ค่าเฉลี่ย 4.04) เนื่องจาก เกษตรกรส่วนใหญ่อายุค่อนข้างมาก รวมทั้งแรงงานในครัวเรือนมุ่งเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม และขาดเงินทุนในการซื้อปัจจัยการผลิต (ค่าเฉลี่ย 3.97)

(3) ด้านการได้รับการสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่ พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีปัญหาระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.83) โดยประเด็นปัญหา ระดับปานกลาง 2 ประเด็น คือ ไม่ได้รับคำปรึกษาจากเจ้าหน้าที่เวลามีปัญหา (ค่าเฉลี่ย 2.91) และไม่ได้รับความสะดวกในการติดต่อประสานงาน (ค่าเฉลี่ย 2.75)

(4) ด้านการตลาด พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีปัญหาระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.88) โดยประเด็นปัญหาระดับมากมี 4 ประเด็นย่อยคือ เกษตรกรไม่สามารถกำหนดราคาจำหน่ายเองได้ (ค่าเฉลี่ย 3.96) ขาดการบริหารจัดการกลุ่มร่วมกัน (ค่าเฉลี่ย 3.92) ไม่ทราบข้อมูลด้านการตลาด (ค่าเฉลี่ย 3.88) และเกษตรกรไม่สามารถพัฒนาช่องทางการตลาดได้เอง (ค่าเฉลี่ย 3.74) สอดคล้องกับ ศุภพิชญ์ และคณะ (2559) พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีปัญหาด้านราคาผลผลิตไม่ชัดเจน และตลาดไม่เพียงพอต่อปริมาณผลผลิต โดยเกษตรกรต้องการให้ภาครัฐจัดหาตลาดรองรับผลผลิต รวมถึงจัดตั้งศูนย์รวบรวมผลผลิตโดยไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลางเพื่อยกระดับราคาผลผลิต (Table 2)

Table 2 Summary of problems on extension for quality mango production of famers.

(n=159)

Suggestions	$\bar{X}$	S.D.	Level	Ranking
1. Knowledge	3.08	0.531	moderate	3
2. Production	3.21	0.535	moderate	2
3. Supporting from agricultural extension officer	2.83	0.783	moderate	4
4. Marketing	3.88	0.483	high	1
Total	3.25	0.583	moderate	

ข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรแต่ละประเด็นมีดังต่อไปนี้

(1) ด้านความรู้ พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีข้อเสนอแนะระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.83) โดยมีประเด็นข้อเสนอแนะ ระดับมาก 7 ประเด็นย่อย คือ ควรมีการจัดอบรมให้ความรู้ในเรื่องต่างๆ ดังนี้ ด้านพันธุ์และระบบการปลูก (ค่าเฉลี่ย 4.13) ด้านการควบคุมการออกดอก (ค่าเฉลี่ย 4.11) เนื่องจาก การผลิตมะม่วงของเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นการผลิตในฤดู ด้านการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 3.98) ด้านการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 3.93) ด้านการให้น้ำ (ค่าเฉลี่ย 3.70) ด้านการจัดการทรงพุ่มและการตัดแต่งกิ่ง (ค่าเฉลี่ย 3.69) ด้านการเลือกพื้นที่ปลูก (ค่าเฉลี่ย 3.65)

(2) ด้านการผลิต พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีข้อเสนอแนะระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.36) โดย

มีประเด็นข้อเสนอแนะระดับมากที่สุด 5 อันดับ ดังนี้ ควรมีการสร้างจุดเรียนรู้ภายในชุมชนเพื่อเป็นแหล่งพบปะพูดคุย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (ค่าเฉลี่ย 4.48) ควรมีการส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับแนวทางการผลิต (ค่าเฉลี่ย 4.46) ควรมีการส่งเสริมความรู้ด้านการป้องกันและกำจัดโรค แมลง (ค่าเฉลี่ย 4.36) ควรมีการส่งเสริมความรู้การตรวจวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ (ค่าเฉลี่ย 4.35) ควรจัดให้มีแหล่งจำหน่ายวัสดุอุปกรณ์ราคาถูก หาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น (ค่าเฉลี่ย 4.30) ตามลำดับ และข้อเสนอแนะย่อยอยู่ในระดับมาก 1 ประเด็น คือ ควรมีการจัดหาหรือสร้างแหล่งน้ำในการผลิต (ค่าเฉลี่ย 4.19)

(3) ด้านการได้รับการสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่ พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีข้อเสนอแนะระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.87) โดยมีประเด็นข้อเสนอแนะระดับมาก

2 ประเด็นย่อย คือ ควรมีการให้คำปรึกษาจากเจ้าหน้าที่เวลามีปัญหาเกิดขึ้นอย่างทันท่วงที (ค่าเฉลี่ย 3.87) และควรมีการวางแผนการเยี่ยมเยียนในพื้นที่เพาะปลูก (ค่าเฉลี่ย 3.86)

(4) ด้านการตลาด พบว่า ภาพรวมเกษตรกรมีข้อเสนอแนะระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.05) โดยมีประเด็นข้อเสนอแนะระดับมาก 4 ประเด็นย่อย คือ ควรมีการส่งเสริมการเชื่อมโยงเครือข่ายการตลาด

(ค่าเฉลี่ย 4.07) เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่จำหน่ายให้กับจตุรัสซื่อในพื้นที่รับซื้อผลผลิตแค่เพียงช่วงในฤดู ควรมีการรวมกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วง เพื่อสร้างความเข้มแข็งในการจัดหาซื้อวัสดุการเกษตรและกำหนดราคาผลผลิต (ค่าเฉลี่ย 4.05) ควรมีหน่วยงานเข้ามาตรวจสอบความเป็นธรรม ด้านราคาผลผลิต (ค่าเฉลี่ย 4.03) ควรมีการส่งเสริมการให้ความรู้ด้านการตลาดออนไลน์ (ค่าเฉลี่ย 4.02) (Table 3)

Table 3 Summary of suggestions on extension for quality mango production of famers

(n=159)

Suggestions	$\bar{x}$	S.D.	Level	Ranking
1. Knowledge	3.83	0.486	high	4
2. Production	4.36	0.404	highest	1
3. Supporting from agricultural extension officer	3.87	0.642	high	3
4. Marketing	4.05	0.706	high	2
Total	4.02	0.560	high	

สรุป

เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงในอำเภอบางช้าง จังหวัดลำพูน ส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ยค่อนข้างสูงวัย สะท้อนให้เห็นว่าแรงงานภาคการเกษตรเริ่มเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ สำหรับพื้นที่ปลูกมะม่วงเฉลี่ย 4.35 ไร่/ครอบครัว ต้นทุนการผลิตมะม่วงเฉลี่ย 3,800.38 บาท/ไร่ ด้านการผลิตเกษตรกรนิยมผลิตมะม่วงพันธุ์เขียวมรกต เนื่องจากติดผลดก การดูแลรักษาทำได้ง่าย ในภาพรวมเกษตรกรมีความรู้ระดับมาก เนื่องจากได้รับความรู้จากเกษตรกรต้นแบบที่ประสบความสำเร็จ และมีประสบการณ์ในการผลิตไม้ผล (ลำไย) มาก่อน จึงสามารถนำมาปรับใช้ในการผลิตมะม่วง ในด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร สะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนการผลิตและต้องการพัฒนาผลผลิตให้มีคุณภาพ เพื่อให้ได้ราคาผลผลิตที่สูงขึ้น สำหรับการใช้เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร มีการเลือกพื้นที่ปลูกให้มีความเหมาะสม ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ จำนวนแรงงานในครัวเรือน พื้นที่ปลูก ราคาเฉลี่ย และผลผลิตเฉลี่ย

นอกจากนี้ ด้านปัญหาและข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกร ควรมุ่งส่งเสริมในด้านการผลิตและด้านการตลาด เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ได้ทำการปรับเปลี่ยนจากการผลิตลำไยมาเป็นมะม่วงแทน จึงอาจยังไม่มีการส่งเสริมที่เข้าถึงเกษตรกรและควรส่งเสริมด้านการรวมกลุ่มให้แก่เกษตรกรให้มีความเข้มแข็ง เพื่อสามารถสร้างอำนาจต่อรองในด้านการตลาดต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ข้อเสนอแนะต่อเกษตรกร

เกษตรกรควรมีการศึกษาหาความรู้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จากแหล่งความรู้ผ่านสื่อต่างๆ เช่น สื่อออนไลน์ เนื่องจากปัจจุบันสามารถเข้าถึงสื่อออนไลน์ได้ง่าย เป็นช่องทางการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร ได้รวดเร็ว และทันต่อเหตุการณ์

1.2 ข้อเสนอแนะต่อเจ้าหน้าที่

เจ้าหน้าที่ควรส่งเสริมให้ความรู้แก่เกษตรกรในประเด็นที่เกษตรกรยังขาดความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น พันธุ์มะม่วง การควบคุมการออกดอก การห่อผล เป็นต้น และควรเพิ่มช่องทาง

ในการเข้าถึงสื่อของเกษตรกร โดยเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมกับเกษตรกรในพื้นที่นั้นๆ รวมถึงการสร้างจุดเรียนรู้ภายในชุมชน โดยมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและเกษตรกรต้นแบบที่ประสบความสำเร็จร่วมแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงข้อมูลวิธีการ รวมทั้งเกิดการแลกเปลี่ยนพูดคุย จนถึงการนำไปปฏิบัติในแปลงของตนเอง นอกจากนี้ควรส่งเสริมเกษตรกรให้มีการรวมกลุ่มกันในรูปแบบต่างๆ เช่น กลุ่มแปลงใหญ่ กลุ่มส่งเสริมอาชีพ กลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อสร้างความเข้มแข็ง และอำนาจการต่อรองให้แก่เกษตรกร

1.3 ข้อเสนอแนะต่อหน่วยงาน

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรบูรณาการงานร่วมกัน เพื่อพัฒนา วางแผนการดำเนินงานแบบครบวงจร ตั้งแต่การผลิต รวมทั้งการเพิ่มช่องทางการตลาด เช่น การเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกรและผู้ประกอบการ การทำเกษตรพันธะสัญญา การจำหน่ายผลผลิตรูปแบบออนไลน์ เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรขยายผลการศึกษาไปยังพื้นที่อื่นเพื่อนำมาเปรียบเทียบหาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงคุณภาพของเกษตรกรว่าแตกต่างกันหรือไม่ รวมทั้งควรมีการศึกษาในประเด็นอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุม เช่น การศึกษาการผลิตและการตลาดมะม่วงคุณภาพแต่ละสายพันธุ์ เนื่องจากมะม่วงแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะการปฏิบัติดูแลรักษา และการตลาดที่แตกต่างกัน การศึกษาแนวทางการเพิ่มมูลค่า เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. การผลิตมะม่วงแบบมืออาชีพ. เอกสารวิชาการ. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 188 หน้า.
ณัฐภูมิ เชื้อเมืองพาน. 2556. การผลิตมะม่วงเพื่อคุณภาพตามมาตรฐานส่งออกของเกษตรกรในอำเภอสาละแก้ว จังหวัดพิจิตร. ปริญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 277 หน้า
ทวีศักดิ์ แสงอุดม และ วรางคณา มากกำไร. 2561. การผลิตมะม่วงคุณภาพเพื่อการส่งออก.

เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชสวน, กรุงเทพมหานคร. 74 หน้า.

ธนภูมิ เวียตตัน นคเรศ รังควัต พุฒิสวรรค์ เครือคำ และสายสกุล ฟองมูล. 2564. การยอมรับเกษตรกรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. วารสารผลิตภัณฑ์เกษตร 3(3):81-92.

ศุภพิชญ์ บุญทั้ง เฉลิมศักดิ์ ตุ่มหิรัญ และจินดา ขลิบทอง. 2559. การส่งเสริมและพัฒนาการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ของเกษตรกรในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก. หน้า 1267-1289. ใน: การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สำนักงานเกษตรอำเภอป่าสัก. 2564. แผนพัฒนาการเกษตรระดับอำเภอ ปี 2564. ลำพูน. 189 หน้า.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. 2565. วิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจการค้าไทยรายภูมิภาค ประจำปี 2565. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.tpsomoc.go.th/sites/default/files/wiekhraaahesrsthkcichphuumiphaakhpracchameduuenemsaay_0.pdf (10 ตุลาคม 2565).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. มะม่วง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <https://mis-app.oae.go.th/product/มะม่วง> (10 ตุลาคม 2565).

หนึ่งฤทัย ทิพย์กรรณ. 2556. การยอมรับเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงตามระบบการปฏิบัติเกษตรที่ดีที่เหมาะสมของเกษตรกรในอำเภอนองวาวขอ จังหวัดอุดรธานี. ปริญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี. 182 หน้า.

Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rd Edition, Harper and Row, New York. 1130 p.

การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมกะเพรา 2 ฤดูกาลและ สภาพการขาดน้ำระยะสั้น

Phytochemical Content Evaluation of Holy Basil Germplasm in Two Seasons and
Short-Term Water Deficit

อรสา กาญจนเจริญนนท์¹ สุกัญญา อับปางกัญจน์¹ ณัฐริกา เหลาคำ¹ อัครชัย โสมกุล²
จักรพงษ์ ภิญโญ³ และอัญมณี อาวุชานนท์^{1*}

Orasa Kanjanajaroenon¹, Sukanya Appagan¹, Nattarika Laokam¹, Akarachai Somkul²,
Jukkrapong Pinyo³ and Anyamanee Auvuchanon^{1*}

Received: March 16, 2023

Revised: May 16, 2023

Accepted: June 9, 2023

Abstract: Holy basil is a popular vegetable and it is produced all year round. There is a diversity of holy basil cultivars in Thailand and most of Thai holy basil are landraces. Holy basil cultivars were collected by the Tropical Vegetable Research Center and there has been no phytochemical evaluation. Fourteen holy basil germplasm accessions and five commercial cultivars were planted in field conditions and their phytochemical profiles were evaluated in two seasons. There were genotype by environment interactions of phytochemical traits. For holy basil in two seasons, green leaf holy basil OC-063 and red leaf OC-194 had not different in beta-carotene content and total chlorophyll. Green leaf holy basil OC-024, OC-057, OC-063, OC-195 and red leaf OC-194 had high phenolic compounds in both seasons. Moreover, phytochemicals were evaluated under short water deficit for 3, 6 and 9 days. The results showed that holy basil response to water deficit stress was independent of leaf color. Water deficit did not affect beta-carotene content in most holy basil accessions while some accessions had an increase in beta-carotene and a decrease in chlorophyll a and Chlorophyll b due to a water deficit. Phenolic compounds, in most holy basil accessions decreased when they were under water deficit for 3 days but phenolic compounds increased after 9 days of water deficit.

Keywords: Beta-carotene, chlorophyll, phenolic compound, water stress, drought

บทคัดย่อ: กะเพราเป็นพืชผักที่นิยมของผู้บริโภคจึงมีการเพาะปลูกตลอดทั้งปี กะเพราในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์แต่ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้ได้รับการเก็บรวบรวมไว้โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน และยังไม่มีการศึกษาสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุกรรมเหล่านั้น ดังนั้น งานวิจัยนี้

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

¹ Horticulture Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

² Tropical Vegetable Research and Development Center, Horticulture Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus

³ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

³ Animal Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus

*Corresponding author : agrana@ku.ac.th

จึงปลูกเชื้อพันธุกรรมกะเพรา 14 หมายเลข และพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ ในสภาพแปลง เพื่อประเมินสารพฤษเคมีใน 2 ฤดูกาล พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมต่อสารพฤษเคมี แต่มีกะเพราสองหมายเลขที่มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ไม่แตกต่างกันทั้งสองฤดูกาลคือ กะเพราเขียว OC-063 และ กะเพราแดง OC-194 กะเพราที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงทั้งสองฤดูกาลประกอบด้วยกะเพราใบเขียว OC-024, OC-057, OC-063, OC-195 และ ใบสีแดง OC-194 นอกจากนี้ ยังประเมินสารพฤษเคมีในสภาพขาดน้ำ ระยะสั้นเป็นเวลา 3, 6 และ 9 วัน พบว่า กะเพรามีการปรับตัวเมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำระยะสั้นไม่ขึ้นกับสีใบของกะเพรา โดยกะเพราส่วนใหญ่การขาดน้ำไม่มีผลต่อปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน ส่วนกะเพราที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำ มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนเพิ่มขึ้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอและคลอโรฟิลล์ บีลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบกะเพราส่วนใหญ่ลดลงเมื่อขาดน้ำ 3 วัน แต่เมื่ออยู่ในสภาพขาดน้ำระยะเวลา 9 วัน สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เบต้าแคโรทีน คลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก ความเครียดจากการขาดน้ำ แห้งแล้ง

คำนำ

กะเพรา (Holy Basil) เป็นผักสวนครัวและพืชสมุนไพรที่นิยมมากชนิดหนึ่ง สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายประเภท ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในไทยและมีการส่งออกไปยังกลุ่มสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น และสิงคโปร์มากกว่า 200 ตัน/ปี (Srikachar *et al.*, 2017) กะเพราอุดมไปด้วยสารพฤษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน ฟลาโวนอยด์ คลอโรฟิลล์ แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และน้ำมันหอมระเหย ซึ่งสารพฤษเคมีเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Hakkim *et al.*, 2007; Mondal *et al.*, 2009; Keawsaard, 2012) Wangcharoen and Morasuk (2007) รายงานว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของกะเพราขาวและกะเพราแดง เป็น 12.60 ± 1.02 และ 19.46 ± 1.97 มิลลิกรัมกรดแกลลิกของสารสกัดตัวอย่าง และปริมาณสารฟีนอลิกมีปฏิสัมพันธ์กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญ

ในประเทศไทยมีการปลูกกะเพราทั้งกะเพราแดงและกะเพราขาว นอกจากกะเพราจะใช้ในการปรุงประกอบอาหารแล้ว กะเพรา ยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในยาสมุนไพรไทยหลายตำรับ เช่น ยาประสะกะเพรา ยาเลือดงาม เป็นต้น (Nambuddee *et al.*, 2020) และมีรายงานของ DOAE (2016, 2017, 2019)

พบว่า พื้นที่ปลูกกะเพราของประเทศไทยเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2558 มีเนื้อที่เพาะปลูก 6,873 ไร่ ผลผลิตรวม 12,359 ตัน ต่อมาในปี 2559 มีเนื้อที่เพาะปลูก 7,100 ไร่ ผลผลิตรวม 12,816 ตัน และในปี 2561 มีเนื้อที่เพาะปลูก 7,374 ไร่ ผลผลิตรวม 12,123 ตัน ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปีและเกิดภัยแล้งที่ยาวนานขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตกะเพรา จากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตรข้างต้นยังแสดงให้เห็นว่า พื้นที่เพาะปลูกกะเพราเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณผลผลิตกลับลดลง เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตแล้ว สภาพแวดล้อมที่ร้อนและแห้งแล้งยังมีผลกระทบต่อปริมาณของสารพฤษเคมีที่เป็นประโยชน์ในพืชด้วย Huqail *et al.* (2020) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและความเครียดจากการขาดน้ำของโหระพา พบว่า เมื่อโหระพาได้รับความเครียดดังกล่าวทำให้ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์รวม และสารฟลาโวนอยด์ลดลง และ Alishah *et al.* (2006) ศึกษาผลของความเครียดจากการรับน้ำต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการและลักษณะทางเคมีของโหระพา โดยให้ความเครียดจากการได้รับน้ำ 100, 90, 80, 70 และ 50% ของค่าความชื้นความจุสนาม ในสภาพกระถางเมื่อมีใบจริง 4-6 ใบ เป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ พบว่า ความสูง จำนวนใบ พื้นที่ใบ

การเจริญเติบโต และน้ำหนักสดผลผลิตลดลงตามลำดับ อีกทั้งยังมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม มีปริมาณลดลงตามลำดับด้วย

ปี 2563 ประเทศไทย มีปริมาณฝนรวมเฉลี่ย 1,528.8 มิลลิเมตร สูงกว่าปี 2562 แต่ยังคงต่ำกว่าค่าปกติถึง 58.9 มิลลิเมตร ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝนต่ำกว่าค่าปกติ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์แล้งจัด (ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2564) จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศดังกล่าว อาจมีผลกระทบต่อผลผลิตและปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญของกะเพราเช่นกัน ดังนั้นถ้าหากมีพันธุ์กะเพราที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาเพื่อให้สามารถเพาะปลูกในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและมีสภาพแห้งแล้ง โดยยังคงให้ผลผลิตและปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญในปริมาณสูงได้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกรผู้ผลิตกะเพราของประเทศไทย ในงานวิจัยนี้จึงได้ประเมินปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญในเชื้อพันธุ์กรรมกะเพราที่เก็บรวบรวมไว้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ในสภาพปลูกและสภาพการขาดน้ำที่ต่างกัน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกเชื้อพันธุ์กรรมมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ให้ได้กะเพราที่สามารถปลูกได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและแห้งแล้งได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพืชทดลอง

เตรียมกล้ากะเพรา โดยการเพาะเมล็ดเชื้อพันธุ์กรรมกะเพราจำนวน 14 หมายเลข และพันธุ์การค้า 5 พันธุ์ ได้แก่ OC-024 จาก ชัยนาท OC-029 จากนครสวรรค์ OC-057 และ OC-072 จากราชบุรี OC-063 จากลพบุรี OC-064 จากเลย OC-080 และ OC-081 จากสงขลา OC-094 จากพังงา OC-133 จากแพร่ OC-135 จากพิษณุโลก OC-186 จากหนองคาย OC-194 และ OC-195 จากอุดรธานี พันธุ์การค้าคือ R.HB-CT, HB-CT, SP2, BNg และ EW-KT เมื่อกล้ากะเพรมีอายุ 30 วัน จึงย้ายลงแปลงปลูก หมายเลข/พันธุ์ละ 4 ต้น โดยมีระยะปลูก 1x1.2 เมตร ให้น้ำด้วยสปริงเกอร์แบบหัวฉีดด้านเดียว

ทุกเช้าและเย็น ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตราส่วน 2 กรัม/ต้น ทุกๆ 7-10 วัน และฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและกำจัดวัชพืชเมื่อมีการระบาด เมื่อต้นกะเพราเจริญเติบโตเต็มที่ (อายุ 45-60 วัน) แล้วทำการศึกษาสารพฤษเคมีในใบกะเพราใน 2 ช่วงเวลา คือช่วงเดือนธันวาคม (H1) และ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (H2) และนอกจากนี้ยังทำการศึกษามลของ ความแล้งระยะสั้นโดยได้ศึกษาในช่วงเดือนธันวาคม โดยการทดลองนี้ประกอบด้วย ชุดควบคุมรดน้ำปกติ (ชุดควบคุม) งดให้น้ำ 3 วันก่อนเก็บเกี่ยว (3DH1) งดให้น้ำ 6 วันก่อนเก็บเกี่ยว (6DH1) และ งดให้น้ำ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยว (9DH1) ซึ่งรดน้ำปกติ คือ 100 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นสนาม (100% field water capacity; 100% FC) โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD (Completely Randomized Design)

การวิเคราะห์ปริมาณสารพฤษเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม โดยสุ่มใบกะเพราตำแหน่งคู่ที่ 4 นับจากยอดลงมา ตัวอย่างละ 0.1 กรัม ทำหมายเลข/พันธุ์ละ 4 ซ้ำ โดยใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย acetone : hexane อัตราส่วน 4 : 6 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บั่นตัวอย่างด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็ว 13,600 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำตัวอย่างมาเขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer จากนั้นนำส่วนใสไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม (มิลลิกรัม/100 กรัม FW) ด้วยวิธีการของ (Nagata and Yamashita, 1992)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu method ของ (Thaipong *et al.*, 2005) นำตัวอย่างใบกะเพราสดคู่ที่ 4 นับจากยอดลงมา ตัวอย่างละ 1 กรัม ทำหมายเลข/สายพันธุ์ละ 6 ซ้ำ โดยใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บั่นตัวอย่างด้วยเครื่อง homogenizer นำสารละลาย

ไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นดูดสารสกัดที่เป็นส่วนใส ปริมาตร 30 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น deionized ปริมาตร 120 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่น deionized ปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร (ผสมให้เข้ากัน) เติมน้ำกลั่น 0.75N Folin-Ciocalteu ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำกลั่น 1.0 นอร์มอล sodium carbonate ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเขย่าทุกๆ 30 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 725 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก /100 กรัม FW) ด้วยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance ของกะเพราในทุกสภาพแวดล้อม และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ประเมินอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม ด้วยการ Combined ANOVA โดยการทดสอบ Homogeneity variance ด้วย Fmax ถ้า Fmax น้อยกว่า 6 จึงทำการ Combined ANOVA

วิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) บนพื้นฐาน correlation matrix ของลักษณะสารพฤกษเคมี

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินปริมาณของสารพฤกษเคมีของใบกะเพราที่เก็บเกี่ยวจากสองฤดูกาล

ประเมินสารพฤกษเคมีของใบกะเพรา ในเชื้อพันธุ์กรรมกะเพรา จำนวน 14 หมายเลข และพันธุ์การค้า 5 สายพันธุ์ โดยสามารถแยกตามสีของใบได้ดังนี้ กะเพราใบสีเขียว ได้แก่ OC-024, OC-029, OC-063, OC-064, OC-080, OC-094, OC-133, OC-135, OC-186, OC-195, BNg และ EW-KT ใบสีแดงปนเขียว ได้แก่ OC-057, OC-072 ใบสีแดงปนเขียว ได้แก่ OC-081, SP2 และใบ

สีแดง ได้แก่ OC-194 เมื่อประเมินสารพฤกษเคมีของใบกะเพรา ที่เก็บเกี่ยวจากสองฤดูกาล คือฤดูกาลที่ 1 เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม 2562 และฤดูกาลที่ 2 เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ 2563 พบว่าปริมาณของสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวม และสารประกอบฟีนอลิก ของกะเพราแต่ละหมายเลข/สายพันธุ์มีความแตกต่างกันในทั้งสองฤดูกาล (Table 1) และยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างหมายเลข/สายพันธุ์กะเพรากับสภาพแวดล้อม (Table 1) ซึ่งปริมาณสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุ์กรรมที่นำมาทดสอบ มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน ที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม และเดือนกุมภาพันธ์ มีค่าเฉลี่ย 0.952 และ 0.734 mg/100g FW ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ย 3.786 และ 2.978 mg/100g FW ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มีค่าเฉลี่ย 1.302 และ 1.116 mg/100g FW ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมมีค่าเฉลี่ย 5.088 และ 4.093 mg/100g FW และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่มีค่าเฉลี่ย 4,055.9 และ 5,163.8 mg GAE/100g FW ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสองฤดูกาล (Table 2) กะเพราที่ปลูกจากสองฤดูกาลนั้นส่วนใหญ่มีปริมาณสารพฤกษเคมีไม่แตกต่างกัน โดยมีเพียง 5 หมายเลข/สายพันธุ์ ประกอบด้วยหมายเลข OC-024, OC-057, OC-195 และพันธุ์การค้า HB-CT และ BNg ที่มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอและปริมาณคลอโรฟิลล์รวมลดลงเมื่อปลูกและเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 ในเดือนกุมภาพันธ์ และพบว่ากะเพราแดง SP2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่ากะเพรา 11 หมายเลข ที่ปลูกและเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 มีปริมาณสารฟีนอลิกที่สูงขึ้น ได้แก่ เชื้อพันธุ์กรรมหมายเลข OC-029, OC-072, OC-080, OC-081, OC-094, OC-133, OC-135 และ OC-186 และพันธุ์การค้า HB-CT, BNg และ EW-KT เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกและเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 1 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารพฤกษเคมีในใบกะเพราที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ต่างกัน คือในเดือนธันวาคมและเดือนกุมภาพันธ์ เป็นผลจากอุณหภูมิอากาศที่ต่างกันในช่วงการเจริญเติบโต

และให้ผลผลิตของกะเพรา จากรายงานของสถานี
อุตุนิยมวิทยานครปฐม อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม
พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนธันวาคม 2562 สูงสุด
31.4 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 18 องศาเซลเซียส
ส่วนเดือนกุมภาพันธ์ 2563 สูงสุด 34.2 องศาเซลเซียส
และต่ำสุด 20.8 องศาเซลเซียส เดือนกุมภาพันธ์
จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าเดือนธันวาคมประมาณ 3
องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงทำให้สภาพ
อากาศ ความชื้นในดิน และความชื้นในอากาศ
เปลี่ยนแปลงไป จึงส่งผลทำให้กะเพรามีการสร้าง
สารพิษเคมีดังกล่าวแตกต่างกันระหว่างการ
เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมและเดือนกุมภาพันธ์ เช่น
เดียวกับการศึกษาผลของอุณหภูมิและความเครียด
จากน้ำที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสม
สารต้านอนุมูลอิสระในใบโหระพาของ Huqail *et al.*
(2020) พบว่าเมื่อโหระพาได้รับอุณหภูมิที่ 25, 35 ,
45 และ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์และ
แคโรทีนอยด์รวมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่
ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น เมื่อประเมินปริมาณสาร
เบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์
รวม เปรียบเทียบระหว่างเชื้อพันธุ์กรรมที่เก็บรวบรวม
ไว้โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อนเทียบกับ
พันธุ์การค้าพบว่า ปริมาณเบต้า-แคโรทีนมีปริมาณ
เฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 0.84 กับ 0. mg/100 g FW
ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม
ของเชื้อพันธุ์กรรมมีปริมาณสูงกว่าพันธุ์การค้าอย่าง
ชัดเจน รวมทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเชื้อ
พันธุ์กรรมที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมและกุมภาพันธ์
มีปริมาณสูงกว่าพันธุ์การค้าที่เปรียบเทียบ โดยเฉพาะ
เชื้อพันธุ์กรรมกะเพราหมายเลข OC-057 (Table 2)
มีแนวโน้มที่ให้ปริมาณสารพิษเคมีทั้งเบต้า-แคโร
ทีน คลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม และสาร
ประกอบฟีนอลิกที่มีค่าสูงสุดไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวในเดือน
ธันวาคมหรือกุมภาพันธ์ กะเพราหมายเลข OC-057
จึงมีศักยภาพในการเป็นเชื้อพันธุ์กรรมที่เหมาะสม
นำมาใช้ในการเพาะปลูกและใช้เป็นเชื้อพันธุ์กรรมใน
กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

เมื่อวิเคราะห์ principal component
analysis (PCA) จากข้อมูลสารพิษเคมีเพื่อหา
ตัวประกอบหลักบนพื้นฐาน correlation coefficient

(PC) 1 และ 2 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวน
ได้ทั้งหมด 79.27 เปอร์เซ็นต์ โดย PC1 อธิบายได้
43.27 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแปรปรวนจากปริมาณ
สารเบต้า-แคโรทีน และปริมาณคลอโรฟิลล์ของ
กะเพราที่เก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 2 0DH2-B, 0DH2-Cha,
0DH2-Chb, 0DH2-Total ส่วน PC2 อธิบายได้
36.00 เปอร์เซ็นต์ มีความแปรปรวนจาก 0DH1-B,
0DH1-Cha, 0DH1-Chb, 0DH1-Total จากกะเพรา
ที่เก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 1 ส่วนความแปรปรวนที่เกิด
จากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอธิบายได้ทั้ง
PC1 และ PC2 จาก Scatter plot (Figure 1)
จะเห็นได้ว่าเชื้อพันธุ์กรรมหมายเลข OC-057 มีปริมาณ
เบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และ
คลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือน
ธันวาคม (H1) ส่วนหมายเลข OC-094 มีปริมาณ
เบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และ
คลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือน
กุมภาพันธ์ (H2) เชื้อพันธุ์กรรมที่ปริมาณสาร
ประกอบฟีนอลิกสูงทั้งสองฤดูกาล ได้แก่ หมายเลข
OC-024, OC057, OC-063, OC-194 และ OC-195
มีปริมาณฟีนอลิกอยู่ระหว่าง 5,053-5,735 mg
GAE/100 g FW ซึ่งเชื้อพันธุ์กรรมเหล่านี้ รวบรวม
มาจากกะเพราในเขตภาคกลางและภาคตะวันออก
เฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นกะเพราใบเขียวมีเพียง
OC-194 เท่านั้นที่เป็นกะเพราใบแดง เชื้อพันธุ์กรรม
ที่เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณเบต้า-
แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และ
คลอโรฟิลล์รวมสูง ได้แก่ หมายเลข OC-072, OC-080,
OC-081, OC-133, OC-135 และ SP2 ซึ่งกะเพรา
พันธุ์การค้า SP2 ที่มีลักษณะใบแดงปนเขียวยังมี
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงเมื่อเก็บเกี่ยวในเดือน
กุมภาพันธ์ด้วย ซึ่งเชื้อพันธุ์กรรมกะเพราที่นำมา
ศึกษาครั้งนี้มีความหลากหลายของสีใบ และปริมาณ
สารพิษเคมีในเชื้อพันธุ์กรรมขึ้นกับสายพันธุ์เป็น
หลัก เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สายพันธุ์ที่มี
ปริมาณสารพิษเคมีสูงประกอบด้วยทั้งสายพันธุ์ใบ
สีเขียว ใบแดงปนเขียว และใบสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับ
ผลการทดลองของ รัชนิกร (2564) ที่พบว่าปริมาณ
สารพิษเคมีของใบกะเพราที่สูงมีทั้งกะเพราใบ
สีเขียวและใบสีแดงหรือม่วงเข้ม

Table 1 Mean square of beta-carotene content, chlorophyll-a, chlorophyll-b, total chlorophyll and phenolic compounds of holy basil in two environments

Source	df	Beta-carotene	Chlorophyll-a	Chlorophyll-b	Total chlorophyll	Source	df	Phenolic compounds
Line	18	0.131**	2.895**	0.291**	4.125**	Line	18	6639392**
Env	1	1.793**	27.463**	1.321**	37.581**	Env	1	69965547**
Line x Env	18	0.146**	2.236**	0.205*	3.271**	Line x Env	18	1704465**
MSE	114	0.059	0.652	0.113	1.149	MSE	191	54905
CV (%)		28.888	23.886	27.800	23.350	CV (%)		34.512

* means were significant differences at $p < 0.05$ ** means were significant differences at $p < 0.01$ **Table 2** Mean of beta-carotene content, chlorophyll-a, chlorophyll-b, total chlorophyll (mg/100 g FW) and phenolic compounds GAE/100 g FW) of holy basil from two harvesting times (H1: harvesting in December, H2: harvesting in February)

accessions	Beta-carotene		Chlorophyll-a		Chlorophyll-b		Total chlorophyll		Phenolic compound	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2	H1	H2
OC-024	1.204	0.582	4.723	2.176	1.562	0.847	6.285	3.023	5053.8	5258.6
OC-029	1.003	0.729	3.918	2.575	1.409	0.931	5.327	3.506	4915.3	5655.3
OC-057	1.490	0.835	5.770	3.561	2.037	1.335	7.807	4.896	5735.9	5655.3
OC-063	0.810	0.639	3.432	2.246	1.234	0.850	4.666	3.096	5283.3	5608.0
OC-064	1.066	0.684	4.014	3.020	1.393	1.282	5.407	4.302	4814.1	5428.8
OC-072	0.721	0.832	4.313	3.528	1.312	1.309	5.625	4.837	3273.0	4357.6
OC-080	0.996	0.739	3.882	3.319	1.395	1.186	5.276	4.506	2560.2	4600.7
OC-081	0.817	0.690	3.675	3.049	1.354	1.173	5.029	4.222	2938.4	4248.8
OC-094	1.075	0.971	4.337	4.209	1.476	1.478	5.812	5.688	1793.5	4333.2
OC-133	0.589	0.870	3.165	3.429	1.454	1.226	4.619	4.655	4308.9	5577.3
OC-135	0.959	0.768	3.888	3.589	1.319	1.404	5.207	4.993	3634.6	5432.6
OC-186	0.821	0.638	3.330	2.563	1.094	0.961	4.423	3.524	3200.0	5171.6
OC-194	0.769	0.612	3.141	2.231	1.173	0.879	4.314	3.110	5165.3	5596.5
OC-195	1.061	0.554	3.952	2.145	1.324	0.857	5.276	3.002	5224.3	5542.7
R.HB-CT	0.610	0.706	2.730	3.117	0.956	1.199	3.687	4.315	4355.1	4966.8
HB-CT	1.281	0.750	4.433	2.931	1.316	1.088	5.749	4.019	3452.5	5154.9
SP2	0.726	0.904	2.144	3.765	0.716	1.374	2.861	5.139	4621.8	5249.6
BNg	1.210	0.691	4.361	2.673	1.320	0.990	5.681	3.663	3358.9	5186.9
EW-KT	0.872	0.757	2.719	2.445	0.895	0.824	3.614	3.269	3373.0	5087.1
Mean	0.952	0.734	3.786	2.978	1.302	1.116	5.088	4.093	4055.9	5163.8
MSE	0.098	0.020	0.792	0.373	0.148	0.078	2.523	0.762	47031.6	62778.7
Fmax	4.853		2.124		1.904		3.311		1.335	
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD _(L/H)	0.406		1.348		0.561		1.788		317.394	
LSD _L	0.369	0.168	1.048	0.719	0.453	0.328	1.871	1.028	296.274	342.298

** Means were significant difference at $p < 0.01$ LSD_(L/H) LSD value of Line x Harvesting timeLSD_L LSD value of Lines harvested in December and February

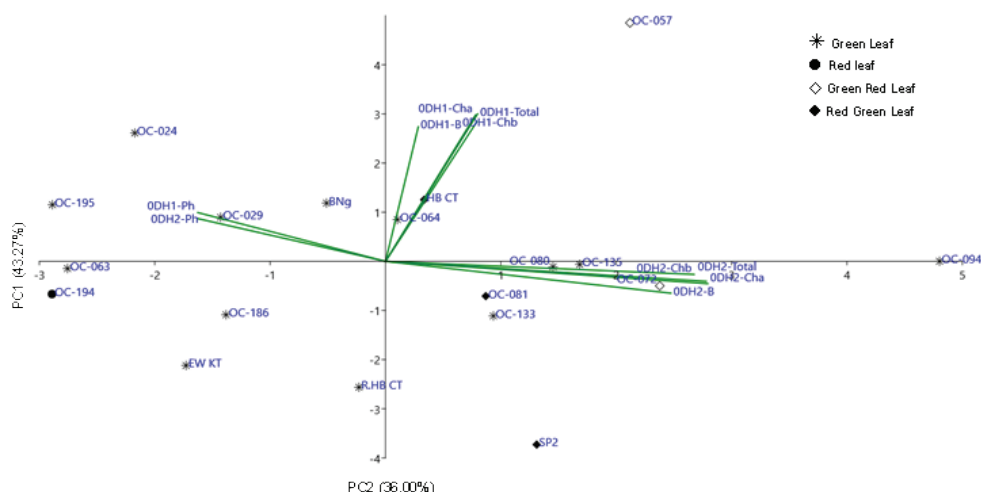


Figure 1 Scatter plot of Principal Component Analysis (PCA) based on correlation coefficient

การศึกษาปริมาณสารพิษเคมีในกะเพราที่เก็บเกี่ยวในฤดูกาลและได้รับความเครียดจากการขาดน้ำระยะสั้นก่อนเก็บเกี่ยวต่างกัน

กะเพราในสภาพแปลงปลูกที่ได้รับ ความเครียดจากการขาดน้ำที่ 3, 6 และ 9 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม พบมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างเชื้อพันธุกรรมกับการขาดน้ำต่อปริมาณสารเบต้า-แคโรทีน ซึ่งปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในใบกะเพรามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่องดการให้น้ำอย่างไรก็ตาม กะเพราจำนวน 7 หมายเลข และพันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนที่สูงขึ้น เมื่องดน้ำจำนวน 9 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการงดน้ำ คือ OC-024, OC-029, OC-064, OC-081, OC-094, OC-135, OC-195, BNg และ EW-KT กะเพราจำนวน 5 หมายเลข และพันธุ์การค้า 2 สายพันธุ์ มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนที่สูงขึ้น เมื่องดน้ำจำนวน 9 วัน เปรียบเทียบกับกะเพรา ก่อนการงดน้ำ คือ OC-072, OC-080, OC-133, OC-186, OC-194, R.HB-CT และ SP2 โดยกะเพราหมายเลข OC-080 มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนเพิ่มขึ้น จาก 0.996 mg/100 g FW เป็น 1.729 mg/100 g FW เมื่องดน้ำเป็นเวลา 9 วันก่อนเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นปริมาณเบต้า-แคโรทีนสูงสุด และไม่แตกต่างทางสถิติกับ

กะเพราหมายเลข OC-057 ที่งดให้น้ำ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในภาพรวมพบว่า กะเพราหมายเลข OC-057 มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนสูงทั้งการให้น้ำปกติและงดน้ำเป็นเวลา 6 และ 9 วันก่อนเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม (Table 3)

การตอบสนองต่อการขาดน้ำระยะสั้นของสารประกอบฟีนอลิกของกะเพราแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบกะเพรา จำนวน 13 หมายเลขลดลงเมื่อกะเพราขาดน้ำ 3 วัน และจำนวน 6 หมายเลขที่สารประกอบฟีนอลิกลดลงเมื่อขาดน้ำต่อไปจนครบ 6 วัน ส่วนกะเพรา OC-057 แม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด แต่เมื่ออยู่ในสภาพขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน ปริมาณสารดังกล่าวลดลงและแตกต่างจากกะเพราที่ได้ให้น้ำปกติอย่างมีนัยสำคัญ กะเพราที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อขาดน้ำ คือ กะเพรา OC-029 และพันธุ์การค้า SP2 สารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างกันแม้จะงดน้ำ 3 และ 6 วัน อย่างไรก็ตาม เชื้อพันธุกรรมกะเพรา 5 หมายเลข คือ OC-029, OC-064, OC-072, OC-080, OC-081 และพันธุ์การค้า 1 สายพันธุ์ BNg เมื่ออยู่ในสภาพขาดน้ำระยะเวลา 9 วัน สามารถกระตุ้นให้กะเพรามี

สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบกับการไม่รดน้ำ ในขณะที่เชื้อพันธุ์กรรมกะเพรา 6 หมายเลขที่เมื่อรดน้ำ 9 วัน ปรับตัวกลับมามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบไม่แตกต่างจากกะเพราที่ไม่รดน้ำ ส่วนกะเพราพันธุ์การค้าจำนวน 4 สายพันธุ์จาก 5 สายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ มีปริมาณสารประกอบ

ฟีนอลิกในใบลดลงอย่างมากจากกะเพราที่ไม่รดน้ำ เปรียบเทียบกับกะเพราที่รดน้ำไป 9 วัน ดังรายงานของ Sarker and Oba (2018) พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์รวมของใบ *Amaranthus tricolor* เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์รวมลดลง เมื่อได้รับความแล้งมากขึ้น (Figure 2)

Table 3 Mean of beta-carotene content (mg/100 g FW) and phenolic compounds (mg GAE/100 g FW) of holy basil under short water deficit

Accessions	Beta-carotene content (mg/100 g FW)				Phenolic compounds (mg GAE/100 g FW)			
	0DH1	3DH1	6DH1	9DH1	0DH1	3DH1	6DH1	9DH1
OC-024	1.204	0.851	1.204	1.094	5053.8	4274.3	4791.4	5003.9
OC-029	1.003	0.902	0.881	1.103	4915.3	4688.4	4751.8	5212.5
OC-057	1.490	1.059	1.477	1.589	5735.9	4650.0	4715.9	4559.8
OC-063	0.810	0.676	1.291	1.103	5283.3	4219.2	5153.6	4855.4
OC-064	1.066	1.132	1.075	1.079	4814.1	4357.6	3921.1	5390.4
OC-072	0.721	1.106	0.871	1.207	3273.0	2207.6	2019.3	4698.0
OC-080	0.996	0.930	1.068	1.729	2560.2	2698.7	1846.5	3514.1
OC-081	0.817	0.962	0.966	1.051	2938.4	2675.6	2263.7	3319.6
OC-094	1.075	0.921	1.297	1.381	1793.5	1826.9	2889.6	1536.8
OC-133	0.589	0.942	0.974	1.295	4308.9	2491.0	3845.6	3274.8
OC-135	0.959	0.907	0.834	1.065	3634.6	2248.7	3725.3	3580.7
OC-186	0.821	0.808	1.041	1.199	3200.0	2301.2	3547.4	3244.1
OC-194	0.769	1.000	0.789	1.235	5165.3	5347.4	4342.2	5267.5
OC-195	1.061	0.899	1.188	1.163	5224.3	4293.5	5014.1	3177.5
R.HB CT	0.610	1.059	1.090	1.271	4355.1	3305.1	2486.4	2925.4
HB CT	1.281	1.123	1.509	1.082	3452.5	2875.6	2998.4	1937.4
SP2	0.726	0.940	1.156	1.224	4621.8	4693.5	4389.6	2705.3
BNg	1.210	1.336	1.097	1.250	3358.9	2943.5	2459.5	3702.3
EW KT	0.872	0.866	1.146	1.134	3373.0	1819.2	1621.2	2533.8
CV (%)	22.023				CV (%)	6.494		
LSD _(L/H)	0.387				LSD _(L/H)	320.640		
F-test _(L/H)	**				F-test _(L/H)	**		

** Means were significant difference at $p < 0.01$

LSD_(L/H) LSD value of Line x Harvested from drought stress

การรดน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวกะเพรามีผลต่อความเขียวใบกะเพรา โดยพบอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์และจำนวนวันของการรดน้ำ แต่มีเชื้อพันธุ์กรรมกะเพรา 6 หมายเลข คือ OC-063, OC-072, OC-080, OC-133, OC-186 และ OC-195 กะเพรา

พันธุ์การค้า คือ R.HB-CT, SP2 และ EW-KT ที่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมระหว่างก่อนการรดน้ำและหลังรดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน กะเพรา 3 หมายเลขมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อขาดน้ำ 3 วัน 4 หมายเลขเมื่อขาดน้ำ 6 วันและ 3 หมายเลขที่

ขาดน้ำ 9 วัน การปรับตัวของกะเพราเมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำระยะสั้นไม่ขึ้นกับสีใบของกะเพรา เนื่องจากกะเพราหมายเลข OC-057 ที่มีสีใบเขียวแดง ที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมโดยไม่รดให้น้ำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.807 mg/100 g FW และงดให้น้ำ 3 วัน ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง จากนั้นจึงปรับตัวเมื่อน้ำเป็นเวลา 6 วันก่อนเก็บเกี่ยวมีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับ 6.963 mg/100 g FW และไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อน้ำต่อไปเป็นเวลา 9 วัน กะเพราใบสีแดง OC-194 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ 4.314 mg/100 g FW และปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อน้ำ 6 วันเหลือเพียง 2.526 mg/100 g FW (Figure 2) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ยังพบว่า กะเพรา OC-057 เมื่อปลูกสภาพให้น้ำปกติมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี สูงสุด และไม่แตกต่างทางสถิติกับกะเพราเขียว OC-024 อย่างไรก็ตาม เมื่องดการให้น้ำ

กะเพรามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เชื้อพันธุ์กรรมที่ตอบสนองต่อความแล้ง 3 วันด้วยการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ลดลงเช่นกันคือ OC-024, OC-029, OC-057, OC-063, OC-094, OC-135, OC-186 และ OC-195 ส่วนกะเพราที่ปรับตัวได้ดีเมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำคือ OC-080 เนื่องจากทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างใบกะเพราที่ไม่ขาดน้ำและกะเพราที่ขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน ซึ่งการศึกษาค้นนี้ พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ที่ลดและเพิ่มเนื่องจากการขาดน้ำ โดยคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี เมื่อกะเพราได้รับน้ำปกติมีความสัมพันธ์กันที่ค่า $r=0.902^{**}$ เมื่อกะเพราขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน มีค่าสหสัมพันธ์เป็น 0.963^{**} , 0.961^{**} และ 0.863^{**} ตามลำดับ

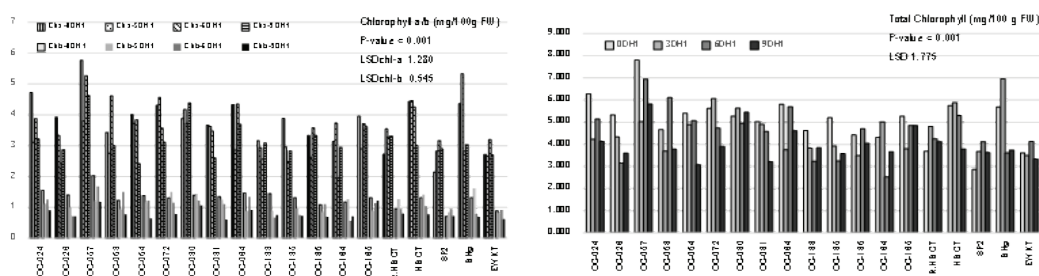


Figure 2 Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content of holy basil under short water deficit for 0, 3, 6 and 9 days

จากการประเมินสารพฤกษเคมีของเชื้อพันธุ์กรรมกะเพราจำนวน 14 หมายเลข เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าจำนวน 5 พันธุ์ ในสภาพแวดล้อมการปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมร่วมกับการงดน้ำและเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการคัดเลือกเชื้อพันธุ์กรรมไปใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้ได้กะเพราที่สามารถเพาะปลูกแล้วให้ผลผลิตและปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญในปริมาณสูงในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบันของประเทศไทย ผลการประเมินพบว่า

มีเชื้อพันธุ์กรรมกะเพราที่น่าสนใจที่สามารถใช้เป็นเชื้อพันธุ์กรรมที่มีปริมาณสารพฤกษเคมีสูงซึ่งกะเพราที่มีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนสูง ได้แก่ หมายเลข OC-024, OC-057, OC-064, OC-080 และ OC-094 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวมสูง ได้แก่ หมายเลข OC-024, OC-057, OC-072, OC-080 และ OC-094 และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง ได้แก่ หมายเลข OC-024, OC-029, OC-057, OC-063, OC-064, OC-194 และ OC-195 ตามลำดับ

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์รวม และสารประกอบฟีนอลิกของกะเพราแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันในทั้งสองฤดูกาล และยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์กะเพรากับสภาพแวดล้อม ซึ่งมีกะเพรา 5 หมายเลข ที่มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ในเดือนกุมภาพันธ์ และพบว่ากะเพรา 11 หมายเลข ที่เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณสารฟีนอลิกที่สูงขึ้น จากรายงานของสถานีวิจัยนิคมวิทยานครปฐม อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนธันวาคม 2562 สูงสุด 31.4 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 18 องศาเซลเซียส ส่วนเดือนกุมภาพันธ์ 2563 สูงสุด 34.2 องศาเซลเซียส และต่ำสุด 20.8 องศาเซลเซียส เดือนกุมภาพันธ์จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าเดือนธันวาคมประมาณ 3 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็นปัญหาสำคัญต่อการเกษตร โดยมีผลกระทบต่อยอดการเก็บเกี่ยวของพืช (Malumpong, 2019) ซึ่ง Huqail *et al.* (2020) รายงานว่าเมื่อพืชได้รับอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานยิ่งทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์รวมลดลง Barickman *et al.* (2021) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำและปริมาณ CO₂ สูงทำให้ใบโหระพาสูญเสียเม็ดสีในใบ โดยการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และคลอโรฟิลล์รวม และเม็ดสีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง ซึ่งจะเห็นได้ว่ากะเพราหมายเลข OC-057 มีแนวโน้มที่ให้ปริมาณสารพฤกษเคมีทั้งสารเบต้า-แคโรทีน คลอโรฟิลล์ เอ บี และรวม และสารประกอบฟีนอลิกที่มีค่าสูงสุด ไม่ว่าจะเก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคมหรือกุมภาพันธ์ จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการเพาะปลูกและใช้เป็นเชื้อพันธุ์กรรมในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป และเมื่อกะเพราได้รับความเครียดจากการขาดน้ำ 3, 6 และ 9 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนในใบกะเพรามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่องดการให้น้ำ ทั้งนี้กะเพรามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอและคลอโรฟิลล์ บี เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไม่ขึ้นอยู่กัปีของกะเพรา ซึ่งมีบางหมายเลขสามารถปรับตัวต่อสภาพการขาดน้ำ

โดยที่เมื่อขาดน้ำ 3 วัน มีปริมาณสารพฤกษเคมีลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการขาดน้ำ 9 วัน Alishah *et al.* (2006) พบว่า ความเครียดจากน้ำของ purple basil (*Ocimum basilicum*) โดยให้น้ำเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ได้รับความเครียด และให้น้ำ 90, 80, 70 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ของความจุความชื้นสนามแล้วเมื่อได้รับความเครียด 6 สัปดาห์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวม คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ลดลงเมื่อได้น้ำลดลง แต่การศึกษารวมของผลของความเครียดจากน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของ basil (*Ocimum basilicum* L.) 5 สายพันธุ์ของ Iakovos *et al.* (2020) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เมื่อได้รับน้ำ 40, 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลดลงเมื่อได้น้ำเพิ่มขึ้น ส่วนการตอบสนองต่อการขาดน้ำระยะสั้นของสารประกอบฟีนอลิกของแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน โดยเมื่อขาดน้ำ 3 และ 6 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง และเพิ่มขึ้นเมื่อขาดน้ำ 9 วัน สารประกอบฟีนอลิกในโหระพาสูงที่ได้รับน้ำ 25 เปอร์เซ็นต์ (Muhammad *et al.*, 2012)

สรุป

เชื้อพันธุ์กรรมที่มีความเสถียรภาพพันธุ์ของสารพฤกษเคมีเมื่อเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ต่างกันคือกะเพราเขียวหมายเลข OC-057 และ OC-063 และกะเพราแดงหมายเลข OC-194 กะเพราส่วนใหญ่ปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนไม่ต่างกันระหว่างกะเพราที่ให้น้ำปกติกับการขาดน้ำที่ยาวนานขึ้น ส่วนกะเพราที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำระยะสั้นนั้นปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การขาดน้ำยังส่งผลกระทบต่อผลผลิตของปริมาณคลอโรฟิลล์รวม และไม่พบความเสถียรภาพของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเมื่อกะเพราขาดน้ำในทุกๆระยะในหมายเลข/สายพันธุ์ เชื้อพันธุ์กรรมส่วนใหญ่ตอบสนองต่อการขาดน้ำด้วยการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกเมื่อขาดน้ำยาวนานขึ้นซึ่งต่างจากพันธุ์การค้าที่มีปริมาณสารที่ลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- รัตน์กร นามบุตดี. 2564. การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและฤดูกาลเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารพฤกษเคมีของกะเพรา (*Ocimum sanctum* L.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 112 หน้า.
- ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. 2564. สภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ.2563. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://climate.tmd.go.th/content/file/2031> (13 มิถุนายน 2565).
- Alishah, H.M., R. Heidari, A. Hassani and A.A. Dizaji. 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Biological Sciences 6: 763-767.
- Barickman, T.C., O.J. Olorunwa, A. Sehgal, C.H. Walne, K.R. Reddy and W. Gao. 2021. Yield, physiological performance and phytochemistry of basil (*Ocimum basilicum* L.) under temperature stress and elevated CO₂ concentrations. Plants (Basel) 10(6): 1072.
- DOAE. 2016. Holy Basil in 2016. (Online): Available Source: <https://production.doae.go.th> (July 21, 2021).
- DOAE. 2017. Holy Basil in 2017. (Online): Available Source: <https://production.doae.go.th> (July 21, 2021).
- DOAE. 2019. Holy Basil in 2019. (Online): Available Source: <https://production.doae.go.th> (July 21, 2021).
- Hakim, F.L., C.G. Shankar and S. Girija. 2007. Chemical composition and antioxidant property of holy basil (*Ocimum sanctum* L.) leaves, stems, and inflorescence and their *in vitro* callus cultures. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55(22): 9109-9117.
- Huqail, A.A., R.M.E. Dakak, M.N. Sanad, R.H. Badr, M.M. Ibrahim, D. Soliman and F. Khan. 2020. Effects of climate temperature and water stress on plant growth and accumulation of antioxidant compounds in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leafy vegetable. Hindawi Scientifica 2020: 12.
- Iakovos, K., G. Menexes, P.E. Georgiou and C. Dordas. 2020. Effect of water stress on the physiological characteristics of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. Agronomy 10(7): 1029.
- Keawsaard, S. 2012. *Ocimum sanctum* Linn. and free radical scavenging activity. Journal of Science Ladkrabang 21(2): 54-65.
- Malumpong, C. 2019. Principles of Plant Breeding. Bangkok: Kasetsart University Press. 342 p.
- Mondal, S., B.R. Mirdha and S.C. Mahapatra. 2009. The science behind sacredness of tulsi (*Ocimum sanctum* Linn.). Indian Journal of Physiology and Pharmacology 53: 291-306.
- Muhammad, M.K., A.H. Muhammad and S.A. Alfie. 2012. Variations in basil antioxidant contents in relation to deficit irrigation. Journal of Medicinal Plants Research 6(11): 2220-2223.
- Nagata, M. and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 39(10): 925-928.

- Nambuddee, R., P. Rithichai and Y. Jirakiattikul. 2020. Morphological characterization and grouping of holy basil (*Ocimum sanctum* L.). In: The 18th National Horticultural Congress. doi: 10.14457/KU.res.2020.14 p.6
- Sarker, U. and S. Oba. 2018. Drought stress enhances nutritional and bioactive compounds, phenolic acids and antioxidant capacity of Amaranthus leafy vegetable. BMC Plant Biology 18: 258. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1484-1>
- Srikachar, S., K. Damra, A. Siriudom, N. Satyasai, S. Chaulit and P. Kanchanakesorn. 2017. Combined pest control technology in holy basil/sweet basil. (Online): Available Source: <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2652> (July 21, 2021).
- Thaipong, K., U. Boonprakob, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2005. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activities of guava fruits. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health 36(4): 254-257.
- Wangcharoen, W. and W. Morasuk. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of holy basil. Songklanakarin Journal of Science and Technology 29(5): 1407-1415.

การจัดจำแนกและวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการทางชีวโมเลกุลของ
ไอโซเลตเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีศักยภาพก่อโรคกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

Identification and Biomolecular Phylogenetic Analysis of Potential *Metarhizium* spp. Isolates
Infecting Brown Planthopper

อารยา บุญศักดิ์^{1,2,3} วิภา หอมหาว^{1,3} วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ^{1,3} และ
สุพรรณิกา อินตะนันท์^{1,3*}

Araya Bunsak^{1,2,3}, Wipa Homhaul^{1,3}, Weerathep Pongprasert^{1,3} and Suphannika Intanon^{1,3*}

Received: April 3, 2023

Revised: May 25, 2023

Accepted: May 7, 2023

Abstract: Brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål), is an importantly economic insect pest of rice in Asia. The use of *Metarhizium* spp., entomopathogenic fungi, is one of the highly effective tools to control BPH. The total of 15 highly potential *Metarhizium* spp. isolates to control BPH was discovered from forest soils in Phetchabun area. This study aimed to identify and reconstruct phylogenetic relationships of those *Metarhizium* spp. isolates based on morphological characters (colony and conidia) and the ITS region of 18S rDNA. Their morphology data of colony and conidia were analyzed by cluster analysis together with those of *M. anisopliae* (PB-75), *M. anisopliae*, *M. album*, *M. majus* and *M. granulomatis* and a dendrogram of their relationships was constructed. Whereas, molecular identification was done by submitting ITS sequences of all isolates to GenBank using BLAST program. Then, phylogenetic analysis using neighbor-joining method was performed with the closely related *Metarhizium* spp. retrieved from GenBank and *M. frigidum* and *M. minus* were designated as the outgroups. The morphological identification results presented that all isolates were potentially identified as *Metarhizium anisopliae* based on the length of conidia less than 9 μ m as well as a dendrogram constructed from cluster analysis that all isolates were grouped with *M. anisopliae*. Meanwhile, BLAST results showed that ITS region of 18S rDNA of those isolates were closely related to *M. anisopliae* with the similarity index higher than 99%. Phylogenetic analysis clustered all 15 isolates with the group of *M. anisopliae* and clearly separated from outgroup species.

Keywords: *Metarhizium anisopliae*, brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, identification, phylogenetic analysis

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹ Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand.

² หลักสูตรสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

² Agricultural Science Program, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand.

³ ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

³ National Biological Control Research Center, Lower Northern Regional Center, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author : suphannikai@nu.ac.th

บทคัดย่อ: เพี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) จัดเป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญทางเศรษฐกิจในเอเชีย เชื้อราเมตาไรเซียมเป็นเชื้อราก่อโรคกับแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการควบคุมเพี้ยกระโดดสีน้ำตาล จากการคัดแยกเชื้อราเมตาไรเซียมจากดินป่าในจังหวัดเพชรบูรณ์ พบเชื้อราจำนวน 15 ไอโซเลต มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดี ในการศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกชนิดและสร้างรูปแบบความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการด้วยข้อมูลทางสัณฐานวิทยาของโคโลนีและโคโคเดียของเชื้อที่พบร่วมกับข้อมูลจากชิ้นส่วนสายพันธุ์กรรมของ ITS จาก 18S rDNA ทำการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนีและโคโคเดียด้วย cluster analysis และสร้างแผนผังความสัมพันธ์ร่วมกับเชื้อรา *M. anisopliae* (PB-75), *M. anisopliae*, *M. album*, *M. majus* และ *M. granulomatis* ส่วนการจัดจำแนกทางชีวโมเลกุลนั้นได้จากการเทียบเคียงสายพันธุ์กรรมของ ITS จาก 18S rDNA กับข้อมูลใน GenBank ด้วยโปรแกรม BLAST และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการร่วมกับข้อมูลเชื้อรา *Metarhizium* spp. ใกล้ชิด จากฐานข้อมูล GenBank ด้วยวิธีการ neighbor-joining โดยมี *M. frigidum* และ *M. minus* เป็น outgroups ผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาพบว่า เชื้อราเมตาไรเซียมทุกไอโซเลต มีแนวโน้มจัดเป็นเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* เนื่องจากมีความยาวของโคโคเดียน้อยกว่า 9 ไมโครเมตร และผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ได้จัดทุกไอโซเลตรวมกลุ่มใกล้ชิดกับ *M. anisopliae* ในขณะที่ ผลการค้นหาด้วย BLAST พบว่าสายพันธุ์กรรมของ ITS จาก 18S rDNA ของเชื้อราเมตาไรเซียมทุกไอโซเลตมีความใกล้ชิดหรือเหมือนกันตรงกับข้อมูลของเชื้อรา *M. anisopliae* ด้วยสัดส่วนที่สูงกว่า 99% ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการพบว่าเชื้อราเมตาไรเซียมทั้ง 15 ไอโซเลตรวมกลุ่มใกล้ชิดกับเชื้อรา *M. anisopliae* แยกออกจากกลุ่ม outgroup อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: เชื้อราเมตาไรเซียม เพี้ยกระโดดสีน้ำตาล การจัดจำแนก การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ

คำนำ

เพี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens* (Stål)) จัดเป็นแมลงศัตรูสำคัญของข้าวในประเทศไทยและหลายประเทศในเอเชีย (สุวัฒน์, 2544) ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเจาะดูดน้ำเลี้ยงจากบริเวณโคนต้นข้าว ตั้งแต่ระยะกล้า จนถึงระยะออกรวง ทำให้ข้าวมีอาการแห้งและไหม้ตาย หรือไม่สามารถออกรวงได้ นอกจากนี้ยังเป็นแมลงพาหะถ่ายทอดเชื้อไวรัสโรคเขียวเตี้ย (grassy stunt) และโรคใบหงิก (ragged stunt) มาสู่ข้าว ทำให้ผลผลิตลดลงเป็นอย่างมาก (Savary *et al.*, 2012; Helina *et al.*, 2019) การควบคุมเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลนิยมใช้สารเคมีฆ่าแมลงเป็นหลัก เนื่องจากสะดวก รวดเร็วและให้ผลที่ชัดเจน (สำนวน และวีรเทพ, 2548; วีรยุทธ และคณะ, 2556) อย่างไรก็ตามผลกระทบของสารเคมีฆ่าแมลงที่มีต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามมานั้นทำให้ต้องตระหนัก หลีกเลี่ยง ลดหรือหยุดการใช้ และค้นหาวิธีการอื่นๆ เข้ามาทดแทนการใช้

เชื้อจุลินทรีย์ เช่น เชื้อราเมตาไรเซียม จัดเป็นทางเลือกที่สำคัญและมีศักยภาพควบคุมเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดี (Chinniah *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตามเนื่องจากเชื้อราเมตาไรเซียมนี้มีความแปรปรวนในเชิงพันธุกรรมสูงทั้งในส่วนของกาบโรค ความรุนแรง เอนไซม์ เมแทโบไลต์ และสารพันธุกรรม ซึ่งสามารถพบได้แม้ในระดับของไอโซเลต (อารยา และคณะ, 2558; Chen *et al.*, 2019) ทำให้ปัจจุบันการค้นหาเชื้อราเมตาไรเซียมไอโซเลตใหม่ๆ จากแหล่งธรรมชาติต่างๆ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ในช่วงระยะที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยได้ทำการค้นหาเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีศักยภาพในการลงทำลายเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากดินป่าในจังหวัดเพชรบูรณ์ พบเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีศักยภาพสามารถลงทำลายเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ร้อยละ 100 จำนวน 16 ไอโซเลต การจัดจำแนกเชื้อราเมตาไรเซียมในเบื้องต้นใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนี และโคโคเดียซึ่งสามารถระบุได้ในระดับของ Genus

Metarhizium (อารยา และคณะ, 2564; Bunsak et al., 2023) โดยในบางกรณีสามารถใช้ระบุถึงระดับชนิดได้ เช่น กรณีของ *M. flavoviride* และ *M. anisopliae* กับ *M. majus* (Tulloch, 1976) แต่อย่างไรก็ตาม ผลของการจัดจำแนกยังไม่สามารถครอบคลุมได้อย่างชัดเจนในทุกชนิดของเชื้อราเมตาไรเซียม และบางกรณีทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการจัดจำแนกได้ เช่น กรณีของ *M. album* คัดแยกจากเพลี้ยกระโดดในศรีลังกา (Petch, 1931) และ *M. brunneum* คัดแยกจากซากแมลงพวก homopteran ในฟิลิปปินส์ (Petch, 1935) ซึ่งเดิมจัดเป็น synonyms กับ *M. anisopliae* รวมทั้งการระบุว่า *M. album* นั้นจัดเป็นระยะ immature ของ *M. anisopliae* แต่ภายหลังพบว่า เป็นชนิดเดียวกับเชื้อรา *M. anisopliae* ที่พบจากตัว *Costelytra zealandica* (Latch, 1965) เป็นต้น แต่ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ประโยชน์จากเชื้อราเมตาไรเซียม นั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลที่ชัดเจนมีความละเอียดในระดับของชนิดหรือต่ำกว่าสำหรับการอ้างอิงถึงประสิทธิภาพและศักยภาพในการใช้ประโยชน์ ซึ่งการจัดจำแนกทางชีวโมเลกุล (Hibbett and Taylor, 2013) เป็นวิธีการที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และในปัจจุบันสามารถให้รายละเอียดได้ถึงระดับชนิดหรือต่ำกว่าได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีความแม่นยำในการจัดจำแนกสูง รวมทั้งสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการของเชื้อราที่ศึกษาได้เพิ่มเติมด้วย ขึ้นอยู่กับวิธีการและระดับทางชีวโมเลกุลที่เลือกใช้ในการจัดจำแนก ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดจำแนกในขั้นต้นด้วยสายพันธุ์กรรม 18S rDNA ของเชื้อราเมตาไรเซียม PB-75 ซึ่งได้คัดแยกจากดินในพื้นที่ป่าจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าเป็นเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Bunsak et al., 2023) ซึ่งสามารถใช้อ้างอิงและเป็นแนวทางในการจัดจำแนกเชื้อราเมตาไรเซียมครั้งนี้ได้ ในการวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดจำแนกชนิดของเชื้อราเมตาไรเซียมที่คัดแยกจากตัวอย่างดินป่าของจังหวัดเพชรบูรณ์ที่มีศักยภาพในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้จำนวน 15 ไอโซเลตเพิ่มเติม โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนีและโคโคนี

ของเชื้อรา และด้วยวิธีการทางชีวโมเลกุลโดยการเปรียบเทียบลำดับรหัสสารพันธุกรรมของชิ้นส่วนสารพันธุกรรม ITS ของ 18S rDNA ของเชื้อราที่พบกับข้อมูลในฐานข้อมูลของ GenBank และวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงและคัดเลือกเชื้อราดังกล่าวสำหรับใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

เพาะเลี้ยงเชื้อราเมตาไรเซียมไอโซเลต คัดแยกได้จากตัวอย่างดินป่า จังหวัดเพชรบูรณ์ และผ่านการคัดเลือกด้วยคุณสมบัติที่สามารถฆ่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ร้อยละ 100 ในช่วงระยะเวลาที่สั้นที่สุด จำนวน 15 ไอโซเลต คือ PB-01, PB-02, PB-10, PB-19, PB-28, PB-47, PB-51, PB-71, PB-76, PB-95, PB-101, PB-114, PB-117, PB-123 และ PB-125 ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนี (รูปร่างและสีของโคโลนี) และโคโคนีเดียว (ขนาด ด้านกว้างและด้านยาวรวมทั้งรูปร่างของโคโคนีเดียว) (Tulloch, 1976) บันทึกผล วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย cluster analysis และสร้างรูปแบบความสัมพันธ์ด้วย dendrogram โดยมีข้อมูลสัณฐานวิทยาของ *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลต PB-75 ซึ่งได้รับการจัดจำแนกแล้ว (Bunsak et al., 2023) ร่วมกับเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* (Bridge et al., 1993), *Metarhizium album* (Anderson and Trueman, 2000; Driver et al., 2000), *Metarhizium majus* (Anderson and Trueman, 2000; Bischoff et al., 2009; Nishi et al., 2011) และ *Metarhizium granulomatis* (Schmidt et al., 2017) สำหรับอ้างอิงเปรียบเทียบ

จากนั้นสกัดสารพันธุกรรมจากเชื้อราเมตาไรเซียมทุกไอโซเลต เพิ่มจำนวนชิ้นส่วนสายพันธุ์กรรมของ ITS จาก 18S ribosomal DNA ด้วยปฏิกิริยา PCR โดยใช้ไพรเมอร์ ITS1 (forward: TCCGTAGGT-GAACCTGCGG) และ ITS4 (reverse: TCCTC-CGCTTATTGATATGC) (White et al., 1990) โดย

บริษัท MacroGen Inc. Laboratory, IT and Business Headquarter & Support Center Geumcheon-gu, Seoul, Korea

ทำการปรับลำดับรหัสสารพันธุกรรมของ 18S rDNA ที่ได้รับกับสัญญาณการอ่านผลรหัสสารพันธุกรรมด้วยโปรแกรม BioEdit version 7.2 (<http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/bioedit.html>) (Hall, 1999) เทียบเคียงสารพันธุกรรมของยีน 18S rDNA ของเชื้อเมตาไรเซียมที่ผ่านการคัดเลือกแต่ละไอโซเลตกับข้อมูลใน GenBank จาก the National Center for Biotechnology Information (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>) ด้วยโปรแกรม BLAST (Altschul *et al.*, 1990) ตรวจสอบผลการเปรียบเทียบและประเมินค่าความเหมือน (similarity index) และจัดจำแนกชนิดของเชื้อราเมตาไรเซียมแต่ละไอโซเลตคัดเลือกไอโซเลตของเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีความใกล้เคียงจากฐานข้อมูลของ GenBank บันทึกข้อมูลรหัสสารพันธุกรรมของยีน 18S rDNA และข้อมูลเปรียบเทียบอื่นๆ ทำการเทียบเรียง (alignment) ลำดับรหัสสารพันธุกรรมของเชื้อราเมตาไรเซียมที่ได้จากฐานข้อมูลใน GenBank และที่ได้จากการคัดเลือก ด้วยโปรแกรม BioEdit v.7.2 (Hall, 1999) และ Clustal W (Thompson *et al.*, 1997) ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของลำดับรหัสสารพันธุกรรมของเชื้อราเมตาไรเซียมที่ได้เทียบเรียงโดย phylogenetic analysis ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ neighbor-joining (Saitou and Nei, 1987) คำนวณสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการโดยวิธี P-distance (Nei and Kumar, 2000) และคำนวณความค่าความเชื่อมั่นของความสัมพันธ์ในแต่ละระดับด้วยวิธีการ bootstrap จำนวนซ้ำ 1000

ครั้ง (Felsenstein, 1985) ด้วยโปรแกรม MEGA 11 (<http://www.megasoftware.net/>) (Hall, 2013; Tamura *et al.*, 2021) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และค้นหาเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีความใกล้เคียง และเทียบเคียงข้อมูลคุณลักษณะกับเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีความใกล้เคียงมากที่สุด

ผลการทดลองและวิจารณ์

ข้อมูลของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *M. anisopliae* เช่น สีของโคโคนี้ รูปทรงและขนาดความกว้างและความยาวของโคนิเดียสามารถใช้อ้างอิงกลุ่มของไอโซเลตเชื้อราเมตาไรเซียมได้ (Luangsa-ard *et al.*, 2007, 2009; Dugan, 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนความยาวของโคนิเดียของ *M. anisopliae* (Driver *et al.*, 2000; Bischoff *et al.*, 2009) โดย Rombach *et al.* (1987) ระบุว่าโคนิเดียของ *M. anisopliae* ควรมีความยาวที่น้อยกว่า 9 ไมโครเมตร จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเมตาไรเซียมทั้ง 15 ไอโซเลตที่ผ่านการคัดเลือกจากคุณสมบัติการก่อโรคโดยสามารถทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายร้อยละ 100 และมีระดับความรุนแรงของการก่อโรคที่ LT_{50} อยู่ในช่วง 2.9-4.2 วัน พบว่าโคโคนี้ของเชื้อเมตาไรเซียมทุกไอโซเลตมีลักษณะกลม สีเขียวซีดน้ำเข้มหรือเขียวโอลีฟ ขอบโคโคนี้มีสีขาว ส่วนโคนิเดียมีรูปทรงกระบอกปลายมน คล้ายแคปซูล ขนาดของความยาว อยู่ในช่วง 5.0-8.9 ไมโครเมตร และความกว้างอยู่ในช่วง 2.0-4.6 ไมโครเมตร และมีแนวโน้มของการจัดจำแนกเป็นเชื้อรา *M. anisopliae* (Rombach *et al.*, 1987; Tangthirasunun *et al.*, 2010; Thaochan and Sausa-ard, 2017) (Table 1)

Table 1 Morphology of colonies and conidia of 15 *Metarhizium* isolates, screened and selected based on their highly potential to kill brown planthopper and those of *Metarhizium anisopliae*, *M. album*, *M. majus* and *M. granulomatis* were added for cluster analysis.

Isolates	Colony morphology		Conidia morphology		LT_{50} (days)
	Shape	Color	Size (length x width) (μ m)	Shape	
PB-01	circle	dark green	5.7(5.3-7.1) x 3.1(2.5-4.0)	cylindrical	3.7
PB-02	circle	dark green	6.0(5.5-7.0) x 3.0(2.6-3.4)	cylindrical	3.1
PB-10	circle	dark green	5.5(5.0-6.9) x 4.0(3.6-4.5)	cylindrical	3.8

Table 1 (continued).

Isolates	Colony morphology		Conidia morphology		LT ₅₀ (days)
	Shape	Color	Size (length x width) (μ m)	Shape	
PB-19	circle	olivaceous green	7.1(6.4-7.9) x 3.5(3.1-4.6)	cylindrical	3.7
PB-28	circle	olivaceous green	6.5(6.0-7.1) x 3.2(2.9-4.0)	cylindrical	3.2
PB-47	circle	dark green	7.0(6.5-8.9) x 4.3(4.0-4.5)	cylindrical	3.7
PB-51	circle	dark green	6.7(6.2-8.4) x 3.1(2.5-4.2)	cylindrical	4.0
PB-71	circle	dark green	5.6(5.0-6.1) x 3.0(2.4-3.9)	cylindrical	3.2
PB-76	circle	dark green	7.1(6.5-8.1) x 4.0(2.9-4.6)	cylindrical	3.5
PB-95	circle	olivaceous green	5.8(5.1-6.5) x 2.9(2.3-3.2)	cylindrical	3.9
PB-101	circle	dark green	6.7(6.3-7.1) x 3.1(2.7-4.1)	cylindrical	3.6
PB-114	circle	olivaceous green	6.4(5.5-6.7) x 2.8(2.0-3.9)	cylindrical	3.9
PB-117	circle	olivaceous green	5.8(5.0-7.1) x 2.7(2.0-3.2)	cylindrical	3.3
PB-123	circle	olivaceous green	6.5(5.8-7.5) x 2.2(2.4-2.6)	cylindrical	3.4
PB-125	circle	dark green	6.5(6.0-7.5) x 3.5(2.9-3.9)	cylindrical	4.2
PB-75 ¹	circle	olivaceous green	5.7(5.0-6.0) x 3.1(2.4-4.0)	cylindrical	2.9
<i>M. anisopliae</i> ²	circle	dark green	6.5(4.5-8.4) x 2.4(1.6-3.2)	cylindrical	
<i>M. granulomatis</i> ³	circle	brown-gray	3.6(3.3-3.8) x 1.4(1.2-1.6)	cval	
<i>M. majus</i> ⁴	circle	olivaceous green	11.8(8.4-15.1) x 3.6(2.4-4.7)	cylindrical	
<i>M. album</i> ⁵	circle	pale brown	5.0(4.0-6.0) x 2.0(1.5-2.5)	ellipsoid	

Sources: 1/ Bunsak *et al.*, 2023; 2/ Bridge *et al.* (1993); 3/ Driver *et al.* (2000) and Anderson and Trueman (2000); 4/ Nishi *et al.* (2011), Bischoff *et al.*, (2009); and Anderson and Trueman (2000); 5/ Schmidt *et al.* (2017)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และจัดกลุ่มทางสถิติ ด้วย hierarchical cluster analysis วิธี within group-linkage ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเมตาไรเซียมทุกไอโซเลตเปรียบเทียบกับ *Metarhizium anisopliae* (PB-75), *M. anisopliae*, *M. album*, *M. majus* และ *M. granulomatis* พบว่า เชื้อราเมตาไรเซียมทุกไอโซเลตถูกจัดรวมเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ร่วมกับ *M. anisopliae* (PB-75) และ *M. anisopliae* อ้างอิงและแยกตัวออกจาก *M. album*, *M. majus* และ *M. granulomatis* อย่างชัดเจนภายในกลุ่มถูกจัดแยกออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกประกอบด้วยไอโซเลต PB-51, PB-101, PB-125, PB-01, PB-71, PB-02, PB-10, PB-47 และ PB-76 ร่วมกับ *M. anisopliae* อ้างอิง กลุ่มที่สองประกอบด้วยไอโซเลต PB-95, PB-117, PB-28, PB-114, PB-123 และ PB-19

ร่วมกับ *M. anisopliae* (PB-75) ในกรณีนี้ทำให้เชื้อราเมตาไรเซียมทุกไอโซเลตในส่วนของ ingroup นี้มีแนวโน้มจัดเป็นเชื้อรา *M. anisopliae* ได้มากที่สุด (Figure 1) และเมื่อพิจารณาการจัดกลุ่มดังกล่าวกับข้อมูลทางสัณฐานวิทยาพบว่าเชื้อรา *M. anisopliae* ทั้ง 2 กลุ่ม ในเบื้องต้นจัดแยกออกจากกันด้วยลักษณะของสีโคโลนีเป็นหลัก โดยกลุ่มที่ 1 มีสีโคโลนีเขียวเข้มค่อนข้างดำ (dark green) ส่วนกลุ่มที่ 2 มีสีโคโลนีเขียวสว่าง (olivaceous green) (Table 1) อย่างไรก็ตามวิธีการจัดจำแนกทางสัณฐานวิทยาในการศึกษานี้ เน้นการใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคโลนี (รูปร่างและสีของโคโลนี) และโคโคนีเดีย (ขนาดด้านกว้างและด้านยาวรวมทั้งรูปร่างของโคโคนีเดีย) ตามแนวทางของ Tulloch (1976) ซึ่งมีความสะดวก รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายในการจัดจำแนกไม่สูงมาก แต่อย่างไรก็ตาม หากเป็นการจัดจำแนกที่ต้องการ

ความแม่นยำชัดเจนในระดับชนิด หรือละเอียดกว่าชนิด ควรมีข้อมูลในรายละเอียดของสัณฐานวิทยาอื่นๆ เช่น phialides (Mongkolsamrit *et al.*, 2020) และข้อมูลจากผลการทดสอบทางจุลชีววิทยา พิษวิทยา และ ชีวเคมีอื่นๆ เช่น API ZYM และ

isoenzyme (Bridge *et al.*, 1993) เพิ่มเติมประกอบ การจัดจำแนกหรือใช้แนวทางการจัดจำแนกอื่น เช่น เทคนิคทางชีวโมเลกุล เป็นต้น เพื่อรองรับ สนับสนุน และยืนยันผลเพิ่มเติม

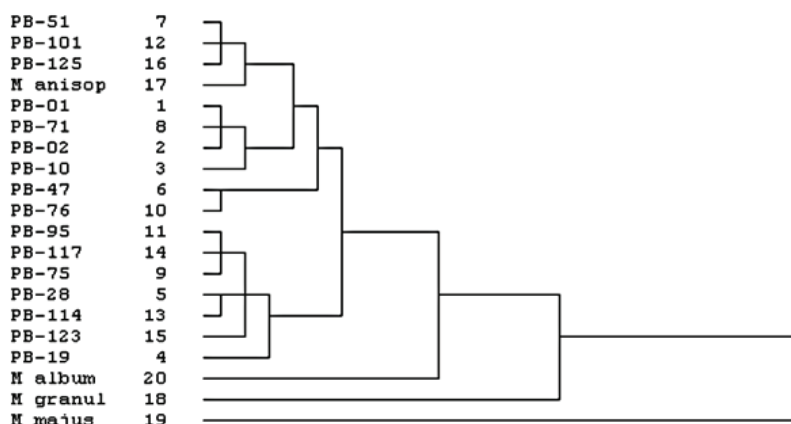


Figure 1 Dendrogram presents the relationship based on morphological data of colonies and conidia of the 16 highly potential *Metarhizium* isolates from Phetchabun province (PB) to control brown planthoppers. *Metarhizium anisopliae* (M anisop), *Metarhizium album* (M album), *Metarhizium majus* (M majus) and *Metarhizium granulomatis* (M granul) were added for cluster analysis.

ในปัจจุบันการจัดจำแนกชนิดของเชื้อราด้วยเทคนิคทางชีวโมเลกุลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้น เนื่องจากมีช่องทางให้เลือกหลากหลาย มีความสะดวก รวดเร็วและแม่นยำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้รูปแบบการเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ในส่วนสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตซึ่งสามารถให้รายละเอียดของการจัดจำแนกในระดับต่ำกว่าชนิดได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความยาวของสายพันธุกรรมที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Dentinger *et al.*, 2011; Raja *et al.*, 2017) ในกรณีการจัดจำแนกเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีความเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมนั้น มักนิยมใช้สายพันธุกรรม 18S rDNA เนื่องจากสายพันธุกรรมประกอบด้วยส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงในระดับที่รวดเร็ว ช้ามาก หรือไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถใช้จัดจำแนกสิ่งมีชีวิตได้ทั้งในระดับที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าระดับชนิดได้ (Epp *et al.*, 2012; Suzuki *et al.*, 2020; Bich *et al.*, 2021) นอกจากนี้ยังมีบันทึกและรายงานในส่วนนี้ของเชื้อเมตาไรเซียมเป็นจำนวนมาก

ในฐานข้อมูล GenBank ซึ่งสะดวกต่อการเปรียบเทียบและค้นหาชนิดของเชื้อราเมตาไรเซียมได้อย่างรวดเร็ว (Nilsson *et al.*, 2012)

ด้วยไพรเมอร์ ITS1F (forward: TCCGTAG-GTGAACCTGCGG) และ ITS4 (reverse: TCCTC-CGCTTATTGATATGC) (White *et al.*, 1990) ขึ้นส่วนสารพันธุกรรม 18S rDNA ที่ได้รับสำหรับใช้ในการตรวจสอบชนิดของเชื้อราเมตาไรเซียมที่ผ่านการคัดเลือก ครอบคลุมบางส่วนของ 18S ribosomal RNA gene ต่อเนื่องกับ internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene, internal transcribed spacer 2 และ ยาวต่อเนื่องครอบคลุมบางส่วนของ 28S ribosomal RNA gene จำนวนนิวคลีโอไทด์ทั้งหมดที่อ่านได้อยู่ที่ประมาณ 600-620 bp แต่เมื่อทำการเทียบเรียง (alignment) ลำดับรหัสสารพันธุกรรม จำนวนนิวคลีโอไทด์ทั้งหมดที่ชัดเจนและสามารถใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ 527 หน่วย

ผลการเทียบเคียงลำดับการเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ของ 18S rDNA ของเชื้อราเมตาไรเซียมทั้ง 15 ไอโซเลตกับข้อมูลในฐานข้อมูลของ GenBank ด้วยโปรแกรม BLAST พบว่าเชื้อราเมตาไรเซียมทั้ง 15 ไอโซเลต มีลำดับสารพันธุกรรมตรงกับเชื้อราเมตาไรเซียมชนิด *Metarhizium anisopliae* (Eukaryota; Fungi; Dikarya; Ascomycota; Pezizomycotina; Sordariomycetes; Hypocreomycetidae; Hypocreales; Clavicipitaceae; *Metarhizium*) โดยมีสัดส่วนความเหมือนตรงกัน (percent identical) สูงมากกว่าร้อยละ 99 ทั้งนี้ โดยหลักการของสัดส่วนความเหมือนตรงกันระบุว่า หากมีค่าที่ร้อยละ 100 สิ่งมีชีวิตนั้นจัดอยู่ในสายพันธุ์ (strain) เดียวกัน หากมีค่าสูงกว่าร้อยละ 99 จัดได้ว่าเป็นชนิดเดียวกัน และหากอยู่ในช่วงร้อยละ 89-99 จัดเป็นสกุล (genus) เดียวกัน (Henry *et al.*, 2000) ดังนั้น เชื้อราเมตาไรเซียมทั้ง 15 ไอโซเลตในการศึกษานี้จึงมีแนวโน้มจัดเป็นชนิด *Metarhizium anisopliae*

ผลการวิเคราะห์และสร้างสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการจากสายพันธุ์กรรม 18S rDNA ของเชื้อรา *M. anisopliae* ทั้ง 15 ไอโซเลต ร่วมกับสายพันธุ์กรรม 18S rDNA ของเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลต PB-75 และเชื้อรา *M. anisopliae* ที่มีความใกล้ชิดจากข้อมูล GenBank จำนวน 15 สายพันธุ์ โดยมีสายพันธุ์กรรม 18S rDNA ของเชื้อรา *Metarhizium frigidum* HM055448.1 และ *Metarhizium minus* HM055453.1 เป็น outgroups เปรียบเทียบ พบว่าสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการที่สร้างขึ้นนั้นได้จัดกลุ่มของไอโซเลตเชื้อราเมตาไรเซียมที่ต้องการจัดจำแนก เชื้อราไอโซเลต PB-75 และเชื้อรา *M. anisopliae* ที่ใกล้ชิดซึ่งได้จาก GenBank แยกออกจาก เชื้อรา *M. frigidum* HM055448.1 and *M. minus* HM055453.1 อย่างชัดเจนด้วยค่า bootstrap รองรับร้อยละ 100 นั้น โดยในกลุ่มของเชื้อราเมตาไรเซียม (ingroup) นั้น ได้วิวัฒนาการ

แยกออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรก เชื่อมต่อจาก outgroups ประกอบด้วย *M. anisopliae* MG786741.1 ซึ่งมีความใกล้ชิดกับ *M. anisopliae* ไอโซเลต PB-76 (H201204-007 O01) จากนั้นสายวิวัฒนาการได้แยกตัวและแบ่งกลุ่มเชื้อรา *M. anisopliae* ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีค่า bootstrap รองรับที่ร้อยละ 40 ประกอบด้วย *M. anisopliae* MH165400.1, KU983776.1, OP546104.1, LR792758.1, JN256674.1, MT111550.1, MN892390.1, OL839175.1, MG786733.1 และ MG786736.1 โดยมีเชื้อราเมตาไรเซียมที่มีรายงานการพบในประเทศไทยคือ OP546104.1 (Sinchayakul *et al.*, 2022) และ ไอโซเลต PB-47 รวมอยู่ในกลุ่มนี้ โดยไอโซเลต PB-47 ได้ถูกจัดรวมเป็นกลุ่มย่อยขนาดเล็กที่มีความใกล้ชิดกับ *M. anisopliae* OL839175.1, MG786733.1 และ MG786736.1 กลุ่มที่ 2 มีค่า bootstrap รองรับที่ 40% ประกอบด้วย *M. anisopliae* OP595354.1, KX279869.1, JQ889704.1 ร่วมกับเชื้อราเมตาไรเซียมไอโซเลต PB-125 (H201204-007 C09), PB-71 (H201204-007 G01), PB-19 (H201204-007 G15), PB-10 (H201204-007 K13), PB-02 (H201204-007 K09), PB-101 (H201204-007 O03), PB-01 (H201204-007 G09), PB-51 (H201204-007 K17), PB-117 (H201204-007 C07), PB-28 (H201204-007 K15), PB-95 (H201204-007 G03), PB-114 (H201204-007 K05), PB-123 (H201204-007 O07) และ PB-75 (ON729286.1) และมีการรวมกลุ่มย่อยขนาดเล็กของ เชื้อราเมตาไรเซียมไอโซเลต PB-101 (H201204-007 O03), PB-01 (H201204-007 G09), PB-51 (H201204-007 K17), PB-117 (H201204-007 C07) ร่วมกับ *M. anisopliae* PB75 (ON729286.1) (Bunsak *et al.*, 2023), JQ889704.1 และ KX279869.1 (Figure 2)

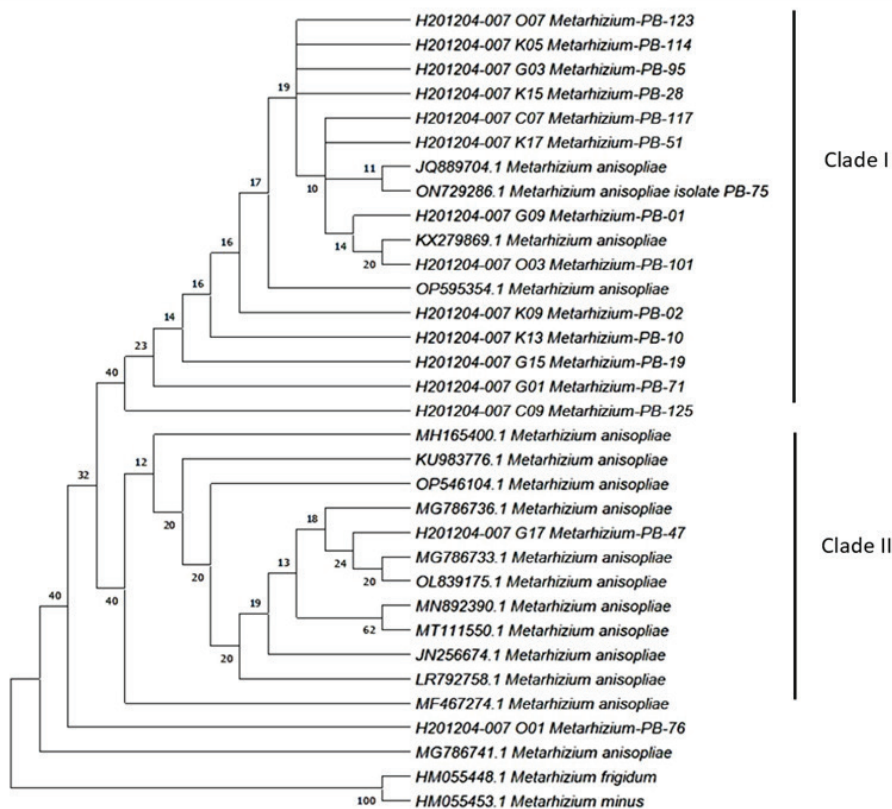


Figure 2 Phylogenetic tree (evolutionary relationships of taxa) obtained by neighbor-joining method with evolutionary distance calculated by P-distance based on the alignment of 18S rDNA of 15 *Metarhizium* isolates and other 16 closely related *M. anisopliae* and 2 outgroup species *M. frigidum* HM055448.1 and *M. minus* HM055453.1 The confidence supporting number on tree branch calculated from bootstraps method with 1000 replications.

ทั้งนี้ กลุ่มของเชื้อราไอโซเลตที่มีความใกล้เคียงกับเชื้อรา *M. anisopliae* ที่อ้างอิง พบว่า ไอโซเลต PB-117, PB-51, PB-01 และ PB-101 มีการรวมกลุ่มใกล้เคียงกับเชื้อรา *M. anisopliae* PB-75, JQ889704.1 (Xu *et al.*, 2012) และ KX279869.1 (Syazwan *et al.*, 2015) มาก โดยเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลต PB-75 เป็นเชื้อราที่ลงทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่คัดแยกจากจังหวัดเพชรบูรณ์เช่นกัน (Bunsak *et al.*, 2023) ในขณะที่ *M. anisopliae* KX279869.1 ซึ่งเป็นเชื้อรา *M. anisopliae* ที่มีข้อมูลจากฐานข้อมูลใน GenBank ระบุว่า ถูกคัดแยกได้จาก Peninsular Malaysia และมีศักยภาพในการลงทำลายปลวก *Coptotermes curvignathus* (Blattodea:

Rhinotermitidae) (Syazwan *et al.*, 2015) ส่วน *M. anisopliae* JQ889704.1 นั้น Xu *et al.* (2012) ระบุว่าคัดแยกได้จากป่าชายเลนของมณฑลไหหนานของสาธารณรัฐประชาชนจีน และบันทึกข้อมูลลำดับรหัสทางพันธุกรรม 18S rDNA ไว้ในฐานข้อมูลของ GenBank แต่ยังไม่พบรายละเอียดของศักยภาพในการลงทำลายแมลงที่ชัดเจน

ในขณะที่ไอโซเลต PB-47 รวมเป็นกลุ่มย่อยที่มีความใกล้เคียงกับ *M. anisopliae* OL839175.1, MG786733.1 และ MG786736.1 นั้นพบว่า OL839175.1 เป็นเชื้อรา *M. anisopliae* ที่ Nawaz (2021) จาก Center of Excellence for Olive Research and Training, Barani Agricultural Research Institute, Chakwal, Punjab, Pakistan

เป็นผู้รายงานการค้นพบ ส่วน MG786733.1 และ MG786736.1 เป็นเชื้อ *M. anisopliae* ที่ Castro-Vasquez *et al.* (2018) จาก Centro de investigacion en biologia celular molecular, University of Costa Rica, Ciudad de la investigacion, San Pedro, San Jose, Costa Rica ระบุว่าคัดแยกได้จากดินใน Costa Rica ซึ่งเชื้อราทั้ง 3 ไอโซเลตนี้ได้บันทึกไว้ในฐานข้อมูลของ GenBank แต่ยังไม่พบรายละเอียดของศักยภาพในการลงทำลายแมลงที่ชัดเจน และในทำนองเดียวกันกับไอโซเลต PB-76 ที่มีความใกล้เคียงกับ *M. anisopliae* MG786741.1 ซึ่งเป็นเชื้อ *M. anisopliae* คัดแยกได้จากดินใน Costa Rica ที่ Castro-Vasquez *et al.* (2018) ได้บันทึกไว้เช่นกัน

สรุป

ในการจัดจำแนกและวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการทางชีวโมเลกุลของเชื้อราเมตาไรเซียมคัดแยกจากดินป่าในจังหวัดเพชรบูรณ์ ที่มีศักยภาพก่อโรคกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตายร้อยละ 100 และมีค่าความรุนแรงของเชื้อ (LT_{50}) ที่ 2.9-4.2 วัน จำนวน 15 ไอโซเลต ประกอบด้วยไอโซเลต PB-01, PB-02, PB-10, PB-19, PB-28, PB-47, PB-51, PB-71, PB-76, PB-95, PB-101, PB-114, PB-117, PB-123 และ PB-125 ผลการจัดกลุ่มโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาพบว่าเชื้อราทุกไอโซเลตมีความยาวของโคนเดียวน้อยกว่า 9 ไมโครเมตร และสามารถจัดเป็นเชื้อราชนิด *M. anisopliae* เมื่อวิเคราะห์ด้วย cluster analysis พบว่า เชื้อราเมตาไรเซียมทุกไอโซเลตถูกจัดรวมเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ร่วมกับ *M. anisopliae* (PB-75) และ *M. anisopliae* อ้างอิง และแยกตัวออกจาก *M. album*, *M. majus* และ *M. granulomatis* อย่างชัดเจน มีแนวโน้มจัดเป็นเชื้อรา *M. anisopliae* ทั้งหมด ในส่วนของการจัดจำแนกทางชีวโมเลกุลด้วย สายพันธุ์กรรม 18S rDNA ของเชื้อราเมตาไรเซียมทั้ง 15 ไอโซเลตเปรียบเทียบกับเชื้อราเมตาไรเซียมในฐานข้อมูลของ GenBank พบว่ามีความใกล้เคียงกับเชื้อรา

เมตาไรเซียมชนิด *M. anisopliae* (Eukaryota; Fungi; Dikarya; Ascomycota; Pezizomycotina; Sordariomycetes; Hypocreomycetidae; Hypocreales; Clavicipitaceae; *Metarhizium*) PB-117, PB-51, PB-01 และ PB-101 มีการรวมกลุ่มใกล้เคียงกับเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลต โดยมีความเหมือนตรงกัน (percent identical) กับเชื้อราที่มีรายงานการค้นพบ ในระดับที่สูงกว่าร้อยละ 99.00 และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการพบว่าทั้ง 15 ไอโซเลต จัดอยู่ในกลุ่ม *M. anisopliae* แยกออกจากญาติที่ใกล้เคียงคือ *M. frigidum* และ *M. minus* อย่างชัดเจน โดยในส่วนของกลุ่มเมตาไรเซียมอื่น พบว่า ไอโซเลต PB-117, PB-51, PB-01 และ PB-101 มีการรวมกลุ่มใกล้เคียงกับเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลต PB-75, JQ889704.1 และ KX279869.1 มาก ไอโซเลต PB-47 รวมเป็นกลุ่มย่อยที่มีความใกล้เคียงกับ *M. anisopliae* OL839175.1, MG786733.1 และ MG786736.1 และ ไอโซเลต PB-76 นั้นมีความใกล้เคียงกับ *M. anisopliae* MG786741.1 ทั้งนี้มีเพียง *M. anisopliae* ไอโซเลต PB-75 และ *M. anisopliae* KX279869.1 ที่พบรายงานความเกี่ยวพันกับการลงทำลายเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและปลวก *Coptotermes curvignathus* ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- วีรยุทธ สร้อยนาค วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว บุรณพานิชพันธุ์ และสมชาย ธนสินชัยกุล. 2556. ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงบางชนิดต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. วารสารเกษตร 29(3): 231-238.
- สุวัฒน์ รวยอารีย์. 2544. เรียนรู้การจัดการศัตรูข้าวโดยผสมผสาน. กองกัญและสัตววิทยา: กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 262 หน้า.
- สำนวน ฉิมพกา และวีรเทพ พงษ์ประเสริฐ. 2548. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวของเกษตรกร อำเภอดงพวน จังหวัดพิจิตร. วารสารเกษตรนเรศวร 8(1): 77-94.

- อารยา บุญศักดิ์ วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ ไสว
บุญณพานิชพันธุ์และจิราพร กุลสาริน. 2558.
การคัดเลือกเชื้อรา *Metarhizium anisopliae*
(Metchnikoff) Sorokin ที่มีศักยภาพใน
การควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. วารสาร
เกษตร 31(3): 291-299.
- อารยา บุญศักดิ์, วิภา หอมหวล, วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ
และสุพรรณิกา อินตะนันท์. 2564. การ
คัดแยกและคัดเลือกเชื้อราสกุลเมธาไรเซียม
จากดินป่าในพื้นที่อำเภอเขาค้อ จังหวัด
เพชรบูรณ์เพื่อควบคุมเพลี้ยกระโดดสี
น้ำตาล. หน้า 716-728. ใน: การประชุม
วิชาการนเรศวรวิจัยและนวัตกรรม ครั้งที่ 17.
มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- Altschul, S.F., W. Gish, W. Miller, E.W. Myers
and D.J. Lipman. 1990. Basic local
alignment search tool. Journal of
Molecular Biology 215(3): 403-410.
- Anderson, D.L. and J. W.H. Trueman. 2000.
Varroa jacobsoni (Acari: Varroidae) is
more than one species. Experimental
and Applied Acarology 24(3): 165–189.
- Bich, G.A., M.L. Castrillo, F.L. Kramer, L.L. Villalba
and P.D. Zapata. 2021. Morphological
and molecular identification of
entomopathogenic fungi from
agricultural and forestry crops.
Florestae Ambiente 28(2), doi:10.
1590/2179-8087-floram-2018-0086.
- Bischoff, J.F., S.A. Rehner and R.A. Humber.
2009. A multilocus phylogeny of the
Metarhizium anisopliae lineage.
Mycologia 101(4): 512-530.
- Bridge, P.D., M.A.J. Williams, C. Prior and
R.R.M. Paterson. 1993. Morphological,
biochemical and molecular
characteristics of *Metarhizium*
anisopliae and *M. flavoviride*. Journal
of General Microbiology 139: 1163-1169.
- Bunsak, A., W. Homhaul, W. Pongprasert, K.
Ruangrit and S. Intanon. 2023.
Occurrence of entomopathogenic
fungi from natural ecosystems in
Phetchabun, Thailand and their
virulence against brown planthopper.
Current Applied Science and
Technology 23(4); DOI: 10.55003/
cast.2023.04.23.013
- Castro-Vasquez, R., M. Montero-Astua, S.
Hernandez-Villalobos, A. Vargas-
Martinez and R. Molina-Bravo. 2018.
Identification and molecular
characterization of *Metarhizium* spp.
from soil of Costa Rica. (Online):
Available Source: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/MG786733.1?report=genbank&log\\$=nuclopt&blast_rank=1&RID=ZY3UJ2KR013](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/MG786733.1?report=genbank&log$=nuclopt&blast_rank=1&RID=ZY3UJ2KR013) (January
30, 2023)
- Chen, W.-H., Y.-F. Han, J.-D. Liang and Z.-Q.
Liang. 2019. Morphological and
phylogenetic characterization of novel
Metarhizium species in Guizhou,
China. Phytotaxa 419(2): 189-196.
- Chinniah, C., A. Ravikumar, M. Kalyanasundaram
and P. Parthiban. 2016. Management
of sucking pests, by integration of
organic sources of amendments and
foliar application of entomopathogenic
fungi on chilli. Journal of Biopesticide
9(1): 34-40.
- Dentinger, B.T.M., M.Y. Didukh and J.-M.
Moncalvo. 2011. Comparing COI and
ITS as DNA barcode markers for
mushrooms and allies (*Agaricomycotina*).
PLoS ONE 6(9): e25081, doi:10.1371/
journal.pone.0025081.

- Driver, F., R.J. Millner and J.W.H. Trueman. 2000. A taxonomic revision of *Metarhizium* based on a phylogenetic analysis of rDNA sequence data. *Mycological Research* 104(2): 134-150. doi:10.1017/S0953756299001756.
- Dugan, F.M. 2017. The Identification of Fungi: An Illustrated Introduction with Keys, Glossary, and Guide to Literature. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. 176 p.
- Epp, L.S., S. Boessenkool, E.P. Bellemain, J. Haile, A. Esposito, T. Riaz, C. Erséus, V.I. Gusarov, M.E. Edwards, A. Johnsen, H.K. Stenøien, K. Hassel, H. Kauserud, N.G. Yoccoz, K.A. Bråthen, E. Willerslev, P. Taberlet, E. Coissac and C. Brochmann. 2012. New environmental metabarcodes for analysing soil DNA: potential for studying past and present ecosystems. *Molecular Ecology* 21(8): 1821-1833.
- Felsenstein, J., 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* 39(4): 783-791.
- Hall, B.G. 2013. Building phylogenetic trees from molecular data with MEGA. *Molecular Biology and Evolution* 30(5): 1229-1235.
- Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41: 95-98.
- Helina, S., S. Sulandari, S. Hartono and Y.A. Trisyono. 2019. Detection and analysis of protein profile on stunt virus-infected rice plant with different severity level on Ciherang and Situ Bagendit varieties. *Journal Perlindungan Tanaman Indonesia* 23(1): 116-124.
- Henry, T., P.C. Iwen and S.H. Hinrichs. 2000. Identification of *Aspergillus* species using internal transcribed spacer regions 1 and 2. *Journal of Clinical Microbiology* 38(4): 1510-1515.
- Hibbett, D.S. and J.W. Taylor. 2013. Fungal systematics: is a new age of enlightenment at hand?. *Nature Reviews Microbiology* 11(2): 129-133.
- Latch, G.C.M. 1965. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin strains in New Zealand and their possible use for controlling pasture-inhabiting insects. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 8(2): 384-396.
- Luangsa-ard, J., K. Tasanathai, S. Mongkolsamrit and N. Hywel-Jones. 2007. Atlas of Invertebrate-Pathogenic Fungi of Thailand, Volume. 1. National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani. 82 p.
- Luangsa-ard, J.J., K. Tasanathai, S. Mongkolsamrit and N. Hywel-Jones. 2009. Atlas of Invertebrate-Pathogenic Fungi of Thailand, Volume. 2. Bangkok, Thailand: National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani. 88 p.
- Mongkolsamrit, S., A. Khonsanit, D. Thanakitpipattana, K. Tasanathai, W. Noisriboom, S. Lamlertthon, W. Himaman, J. Houbraken, R.A. Samson and J. Luangsa-ard. 2020. Revisiting *Metarhizium* and the description of new species from Thailand. *Studies in Mycology* 95: 171–251.

- Nawaz, H. 2021. *Metarhizium anisopliae* strain Ma01 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene, and internal transcribed spacer 2, complete sequence; and large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence. (Online): Available Source: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/OL839175.1?report=genbank&log\\$=nucletop&blast_rank=2&RID=ZY2XZXP01R](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/OL839175.1?report=genbank&log$=nucletop&blast_rank=2&RID=ZY2XZXP01R) (January 30, 2023).
- Nei, M. and Kumar, S., 2000. Molecular Evolution and Phylogenetics. Oxford: Oxford University Press. 348 p.
- Nilsson, R.H., L. Tedersoo, K. Abarenkov, M. Ryberg, E. Kristiansson, M. Hartmann, C.L. Schoch, J.A.A. Nylander, J. Bergsten, T.M. Porter, A. Jumpponen, P. Vaishampayan, O. Ovaskainen, N. Hallenberg, J. Bengtsson-Palme, K.M. Eriksson, K.-H. Larsson, E. Larsson and U. Koljalg. 2012. Five simple guidelines for establishing basic authenticity and reliability of newly generated fungal ITS sequences. MycoKeys 4: 37-63.
- Nishi, O., K. Hasegawa, K. Iiyama, C. Yasunaga-Aoki and S. Shimizu. 2011. Phylogenetic analysis of *Metarhizium* spp. isolated from soil in Japan. Applied Entomology and Zoology 46(3): 301-309.
- Petch, T. 1931. Notes on entomogenous fungi. Transactions of the British Mycological Society 16(1): 55-75.
- Petch, T. 1935. Notes on entomogenous fungi. Transactions of the British Mycological Society 19(3): 161-194.
- Raja, H.A., A.N. Miller, C.J. Pearce and N.H. Oberlies. 2017. Fungal identification using molecular tools: A primer for the natural products research community. Journal of Natural Products 80(3): 756-770.
- Rombach, M.C., R.A. Humber and H.C. Evans. 1987. *Metarhizium album*, a fungal pathogen of leaf-and planthoppers of rice. Transactions of the British Mycological Society 88(4): 451-459.
- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution 4(4): 406-425.
- Savary, S., F. Horgan, L. Willocquet and K.L. Heong. 2012. A review of principles for sustainable pest management in rice. Crop Protection 32: 54-63.
- Schmidt, V., L. Klasen, J. Schneider, J. Hübner and M. Pees. 2017. Fungal dermatitis, glossitis and disseminated visceral mycosis caused by different *Metarhizium granulomatis* genotypes in veiled chameleons (*Chamaeleo calyptratus*) and first isolation in healthy lizards. Veterinary Microbiology 207: 74-82.
- Sinchayakul, P., W. Pongprasert, R. Masmeatathip, W. Sorapongpaisal, W. Homhaul and P. Thepkusol. 2022. Development of *Metarhizium* fungi for controlling insect pests in organic farming system. (Online): Available Source: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/OP546104.1?report=genbank&log\\$=nucletop&blast_rank=13&RID=UFBCH6B9013](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/OP546104.1?report=genbank&log$=nucletop&blast_rank=13&RID=UFBCH6B9013). (January 30, 2023)

- Suzuki, K., K. Takahashi and N. Harada. 2020. Evaluation of primer pairs for studying arbuscular mycorrhizal fungal community compositions using a MiSeq platform. *Biology and Fertility of Soils* 56(6): 853-858.
- Syazwan, S., A. Sajap and R. Mohamed. 2015. *Metarhizium anisopliae* of Peninsular Malaysia origin poses high pathogenicity towards *Coptotermes curvignathus*, a major wood and tree pest. *Malaysian Forester* 78: 41-48.
- Tamura, K., G. Stecher and S. Kumar. 2021. MEGA11: molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38(7): 3022-3027.
- Tangthirasunun, N., S. Poeaim, K. Soyong, P. Sommartya and S. Popoonsak. 2010. Variation in morphology and ribosomal DNA among isolates of *Metarhizium anisopliae* from Thailand. *Journal of Agricultural Technology* 6(2): 317-329.
- Thaochan, N. and W. Suasa-ard. 2017. Occurrence and effectiveness of indigenous *Metarhizium anisopliae* against adults *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) in Southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 39(3): 325-334.
- Thompson, J.D., T.J. Gibson, F. Plewniak, F. Jeanmougin and D.G. Higgins. 1997. The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research* 25(24): 4876-4882.
- Tulloch, M. 1976. The genus *Metarhizium*. *Transactions of the British Mycological Society* 66(3): 407-411.
- 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: M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky and T.J. White. (Eds.). *PCR protocols a guide to methods and applications*. Academic Press, San Diego.
- Xu, Y.L., S.X. Bao, H.Q. Huang, M. Liu and J. Zhu. 2012. Diversity and distribution of culturable fungi in mangrove soil in Hainan. (Online): Available Source: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/JQ889704.1?report=genbank&log\\$=nucltop&blast_rank=1&RID=U83FU99601N](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/JQ889704.1?report=genbank&log$=nucltop&blast_rank=1&RID=U83FU99601N). (January 30, 2023)



ใบสมัครสมาชิกรวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ
คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว (ชื่อ).....(สกุล).....

ในฐานะ ☐ ส่วนบุคคล

☐ องค์กร/หน่วยงาน (ชื่อ).....

การสื่อสารที่ติดต่อได้ ☐ โทรศัพท์..... ☐ โทรศัพท์มือถือ.....

☐ แฟกซ์..... ☐ E-mail.....

ที่อยู่จัดส่งวารสาร.....

.....

.....

มีความประสงค์สมัครเป็นสมาชิกรวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

เป็นเวลา (เห็นการเป็นสมาชิกตามระยะเวลาที่ต้องการ)

☐ สมาชิก 1 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 300 บาท

☐ สมาชิก 2 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 600 บาท

☐ สมาชิก 5 ปี ตั้งแต่ปี..... อัตราค่าสมาชิก 1,500 บาท

พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้ชำระค่าสมาชิก มูลค่า.....บาท

โดยโอนเงินเข้าบัญชี ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)

ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

เลขที่บัญชี 7692000001-0

พร้อมส่งหลักฐานการโอนเงินมายัง E-mail : agriscim@gmail.com

โดยแจ้งวันที่ และเวลา ที่โอนเงิน

หมายเหตุ :

1. ส่งใบสมัครเป็นสมาชิกรวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการไปที่ :

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

2. ท่านที่ประสงค์จะส่งวารสารฉบับย้อนหลัง สามารถสั่งซื้อได้ในราคาฉบับละ 100 บาท (รวมค่าจัดส่ง)

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ (ต่อ)

3) เรียงย่อในหนังสือหรือตำรา ที่มีผู้เขียนแยกในแต่ละเรื่อง ย่อย และมีบรรณาธิการ (Chapters in books or textbooks with separated author(s) in each chapter and editor(s))

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

ใน: ชื่อบรรณาธิการ (บ.ก.). ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์.

ดำรง เวชกิจ และสมบุญรัตน์ ทองสกุล. 2535. เทคนิคการใช้สารป้องกันกำจัด ศัตรูพืช. หน้า 22-42. ใน: สุวัฒน์ รวยอารีย์ (บ.ก.). แมลงและ สัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร. ห้างหุ้นส่วน จำกัด โอเคดี สแควร์, กรุงเทพมหานคร.

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee sociality. pp. 3-20.

In: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (Eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press, Sapporo.

4) วิทยานิพนธ์ (Thesis/Dissertation)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. ระดับวิทยานิพนธ์. สถาบันการศึกษา, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

อโนชา แก้ววงษ์วาลย์. 2558. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม ของถั่วเขียวผิวดำโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 106 หน้า.

Liquido, N.J. 1982. Population ecology of *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Heteroptera: Miridae). Ph.D. Dissertation. University of Hawaii, Honolulu. 175 p.

5) รายงานการประชุม สัมมนาทางวิชาการ (Reports and Proceedings)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องย่อ. หน้า เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าที่สิ้นสุด.

ใน: รายงานการประชุม สัมมนา. สถานที่จัดประชุม.

นฤพนธ์ รักขะณัย ชัยสิทธิ์ ทองสุข ศุภชัย อ่ำคา จุฑามาศ ร่มแก้ว และศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จาก โรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว. หน้า 100-110.

ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ สาขาพืชและเทคโนโลยี ชีวภาพ ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน, นครปฐม.

Feigenbaum, S., A. Bar-Tal and D.L. Sparks. 1990. Dynamics of soil potassium in multicationic systems. pp. 145-161.

In: Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute, Bern.

6) เอกสารวิชาการอื่นๆ (Other forms of academic documents)

ชื่อผู้เขียน หรือหน่วยงาน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่องหรือชื่อหนังสือ. ประเภท ของเอกสาร. สถาบันหรือหน่วยงานที่ จัดพิมพ์, เมืองที่พิมพ์. จำนวนหน้าทั้งหมด.

กรมวิชาการเกษตร. 2557. เทคโนโลยีการผลิตมะม่วงตามระบบ GAP. เอกสารวิชาการ. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรที่ 6, จันทบุรี. 45 หน้า.

Lantican, F.A. 2008. The Philippine banana industry: market performance, constraints and policy direction. SEARCA professorial chair paper. Department of Agricultural Economics, College of Economics and Management, UP Los Baños. 46 p.

7) สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic media)

ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: ที่อยู่ของ ไฟล์หรือเว็บไซต์ (URL) (วัน เดือน ปีที่สืบค้นข้อมูล ถ้าเป็น ภาษาอังกฤษใช้ เดือน วันที่ ปีที่สืบค้นข้อมูล).

ในกรณีไม่มีข้อมูลปีที่พิมพ์ ให้ระบุเป็นปีที่เข้าสืบค้นข้อมูล

พีรเดช ทองอำไพ. 2554. เกษตรไทยในอนาคต. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.ladda.com/managedataladda/journal/agriculturethailand.pdf (2 พฤษภาคม 2556).

Unardakis, D. K. and B. I. Manois. 2005. Hydroponic culture of strawberry in perlite. (Online): Available Source: www.schunder.com/strawberries.htm (April 21, 2005).

รูปแบบในการใช้ภาษาอังกฤษในเนื้อเรื่องภาษาไทย

ชื่อวิทยาศาสตร์ ให้เขียนตามหลักเกณฑ์การเขียนชื่อ วิทยาศาสตร์ โดยในครั้งแรกที่ปรากฏชื่อนี้ ให้สะกดคำเต็ม เช่น *Sitophilus zeamais* และพิมพ์เป็นอักษรแบบตัวเอน หลังจากนั้น ถ้ามีการระบุชื่อนี้ให้ย่อชื่อสกุล โดยเขียน เป็น *S. zeamais*

ชื่อเฉพาะ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ เช่น Motschulsky, January, Chinese, โรคใบจุดเหลือง (Yellow spot disease)

หัวข้อ ตารางที่ ภาพที่ ให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ เช่น Abstract, Keywords, Table 1, Figure 2

คำย่อ ให้ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด และควรระบุคำเต็มไว้ ในการใช้ครั้งแรก เช่น Randomized Complete Block Design (RCBD)

คำในวงเล็บที่ไม่ใช่ชื่อเฉพาะ หรือคำย่อ ให้ใช้อักษรตัวพิมพ์ เล็ก เช่น ตำรับควบคุม (control), สปอร์แขวนลอย (spore suspension), เครื่องวัดแรงดึงน้ำของดิน (tensiometer)

การส่งต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

ให้ส่งไฟล์บทความต้นฉบับทางออนไลน์เท่านั้น โดยส่งที่ <https://kuojis.lib.ku.ac.th/index.php/jasm>

การบอกรับเป็นสมาชิก

บอกรับเป็นสมาชิกจากใบบอกรับเป็นสมาชิกท้ายเล่ม หรือติดต่อกอง บรรณาธิการโดยตรง

การตอบรับบทความ

บทความทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร และการจัดการต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิไม่น้อยกว่า 2 ท่าน *กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจและแก้ไขบทความที่เสนอ เพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ

*The Editorial Board claims a right to review and correct all articles submitted for publishing.

สำนักงานและการติดต่อ (Office and Inquiries)

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ งานแผนและวิชาการ สำนักงานเลขานุการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

โทรสาร 034-351406 ต่อ 117

โทร. 034-351406 ต่อ 126-127

Editorial Board, Journal of Agricultural Science and Management, Planning and Technical Division, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Fax 034-351406 ext. 117

Tel. 0034-351406 ext. 151

E-mail : agriscim@gmail.com

JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND MANAGEMENT

A Technical Journal of the Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University

Volume 7, Issue 1 January - April 2024

Extension Agent's Role in Linking Smallholder Farmers to Markets: Case Study of Lop Buri Province Panchit Seeniang, Kanungrat Kummanee, Jirattinart Thungngern and Donchida Wathinputthiporn.....	5
Screening Barley for Functional Foods Sippawit Punyatuy, Jaruvee Ancheta, Phattarateera Inplub, Nednapa Insalud, Suraphon Chaiwongsar and Wannaporn Klangpetch.....	13
Evaluation of Antioxidants in Flesh and Peel of Ripe Mango Darunee Thawornchareon, Poonpipope Kasemsap, Kunlayanee Suvittawat, Kwanhathai Tanongjid, Pinnipa Phengchang and Jenjira Chumpookam.....	22
The Effect of pH on the Protease Activity in Pineapple Powder Derived from Freeze-Drying Kongsakda Phakthanakanok, Wannarat Chalermksanyakon, Rapeepan Kongtoom, Rinrampai Puttipan, Sasithorn Saikaew and Sirichada Plengphanich.....	30
Growth and Yield of Wheatgrass Using Dried Water Hyacinth as Seedling Media Chomdao Khumjing.....	40
Antioxidant Activity, Phenolic Composition and Consumer Satisfaction of Ya-nang-dang (<i>Bauhinia strychnifolia</i> Craib.) Sterilized Herbal Drink Aunchana Rodrungrnok and Pantipa Limsanguan.....	52
Appropriate Rates and Timing of Nitrogen Fertilizer Application for Asparagus Cultivation Jarawan Jindawong and Wipawan Thaymuang.....	63
Effects of Cucumber Seed Pelleting with Captan and Metalexyl on Seed Quality and Damping-Off Control in Laboratory Condition Sukanya Baomeesri, Krittibancha Oonmak, Jakkarin Pinta, Aranya Singsopa, Nararat Thawong, Davika Rapeebunyanon, Chatsuda Phuakjaiphaeo, Anupong Suwajan and Jakkrapong Kangsopa.....	70
DNA Markers Associated with Seed Dormancy in Zombi Pea [<i>Vigna vexillata</i> (L.) A. Rich] Phitchamanu Chaisaen, Kitiya Amkul, Kularb Laosatit and Prakrit Somba.....	81
Utilization from Decayed Oil Palm Trunk for Seedling Media of Marijuana (<i>Cannabis sativa</i> L.) Seedling Chomdao Khumjing and Aphilak Tachokhong.....	89
Factors Affecting to the Adoption of Quality Mango Production Technology by Farmers in Pasang District, Lamphun Province Chalermpong Punthong, Bumpen Keowan and Phonsaran Saranrom.....	95
Phytochemical Content Evaluation of Holy Basil Germplasm in Two Seasons and Short-Term Water Deficit Orasa Kanjanajaroennon, Sukanya Appagan, Nattarika Laokam, Akarachai Somkul, Jukkrapong Pinyo and Anyamanee Auvuchanon.....	104
Identification and Biomolecular Phylogenetic Analysis of Potential <i>Metarhizium</i> spp. Isolates Infecting Brown Planthopper Araya Bunsak, Wipa Homhaul, Weerathep Pongprasert and Suphannika Intanon.....	116

ISSN 2586-9655

ISSN 2985-1904 (online)