



วารสาร

เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 39 ฉบับที่ 2

VOLUME 39 NUMBER 2

เมษายน – มิถุนายน 2564

SSN 2651-2203 (Online)

April – June 2021

บทความวิจัย

สารบัญ

หน้า

- | | | |
|---|---|-----|
| ❑ ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานภายใต้สภาวะธรรมชาติ | สิริพร สิริชัยเวชกุล นิจุพร ณ พัทลุง
สำราญ มากมาย และวรุฒ กริ่งไกร | 89 |
| ❑ ผลของการดัดแปลงเบรลลิกและเบนซิลอะมิโนพรีนต่อการชักนำตาข้างมะเดื่อฝรั่ง พันธุ์แบล็คเจนัว | วีรภัทร บัณฑิต นาย ดร.ณิ นพพรหม
และนพพร บุญปลอด | 95 |
| ❑ การทดสอบพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวหัวที่ 1 ดาวเรืองอเมริกัน (<i>Tagetes erecta</i> L.) | ศราวุธ นันตะภูมิ สิทธิชัย พีระภาสกร
และพรพันธ์ ภูพ้อมพันธุ์ | 101 |
| ❑ การศึกษาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและการส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อย โดยแบบคอกีเรียละลายฟอสเฟตในสภาพโรงเรือนเพื่อการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ | เพชรดา ปิ่นใจ ฉัตรภรณ์ ทองปนแก้ว
และชนิดาภา ธนะศรีราษฎร์ | 109 |
| ❑ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรกรมส่งเสริมการเกษตร | วรรณรีย์ คนขยัน สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม
และธานินทร์ คงศิลา | 119 |
| ❑ การทำสวนยางพาราภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ | บัญชา สมบูรณ์สุข และปฐวิทย์ พิทยาภินันท์ | 130 |
| ❑ การพัฒนารูปแบบการผลิตแบบคอกีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปเพื่อการผลิตสับปะรดไซเดอร์ | สวรรยา ปัญญานันท์ วรรณรัตน์ เฉลิมแสนยากร
ชนกภัทร ผดุงอรรถ และลักษมี หมีนศรีธาราม | 141 |
| ❑ อัตราส่วนของคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเยลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาว | วัฒนา วิวิธภูมิกร | 148 |
| ❑ การศึกษาอัตราส่วนเนื้อสละและชนิดของยีสต์ที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์ | วาสนา สุโยธา และสุรศักดิ์ บุญรุ่ง | 156 |
| ❑ ชนิดและปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแยมลูกหม่อน | ยุพรัตน์ โพธิ์เศษ และเนวิชญาณี วุฒินิธานันท์ | 165 |

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นระหว่างผู้ที่อยู่ในวงการเกษตรหรือสถาบันต่าง ๆ

การส่งเรื่องลงพิมพ์

เรื่องที่ส่ง ได้แก่ บทความวิจัย บทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับทางการเกษตรหลักเกณฑ์และการเตรียมต้นฉบับได้ระบุไว้ตอนท้ายของวารสารพระจอมเกล้า

สำนักงาน

งานวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์/โทรสาร : 0-2329-8524
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th
www.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/index

กำหนดการตีพิมพ์ : วารสารเกษตรพระจอมเกล้า กำหนดตีพิมพ์ปีละ 4 ฉบับ

- ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม
- ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน
- ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน
- ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
รองคณบดี
ผู้ช่วยคณบดี
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
หัวหน้าภาควิชาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง
หัวหน้าภาควิชาวนวัตกรรมสื่อสารและพัฒนากการเกษตร
รศ. ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา
(บรรณาธิการ พ.ศ. 2555-2558)
รศ. ดร.อำมร อินทร์สังข์
(บรรณาธิการ พ.ศ. 2558-2561)

บรรณาธิการบริหาร

- รศ. ดร.ณัฐกร สงคราม
- รศ. ดร.กนก เลิศพานิช

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.สุกัญญา แยมประชา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ. ดร.ช่อแก้ว อนิลบล

ผู้ดูแลระบบ

นายอภิสิทธิ์ แสนหล้า
นายปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร.บัญชา สมบูรณ์สุข
ศ. ดร.สุดฤดี ประเทืองวงศ์
ศ. ดร.อังศุมาลย์ จันทราบัตย์
ศ. ดร.ฉลอง วชิราภากร
รศ. ดร.กานต์ สุขสุแพทย์
รศ. ดร.กำจร หลุยยะพงศ์
รศ. ดร.จินดา ชลิตทอง
รศ. ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
รศ. ดร.ชุกีร์ หะยีสาแม
รศ. ดร.เนาวนิตย์ สงคราม
รศ. ดร.ปรเมศ บันเทิง
รศ. ดร.วรเดช จันทรส
รศ. ดร.วราห์ เทพานูดี
รศ. ดร.ศิริชัย กัลยาณรัตน์
รศ. ดร.สนธิชัย จันทรเปรม
ผศ. ดร.จักรมาศ เลหาหวณิช
ผศ. ดร.พิสสุวรรณ เจียมสมบัติ
ผศ. ดร.เยาวรัตน์ ศรีวรรณันท์
ผศ. ดร.วัชรระ จินตโกวิท
ผศ. ดร.วีระณีย์ ทองศรี
ผศ. ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
คุณอัญชลี สุวจิตตานนท์
รศ. ดร.พรหมมาศ คุณากาญจน์
รศ. ดร.กัญจนา แซ่เตียว
รศ. ดร.สุนิพร สุวรรณมณีพงษ์
ผศ. ดร.นิตยา ผกามาต
ผศ. ดร.อัครี เรืองเดช
ผศ. ดร.จำลอง มิตรชาวไทย
ผศ. ดร.กัลยาณี เต็งพงศธร
ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรดทิพ ธรรมาธิวัฒน์
ผศ. ดร.สมศักดิ์ ครามโชติ
ผศ. ดร.มัลลิกา กิลลาโส
ดร.ธนัท สมณคุปต์

เลขานุการและงานทะเบียน

นางสาวอาชูรา อูมา

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 096-176-3329
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th

สำนักพิมพ์ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านเมืองทองธานี)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านชลลดา-สุวรรณภูมิ)
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านตำบลคลองเกลือ)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ข้าราชการบำนาญ (หมู่บ้านสุขุมวิท 81)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยนครพนม
กรมส่งเสริมการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้น ๆ แต่อย่างใด

บทบรรณาธิการ

สำหรับวารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 39 ฉบับที่ 2 มีบทความจำนวน 10 เรื่อง ที่มีความหลากหลายและน่าสนใจ อาทิเช่น บทความที่เกี่ยวกับการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในการผลิตข้าวโพดหวาน การทดสอบพันธุ์ดาวเรือง หรือจะเป็นบทความทางด้านพัฒนาการเกษตร เช่น การศึกษาเรื่อง การทำสวนยางพาราภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบ ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีบทความทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร อีกจำนวน 4 บทความ กองบรรณาธิการหวังว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน และขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ให้ความสนใจและสนับสนุนวารสารมาอย่างต่อเนื่อง ขณะนี้สถานการณ์โควิด 19 ยังไม่ดีขึ้น ขอให้ทุกท่านดูแลสุขภาพกันด้วยนะคะ

กองบรรณาธิการ

ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของข้าวโพดหวานภายใต้สภาวะธรรมชาติ

Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Yield of Sweet Corn under Natural Conditions

สิริพร สิริชัยเวชกุล¹ นิฉพร ณ พัทลุง² สำราญ มากมาย² และวรุต กริ่งไกร²
Siriporn Sirichaiwetachakul¹, Nidchaporn Nabhadalung², Samram Malmay² and Warut Krungkai²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิด ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานภายใต้สภาวะธรรมชาติ ดำเนินการทดลองในแปลงขนาด 1x3 เมตร และรองพื้นด้วยปุ๋ยคอกอัตรา 10 ตัน/ไร่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก 6 วิธีการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) ไม่ใส่เชื้อรา 2) *Glomus mosseae* 3) *Scutellospora* sp. 4) *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.1 5) *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.2 และ 6) ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ พบว่าการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ($P>0.05$) และผลผลิต ($P>0.05$) ของข้าวโพดหวาน และการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัส ($P>0.05$) แมกนีเซียม ($P>0.05$) สังกะสี ($P>0.05$) แมงกานีส ($P>0.05$) เหล็ก ($P>0.05$) และซิลิเคอร์ ($P>0.05$) แต่การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม ($P<0.05$) และแคลเซียม ($P<0.05$) เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวาน โดย *Glomus mosseae*, *Scutellospora* sp., *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.1, *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.2 จะทำให้ข้าวโพดมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 13.1%, 6.0%, 10.2% และ 14.2% ตามลำดับ และการใส่เชื้อราจะทำให้น้ำหนักสดฝักของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น 14.1-47.4% ภายใต้สภาวะธรรมชาติ

คำสำคัญ: เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ข้าวโพดหวาน สภาพธรรมชาติ

Abstract

The objective of the research was to study the effects of different arbuscular mycorrhizal (AM) fungi types on the growth and yield of sweet corn under natural conditions. The 1x3 m² experimental plots were arranged into Randomized Complete Block Design (RCBD) with six treatments and three replications, consisting in (1) no AM fungi 2) *Glomus mosseae* (3) *Scutellospora* sp. (4) *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.1 (5) *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.2 and (6) 100 kg.ra⁻¹ of 15-15-15. Eighteen plots were done with basal application of 10 ton.ra⁻¹ of manure before planting. AM fungi showed no effects on the growth ($P>0.05$) and yield ($P>0.05$) of sweet corn. Furthermore, it also showed no effects on the concentrations of P ($P>0.05$), Mg ($P>0.05$), Zn ($P>0.05$), Mn ($p>0.05$), Fe ($P>0.05$) and S ($P>0.05$). However, the application of AM fungi did increase the concentrations of K ($P<0.05$) and Ca ($P<0.05$) in sweet corn in comparison with the no AM fungi treatment. Conversely, the concentration of P in sweet corn was increased by treatments with *Glomus mosseae*, *Scutellospora* sp., *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.1, *Glomus* sp.+*Acualospora* sp.2 by 13.1, 6.0, 10.2 and 14.2% respectively. Finally, AM fungi application increased the ear weight of sweet corn by 14.1-47.4% compared to the no AM fungi application.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi, sweet corn, field condition

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

¹ Major of Agricultural Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Muang, Nakhon Ratchasima 30000

² สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อ. เมือง จ. บุรีรัมย์ 31000

² Major of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Technology, Buriram Rajabhat University, Muang, Buriram 31000

*Corresponding author, E-mail: nidchaporn.np@bru.ac.th, nidchaporn@gmail.com

คำนำ

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืช ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน โดยเฉพาะธาตุอาหารเคลื่อนที่ได้ยากในดิน เช่น ฟอสฟอรัส สังกะสี และทองแดง (Smith and Read, 2008) ดังนั้นจึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชหลายชนิด ทั้งพืชไร่ พืชสวน พืชผัก รวมทั้งไม้ดอกชนิดต่าง ๆ โดยพืชต่างชนิดกันจะมีการพึ่งพาและตอบสนองต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแตกต่างกัน พืชที่ทำการเพาะปลูกทางการเกษตรจะมีการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาน้อยกว่าพืชป่า (Tawaray, 2003) การเลือกใช้สายพันธุ์เชื้อราที่เหมาะสมกับพืชนั้น ๆ ก็มีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิดกันจะทำให้พืชแต่ละชนิดเจริญเติบโตแตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Na Bhadalung et al., 2005) อีกทั้งพบว่า *Gigaspora gigantea* ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่างกัน เมื่อสายพันธุ์แตกต่างกัน (Ifeanyi and Orluchukwu, 2018) *Glomus mosseae* ส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศสีดำ (Tahat et al., 2008) และ *Glomus intraradices* ส่งเสริมการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของมะเขือเทศ (Subramanian et al., 2006) *Glomus* sp.1 มีผลทำให้จำนวนยอดของผักเชียงดาสูงที่สุด ส่วนเชื้อ *Acaulospora* sp. มีผลให้ความยาวยอดของผักเชียงดาสูงที่สุด (ปริญญาวิติ ศรีตันทิพย์ และคณะ, 2556) ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ในสภาพเรือนทดลองเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แม้ไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตในระยะแรกของข้าวโพดหวาน แต่ส่งเสริมการเจริญเติบโต เมื่ออายุ 8 สัปดาห์ โดยมีปริมาณธาตุอาหารในข้าวโพดหวาน 24.2%N, 8.4%P และ 18.2%K (Mustafa et al., 2010) ในสภาพกึ่งปลอดเชื้อ พักตร์เพญ ภูมิพันธ์ และปวีณา ทองเหลือง (2554) พบว่าข้าวโพดหวานมีการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้านการเจริญเติบโตมากกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดฝักอ่อน โดยเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของข้าวโพดหวาน 134 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้พักตร์เพญ ภูมิพันธ์ (2556) พบว่าข้าวโพดหวานสายพันธุ์แตกต่างกัน มีผลต่อการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแตกต่างกันเช่นกัน ส่วนในสภาพธรรมชาตินั้นเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดหวานได้เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Tas, 2014; Choodram et al., 2017) การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพดแตกต่างกันไป โดยจะเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดง (Liu et al., 2000) ขณะที่ซิลิเฟอรินในข้าวโพดหวานลดลงเมื่อใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Hall, 1978; Liu et al., 2000) ส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส และเหล็กในข้าวโพดหวานนั้นมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงแตกต่างกันไป เมื่อใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน (Hall, 1978) อย่างไรก็ตามเพื่อให้ทราบถึงผลของการใช้ *Glomus mosseae*, *Glomus* sp.1, *Acaulospora* sp. และ *Scutellospora* sp. ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์การค้า ภายใต้สภาวะธรรมชาติเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชนิดที่เหมาะสมในสภาวะธรรมชาติต่อไป

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) 6 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ คือ 1) ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 2) *Glomus mosseae* 3) *Scutellospora* sp. 4) *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.1 5) *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.2 และ 6) ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ดำเนินการทดลองที่แปลงเกษตรกรรมอำเภอขานี จังหวัดบุรีรัมย์ เตรียมแปลงขนาด 1x3 เมตร ระยะระหว่างแปลง 70 เซนติเมตร โดยการไถกลบวัชพืช 2 ครั้ง รองพื้นด้วยปุ๋ยคอกอัตรา 10 ตัน/ไร่ และไถกลบอีกครั้งหนึ่ง ทำการวัด pH ดิน ด้วย pH-test พบว่าดินของแปลงทดลองมีค่า pH = 8

นำเมล็ดข้าวโพดเพาะลงในวัสดุเพาะ และนำดินหัวเชื้อที่มีสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Glomus mosseae*, *Scutellospora* sp., *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.1 และ *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.2 และกลุ่มควบคุม ใส่ลงในถาดหลุมเพาะเมล็ดข้าวโพด จำนวน 50-100 สปอร์ต่อต้น กลบเมล็ดด้วยวัสดุเพาะ ทำการย้ายกล้าข้าวโพดอายุ 10 วัน โดยใช้ระยะระหว่างแถว 25 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 30 เซนติเมตร สำหรับวิธีการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีนั้นใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ดูแลรักษาโดยการรดน้ำรักษาความชุ่มชื้นให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดตลอดการทดลอง และกำจัดวัชพืชด้วยมือ กำจัดโรคและแมลงโดยวิธีธรรมชาติ

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต ได้แก่ ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง น้ำหนักราก จำนวนฝัก น้ำหนักฝัก ความกว้างของฝัก และความยาวฝัก วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของข้าวโพดหวาน ดังนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสในพืช โดยวิธี vanadomolybdate method ปริมาณกำมะถันทั้งหมดในพืช ตามวิธีวัดความขุ่น (turbidimetry) ปริมาณโพแทสเซียมในพืช โดย flame photometer ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในพืช และปริมาณจุลธาตุอาหารในพืช

โดย atomic absorption spectrophotometry (AAS) จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป STAR 2.0.1

ผลการศึกษาและวิจารณ์

แม้ว่าการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะไม่มีผลต่อความสูง ($P>0.05$) จำนวนใบ ($P>0.05$) น้ำหนักสดต้น ($P>0.05$) น้ำหนักแห้งต้น ($P>0.05$) น้ำหนักสดราก ($P>0.05$) ของข้าวโพดหวาน (Table 1) น้ำหนักต่อฝัก ($P>0.05$) ความกว้างฝัก ($P>0.05$) ความยาวฝัก ($P>0.05$) เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 75 วันหลังการปลูก (Table 2) แต่พบว่าการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะทำให้จำนวนฝัก ($P<0.05$) ต่อแปลงเพิ่มมากขึ้น (Table 2) โดยการใช้ *Scutellospora* sp. จะทำให้ข้าวโพดหวานมีจำนวนฝักต่อแปลงมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ *Glomus mosseae* และ *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.2 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้มีจำนวนฝักน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามจำนวนฝักต่อแปลงของข้าวโพดหวานไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน ก็ไม่ทำให้จำนวนฝักต่อแปลงของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในสภาพธรรมชาติ แตกต่างจากผลการศึกษาในดินที่ทำการอบฆ่าเชื้อราฟักตริเทียม ภูมิพันธ์ และปวีณา ทองเหลือง (2554) พบว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของข้าวโพดหวานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (120%) และเพิ่มการใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน (134%) ในสภาพเรือนทดลอง Mustafa et al. (2010) พบว่า *G. mosseae* มีผลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในด้านความสูง ความยาวราก น้ำหนักสดราก น้ำหนักสดต้น เมื่ออายุ 8 สัปดาห์เป็นต้นไป โดย *G. mosseae* จะส่งเสริมให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมากขึ้น 24%, 8.4% และ 18.2% ตามลำดับ ขณะที่ในสภาพธรรมชาติ Choodram et al. (2017) พบว่าในดินกรด ($pH = 5$) การใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในแปลงทดลองสภาพธรรมชาติไม่ทำให้ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสดต้น และผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ในสภาพธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่เมื่อใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และยูเรีย 25 กก./ไร่ ความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสดต้น และผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ในสภาพธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และยูเรีย 25 กก./ไร่ เพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับ Tas (2014) ศึกษาผลของ *G. mosseae* ต่อการเจริญเติบโตของผลผลิตของข้าวโพดหวาน 4 สายพันธุ์ ในแปลงทดลองสภาพธรรมชาติ ซึ่งทุกแปลงมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 200 kg ha⁻¹ ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 90 kg ha⁻¹ ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 30 kg ha⁻¹ พบว่า *G. mosseae* มีผลทำให้ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ ความกว้างของใบจริง จำนวนของผลผลิตต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด ของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น โดยแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดลงเมื่ออยู่ในสภาพธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยอินทรีย์ โดยเฉพาะในดินที่มีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

Table 1 Effects of different AM fungi on height and leaf number of sweet corn at 58 DAP and shoot fresh weight, shoot dry weight and root fresh weight of sweet corn at 75 DAP.

Treatment	Height (cm)	Leaf number (cm)	Shoot fresh weight (g/plant)	Shoot dry weight (g/plant)	Root fresh weight (g/plant)
1. No inoculation	166	12.0	214	121	93
2. <i>Glomus mosseae</i>	173	11.9	237	125	113
3. <i>Scutellospora</i> sp.	172	12.8	200	116	104
4. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.1	168	11.9	253	157	139
5. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.2	166	12.3	190	122	83
6. 100 kg.rai ⁻¹ of 15-15-15	157	13.5	200	132	100
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.38	18.11	26.52	25.90	35.26

ns = non-significant, DAP = days after planting.

Table 2 Effects of different AM fungi on yield of sweet corn at 75 DAP.

Treatment	Ear per plot	Ear weight (g)	Ear diameter (cm)	Ear length (cm)	Yield (kg ra ⁻¹)
1. No inoculation	21.3 ab	104.0	3.61	19.98	907
2. <i>Glomus mosseae</i>	23.0 ab	122.9	3.76	19.15	1,440
3. <i>Scutellospora</i> sp.	25.7 a	153.3	3.98	20.80	1,547
4. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.1	19.3 ab	118.7	4.13	19.13	1,156
5. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.2	22.0 ab	147.7	3.41	19.58	1,280
6. 100 kg.rai ⁻¹ of 15-15-15	15.3 b	136.7	3.93	20.97	942
F-test	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14.92	28.53	18.60	12.42	35.28

ns = non-significant, * = 5% significant, DAP = days after planting.

จากผลการทดลอง พบว่าการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชนิดต่าง ๆ มีผลต่อการดูดตั้งธาตุอาหารพืช โดยทำให้ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียม ($P < 0.05$) และแคลเซียม ($P < 0.05$) (Table 3) ในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการใช้ *Scutellospora* sp., *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.1 และการใส่ปุ๋ย 15-15-15 จะทำให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการไม่ใส่เชื้อรา ขณะที่ *Glomus mosseae* จะทำให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับแคลเซียม การใส่ *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.1 จะทำให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการไม่ใส่เชื้อรา และการใส่ *Scutellospora* sp. จะทำให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของแคลเซียมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ Liu et al. (2002) พบความสัมพันธ์ระหว่างเส้นใยนอกราก และความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะทำให้การดูดตั้งโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมจากดินเพิ่มมากขึ้นเมื่อดินมีความเป็นประโยชน์ของแคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำขณะที่พบว่าการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัส ($P > 0.05$) แมกนีเซียม ($P > 0.05$) สังกะสี ($P > 0.05$) แมงกานีส ($P > 0.05$) เหล็ก ($P > 0.05$) และซิลิเฟอ์ ($P > 0.05$) ในต้นข้าวโพดหวาน (Table 3 และ Table 4) อย่างไรก็ตาม การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวาน โดย *Glomus mosseae*, *Scutellospora* sp., *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.1, *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.2 จะทำให้ข้าวโพดมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 13.1%, 6.0%, 10.2% และ 14.2% ตามลำดับ และ Mustafa et al. (2010) ที่พบว่า *G. mosseae* จะส่งเสริมให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมากขึ้น 8.4% และ Liu et al. (2000) พบว่า *Glomus intraradices* ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดง ในข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และจากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของซิลิเฟอ์ในข้าวโพดหวานลดลงเมื่อใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้ง 4 ชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับ การไม่ใส่เชื้อ สอดคล้องกับ Hall (1978) พบว่าการใส่ VAM fungi ทำให้ความเข้มข้นของซิลิเฟอ์ในข้าวโพดหวานลดลง ส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี แมงกานีส และเหล็กในข้าวโพดหวานนั้น มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงแตกต่างกันไป เมื่อใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน

Table 3 Effects of different AM fungi on concentration of total P, total K, total Ca, total Mg, and total S in sweet corn at 75 DAP.

Treatment	Total P (%)	Total K (%)	Total Ca (%)	Total Mg (mg kg ⁻¹)	Total S (mg kg ⁻¹)
1. No inoculation	0.283	1.82 b	0.706 ab	194.4	1,121.6
2. <i>Glomus mosseae</i>	0.320	1.59 b	0.606 ab	186.7	979.5
3. <i>Scutellospora</i> sp.	0.300	2.02 ab	0.579 b	111.4	973.4
4. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.1	0.312	1.82 b	0.949 a	248.9	929.5
5. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.2	0.325	2.05 ab	0.757 ab	221.6	733.1
6. 100 kg.rai ⁻¹ of 15-15-15	0.281	2.40 a	0.654 ab	162.1	687.1
F-test	ns	*	*	ns	ns
CV (%)	13.65	10.36	17.57	29.03	21.69

ns = non-significant, * = 5% significant, DAP = days after planting.

Table 4 Effects of different AM fungi on concentration of total Zn, total Mn, total Fe, and total Cu in sweet corn.

Treatment	Total Zn (mg kg ⁻¹)	Total Mn (mg kg ⁻¹)	Total Fe (mg kg ⁻¹)	Total Cu (mg kg ⁻¹)
1. No inoculation	128.9	194.4	233.9	ND
2. <i>Glomus mosseae</i>	130.8	186.6	193.8	ND
3. <i>Scutellospora</i> sp.	94.6	111.4	211.9	ND
4. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.1	135.9	248.9	276.9	ND
5. <i>Glomus</i> sp.+ <i>Acaulospora</i> sp.2	161.4	221.6	329.7	ND
6. 100 kg.rai ⁻¹ of 15-15-15	156.7	162.1	271.6	ND
F-test	ns	ns	ns	-
CV (%)	33.03	29.04	40.09	-

ns = non-significant, ND = not detected.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชชนิดต่าง ๆ ไม่มีผลต่อผลผลิตของข้าวโพดหวาน อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่เชื้อรา การใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชชนิดต่าง ๆ จะทำให้น้ำหนักฝักสดเพิ่มขึ้น ดังนี้ การใส่ *G. mosseae*, *Scutellospora* sp, *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.1 และ *Glomus* sp.+*Acaulospora* sp.2 จะทำให้น้ำหนักฝักสดเพิ่มขึ้น 18.2%, 47.4%, 14.1% และ 42% ตามลำดับ และการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะทำให้ข้าวโพดมีปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 5.7-14.8% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่เชื้อรา ซึ่งแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งจากการทดลองอาจกล่าวได้ว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชชนิดต่าง ๆ นั้น อาจนำมาพัฒนาเป็นหัวเชื้อสำหรับใช้กับข้าวโพดหวานในสภาวะธรรมชาติได้ อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงการนำเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไปใช้ร่วมกันกับปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- พัทตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. ผลของสายพันธุ์ข้าวโพดต่อการพึ่งพาอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2(1): 60-69.
- พัทตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และปวีณา ทองเหลือง. 2554. ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นของชุดดินปากช่องต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และข้าวโพดหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 19(4): 80-87.
- ปริญญาตรี ศรีตันทิพย์, นิภาพร ณ พัทลุง, ภัทธราภรณ์ ศรีสมรรถการ, พัทธกะ พุทธรชัย, นภา ชันสุภา, ยุทธนา เขาสุเมรุ และชิตี ศรีตันทิพย์. 2556. ผลของธาตุอาหาร การขาดน้ำ และไมคอร์ไรซา ต่อปริมาณผลผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระในการผลิตฝักเขียวเตา. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

- Bevege, D. I. 1972. Vesicular-arbuscular mycorrhizas of Araucaria: aspects of their ecology and physiology and role in nitrogen fixation. Ph.D. thesis. University of New England, Armidale, New South Wales.
- Choodram, S., Sangwadyai, S., Thuta, T., and Nabhadalung, N. 2017. Using of chemical fertilizer and arbuscular mycorrhizal fungi to promote growth and yield of INSEE 2 sweet corn. *International Journal of Agricultural Technology* 13(7.3): 2403-2408.
- Hall, I. R. 1978. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on two varieties of maize and one of sweetcorn. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 21(3): 517-519.
- Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R., and Smith, D. 2000. Mycorrhizae formation and nutrient uptake of new corn (*Zea mays* L.) hybrids with extreme canopy and leaf architecture as influenced by soil N and P levels. *Plant and Soil* 221: 157-166.
- Liu, A., Hamel, C., Elmi, A., Costa, C., Ma, B., and Smith, D. L. 2002. Concentrations of K, Ca, and Mg in maize colonized by arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. *Canadian Journal Soil Science* 82: 271-278.
- Ifeanyi, A., and Orluchukwu, J. 2018. Response of three varieties of maize (*Zea mays*) to arbuscular mycorrhizal fungi (*Gigaspora Gigantea*). *Humid Tropics* 4: 30-36.
- Khundaram, C., and Nabhadalung, N. 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and yield of baby corn (*Zea mays* Linn.) in skeletal soils under non-sterilized soil. In *Proc. the Excellence in Teacher Education and Research Innovation*. pp. 300-304. Bangkok Thailand.
- Mustafa, A. A. A., Othman, R., Abidin, M. A. Z., and Ganesan, V. 2010. Growth response of sweet corn (*Zea mays*) to *Glomus mosseae* inoculation over different plant ages. *Asian Journal of Plant Sciences* 9: 337-343.
- Na Bhadalung, N., Suwanarit, A., Dell, B., Nopamornbodi, O., Thamchaipenet, A., and Rungchuang, J. 2005. Effects of long-term NP-fertilization on abundance and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi under a maize cropping system. *Plant and Soil* 270(1): 371-382.
- Schenck, N. C., and Schroder, V. N. 1974. Temperature response of Endogone mycorrhiza on soybean roots. *Mycologia* 66: 600-605.
- Smith, S., and Read, D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. London: Academic Press.
- Subramanian, K. S., Santhanakrishnan, P., and Balasubramanian, P. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. *Scientia Horticulturae* 107: 245-253.
- Tahat, M. M., Kamaruzaman, S., Radziah, O., Kadir, J., and Masdek, H. N. 2008. Response of (*Lycopersicum esculentum* Mill.) to different arbuscular mycorrhizal fungi species. *Asian Journal of Plant Sciences* 7(5): 479-484.
- Tas, B. 2014. Effect of the mycorrhiza application on the agronomical properties of sweet corn varieties. *Research & Reviews: Journal of Agriculture and Allied Sciences* 3(2): 41-47.
- Tawaraya, K. 2003. Arbuscular mycorrhizal dependency of different plant species and cultivars. *Soil Science and Plant Nutrition* 49(5): 655-668.

วันรับบทความ (Received date) : 25 พ.ค. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 16 ก.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 2 พ.ค. 64

ผลของกรดจิบเบอเรลลิคและเบนซิลอะมิโนพิวรีนต่อการชักนำตาข้างมะเดื่อฝรั่ง พันธุ์แบล็คเจนิว

Effects of Gibberellic acid and Benzylaminopurine on Lateral Buds Induction of Figs
cv. Black Genoa

วีรภัทร ปันฉาย¹ ดร.ณิ นภาพรม² และนพพร บุญปลอด^{1*}
Werapat Pachai¹, Daruni Naphrom² and Nopporn Boonplod^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของกรดจิบเบอเรลลิคและเบนซิลอะมิโนพิวรีนต่อการแตกตาข้างของมะเดื่อฝรั่ง (*Ficus carica* L.) พันธุ์แบล็คเจนิว ณ แปลงทดลองไม้ผล สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2560 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการชักนำตาข้างของมะเดื่อฝรั่ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 7 ตา กรรมวิธีประกอบด้วย 1) น้ำเปล่า (ชุดควบคุม) 2) GA₄₊₇ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) GA₄₊₇ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 4) GA₄₊₇ ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ BA 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการป้ายสารในแต่ละกรรมวิธีลงบนตาข้าง ผลการทดลองพบว่า การใช้ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA₄₊₇ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นการแตกตาข้างได้เร็ว และมากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้เวลาเฉลี่ย 20.33 และ 12.67 วัน ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีควบคุมที่มีการแตกตาเฉลี่ย 39.66 วัน อีกทั้งยังมีเปอร์เซ็นต์การแตกตาเฉลี่ยเท่ากับ 61.90% และ 85.71% ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์การแตกตาเท่ากับ 14.28% นอกจากนี้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองกรรมวิธียังให้ความยาวยอดและจำนวนใบมากกว่ากรรมวิธีควบคุม

คำสำคัญ: GA₄₊₇, BA การแตกตา

Abstract

A study of the effects of gibberellic acid and benzylaminopurine on lateral bud induction of *Ficus carica* L. cv. Black genoa was carried out in the Pomology greenhouse, Maejo University, Chiang Mai province from July 2017 to August 2017. The objective was to determine the appropriate concentration of gibberellic acid and benzylaminopurine to induce lateral bud breaking in figs. The experiment was conducted as Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments 3 replications, and each replication consisted of 7 lateral buds. The treatments were 1) tap water (control) 2) GA₄₊₇ 50 mg/l + BA 50 mg/l 3) GA₄₊₇ 150 mg/l + BA 150 mg/l and 4) GA₄₊₇ 250 mg/l + BA 250 mg/l treatments significantly induced lateral bud breaking faster than control as the breaking was completed within 20.33 and 12.67 days, respectively, while the buds in the control treatment took 39.66 days to complete breaking. Furthermore, the higher concentration treatments also provided higher percentages of bud breaking at 61.90% and 85.71%, respectively, compared to that of the control at 14.28%. Likewise, shoot length and leaf number from both treatments were also greater than those of the control.

Keywords: GA₄₊₇, BA, bud breaking

¹ สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

² ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

² Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

*Corresponding author, Email: nboonplod@hotmail.com

คำนำ

มะเดื่อฝรั่ง (Fig) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ficus carica* L. อยู่ในวงศ์ Moraceae เป็นพืชกึ่งร้อนตระกูลเดียวกับหม่อน เป็นผลไม้ที่รู้จักในทวีปยุโรป อาทิ ประเทศตุรกี กรีซ อิตาลี สเปน จากสถิติข้อมูลของ FAO (2020) พบว่า มะเดื่อฝรั่งปลูกทั่วโลก ประมาณ 301,062 เฮกตาร์ ซึ่งสามารถผลิตได้ประมาณ 1.1 ล้านตันต่อปี ปลูกเป็นการค้าในที่ราบลุ่มน้ำแถบเมดิเตอร์เรเนียน เป็นที่นิยมรับประทานได้ทั้งผลสดและแห้ง และสามารถนำไปแปรรูปได้หลายอย่าง เช่น อบแห้ง แยม ในประเทศอินเดียและสหรัฐอเมริกา มะเดื่อฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ผลัดใบ ใบเป็นใบเดี่ยวค่อนข้างหนา เป็นพืชที่ชอบแสงแดดตลอดทั้งวัน มะเดื่อฝรั่งมีถิ่นกำเนิดและแพร่กระจายในประเทศเขตร้อนในทุกทวีป โดยเฉพาะประเทศในแถบทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม เนื่องจากมีสภาพอากาศร้อนชื้นจึงทำให้ต้นมะเดื่อฝรั่งติดผลได้ตลอดทั้งปี (Heng, 2019) ในขณะที่ส่วนแบ่งการผลิตมะเดื่อฝรั่งในแต่ละตามภูมิภาค ปี 2561 พบว่า ทวีปเอเชียมีการผลิตมะเดื่อฝรั่ง มากที่สุด 43% ส่วนการปลูกมะเดื่อฝรั่งในประเทศไทยมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกและเป็นที่รู้จักมากขึ้น ทั้งนี้ทั้งหมด 2 หน่วยงาน ที่ให้ความรู้แก่เกษตรกรและผู้สนใจของไทย ได้แก่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิโครงการหลวง สามารถให้ผลผลิต ที่มากกว่าหนึ่งรอบต่อปี มีการปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทยซึ่งสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศของประเทศไทยได้ (ณรงค์ชัย พิพัฒน์นรงค์, 2550) โดยให้ผลผลิตต่อต้นที่ค่อนข้างสูง มีการติดผลค่อนข้างดก ติดผลทุกข้อใบ แต่ต้องขึ้นอยู่กับ หลาย ๆ ปัจจัย เช่น ระยะปลูก จำนวนต้นต่อไร่ อายุต้น ขนาดของทรงพุ่ม มะเดื่อฝรั่งหนึ่งต้นสามารถให้ผลผลิตได้ประมาณ 1-3 กิโลกรัม หรือประมาณ 30-50 ผล เฉลี่ยขนาดผลและน้ำหนัก 8-15 ผล ต่อกิโลกรัม (ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ, 2562) มะเดื่อฝรั่ง มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการ โดยผลมีสีม่วงแดงซึ่งเป็นรงควัตถุของสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ด้วยและยังช่วยให้เลือดจับตัวเป็นก้อน อีกทั้งยังอุดมไปด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน โยอาหารสูง รวมถึงวิตามินและแร่ธาตุอีกหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบี วิตามินเค โพแทสเซียม สังกะสี และเหล็ก หลังจากการเก็บเกี่ยวผลมะเดื่อฝรั่ง เกษตรกรต้องทำการตัดแต่งกิ่งเพื่อให้เกิดการแตกกิ่งใหม่ ในเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม เนื่องจากผลมะเดื่อฝรั่งจะไม่ออกดอกซ้ำกิ่งเดิม ซึ่งจะช่วยให้ออกดอกในบริเวณยอดใหม่ ดังนั้น จึงได้มีการศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มจิบเบอเรลลินร่วมกับไซโตไคนินเพื่อกระตุ้นให้มีการแตกตาข้าง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นหรือสารที่สังเคราะห์ขึ้นโดยกรรมวิธีทางเคมี และใช้ในปริมาณ เพียงเล็กน้อยสามารถกระตุ้นหรือยับยั้ง ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้ (สมบุญ เศรษฐปัญญาวัฒน์, 2544) จากการศึกษาของ Foley and Keever (1993) ได้ศึกษา GA_{4+7} ร่วมกับ BA เพื่อชักนำกิ่งต้น *Vinca minor* พบว่าการใช้ GA_{4+7} ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลให้มีจำนวนกิ่ง 6.3 กิ่ง นอกจากนี้ Yildirim et al. (2010) ได้มีการศึกษา GA_{4+7} ร่วมกับ BA ที่มีผลต่อการแตกกิ่งก้านของต้นแพร์ พบว่าการใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การแตกกิ่ง 84.37% ให้ความยาวกิ่ง 23.40 เซนติเมตร ถัดมา Saracoglu and Cebe (2018) ที่ใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ในลูกแพร์สายพันธุ์ Deveci มีผลทำให้ความยาวกิ่งเฉลี่ยมากกว่าชุดควบคุม และ Elfving and Visser (2007) ได้ศึกษา GA_{4+7} ร่วมกับ BA ที่มีต่อการแตกกิ่งก้านของต้นเชอร์รี่ พบว่าการบากตาข้างร่วมกับการใช้ GA_{4+7} 10,000 มิลลิกรัม ต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนของกิ่งก้านมากที่สุด 27.4 กิ่ง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งเน้น ศึกษาถึงความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มจิบเบอเรลลินร่วมกับไซโตไคนินในการชักนำ การเกิดตาข้างของมะเดื่อฝรั่ง

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 7 ตา กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 GA_{4+7} ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ 3 GA_{4+7} ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ 4 GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมต้นมะเดื่อฝรั่งพันธุ์ Black Genoa จำนวน 12 ต้น เตรียมสารละลาย GA_{4+7} ความเข้มข้น 50, 150, 250 มิลลิกรัม ต่อลิตร และ BA ความเข้มข้น 50, 150, 250 มิลลิกรัมต่อลิตร คัดเลือกกิ่งแก่ จากนั้นนำสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช GA_{4+7} ร่วมกับ BA ที่เตรียมไว้ในแต่ละความเข้มข้น โดยนำพู่กันจุ่มและนำไปป้ายบริเวณตาข้างของกิ่งมะเดื่อฝรั่งที่คัดเลือกไว้

ทำการบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ร้อยละการแตกตา โดยการคำนวณจากสมการ = (จำนวนของตาข้างที่เกิด ÷ จำนวนตาข้างทั้งหมด) × 100 จากนั้นทำการบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการแตกตา วัดความยาวของกิ่งที่แตกใหม่ โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ดิจิตอล และทำการนับจำนวนใบของกิ่งที่แตกใหม่ โดยวัดหลังจากที่ตาข้างเริ่มแตกออกเป็นเวลา 40 วัน

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ด้วยโปรแกรมสถิติ R โดยมีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Fisher's Least-Significant Difference (LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การใช้ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการแตกตาเฉลี่ยร้อยละ 61.9 และ 85.71 มากกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ Ghehsareh and Khosh-Khui (2016) ที่พบว่า การใช้ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้กิ่งชำต้นยางอินเดียมีการแตกตาข้างมากถึงร้อยละ 82 โดย Flaishman et al. (2008) พบว่า มะเดื่อฝรั่งที่ปลูกในแถบพื้นที่ที่มีอากาศร้อนและมีอุณหภูมิในฤดูหนาวสูง จะทำให้มะเดื่อฝรั่งเข้าสู่ระยะการพักตัวแบบ endodormancy ซึ่งเป็นการพักตัวของพืชที่เกิดจากปัจจัยภายในตัวพืช หรือแบบการพักตัวแบบ paradormancy ซึ่งเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นโดยได้รับสัญญาณทางชีวเคมีจากอวัยวะส่วนอื่นของพืช เช่น ตาหรือยอด ทำให้เกิดปรากฏการณ์ ตายอดข่มตาข้าง (apical dominance) โดย GA และ BA มีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญของตาในการพักตัวทั้ง endodormancy และ paradormancy สัมพันธ์กับ Müller and Leyser (2011) ได้อธิบายกลไกการทำงานแบบ canalization เมื่อออกซินมีผลผลิตและส่งออกมามากในลำต้น กลไก canalization จะมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายออกซินในลำต้นไปยับยั้งการทำงานของตาข้างโดยตรง จึงทำให้ตาข้างยังคงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการงอก ซึ่งการใช้ BA สามารถส่งเสริมการแบ่งเซลล์ในเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอด (shoot apical meristem) โดยมีกลไกที่ชัดเจนในการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ ทำให้ตาข้างสามารถแตกออกมาได้เนื่องจากไซโตไคนินควบคุมออกซินในขณะที่ตาข้างกำลังเจริญ (Müller and Leyser, 2011) ส่วนการใช้ จิบเบอเรลลินจะไปลดปรากฏการณ์ตายอดข่มตาข้างและจะไปส่งเสริมการเจริญเติบโตทางยอดแทน ร่วมกับการแสดงออกของไซโตไคนินทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายยอดเช่นกัน (Nishii et al., 2012) และให้ผลไปในทิศทางเดียวกับ Robinson and Miranda (2013) ที่พบว่าการใช้ Promalin หรือ GA₄₊₇ ร่วมกับ BA จะทำให้มีจำนวนของตาข้างในพันธุ์ Fuji และ Gala เพิ่มขึ้น

Table 1 Effect of GA plus BA on percentage of lateral buds breaking in figs.

Treatments	Percentage of lateral buds breaking
Control	14.28b
GA ₄₊₇ 50 mg/l plus BA 50 mg/l	19.04b
GA ₄₊₇ 150 mg/l plus BA 150 mg/l	61.90a
GA ₄₊₇ 250 mg/l plus BA 250 mg/l	85.71a
F-test	**
CV (%)	34.10

** = significantly different at P<0.01.

Means in a column followed by different letters are significantly different (P≤0.05) by LSD.

ส่วนการใช้ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีระยะเวลาที่ใช้ในการแตกตาเฉลี่ย 20.33 วัน และ 12.67 วัน (Table 2) เช่นเดียวกันกับ Son and Kuden (2005) ที่ใช้ Promalin หรือ GA₄₊₇ ร่วมกับ BA ที่กระตุ้นการแตกตา แอฟริคอตและพลัมที่ 2-5 วัน และ 4-8 วัน นอกจากนี้ การใช้ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวกิ่งเฉลี่ย 0.84 และ 1.17 เซนติเมตร และมีจำนวนใบเฉลี่ย 1.88 และ 2.21 ใบ (Table 3) มากกว่ากรรมวิธีควบคุม ตามลำดับเนื่องจากสารในกลุ่มของไซโตไคนิน เช่น BA หรือ thidiazuron ซึ่งเป็นไซโตไคนินสังเคราะห์ที่มีการตอบสนองต่อการลดลงของ

การเกิดตายยอดชำและสามารถเพิ่มปริมาณของกิ่ง โดยมีความสามารถในการควบคุมการสังเคราะห์ออกซินที่อยู่ในรากยอด และใบอ่อน (Jones et al., 2010) ทั้งนี้ GA_{4+7} + BA ต่างมีบทบาทในการแบ่งตัวของเซลล์ การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ และการขยายขนาดของเซลล์ (Whiting and Roll, 2015) และ Saracoglu and Cebes (2018) พบว่า การใช้ GA_{4+7} ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร + BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ความยาวกิ่งเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุมในลูกแพร์ได้เช่นกัน แต่แตกต่างกับการศึกษาของ Yildirim et al. (2010) ที่ศึกษาการใช้ Promalin ต่อการแตกตาข้างต้นแพร์ว่า การใช้ Promalin หรือ GA_{4+7} ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความยาวกิ่ง 23.40 เซนติเมตร

Table 2 Effect of GA plus BA on bud breaking time (days).

Treatments	Bud breaking time (days)
Control	39.66a
GA_{4+7} 50 mg/l plus BA 50 mg/l	25.77ab
GA_{4+7} 150 mg/l plus BA 150 mg/l	20.33b
GA_{4+7} 250 mg/l plus BA 250 mg/l	12.67b
F-test	**
CV (%)	25.92

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

Means in a column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by LSD.

Table 3 Effect of GA plus BA on new branch length and number of leaves.

Treatments	Stem length (cm)	Number of leaves
Control	0.33b	0.33c
GA_{4+7} 50 mg/l plus BA 50 mg/l	0.43b	0.66bc
GA_{4+7} 150 mg/l plus BA 150 mg/l	0.84a	1.88ab
GA_{4+7} 250 mg/l plus BA 250 mg/l	1.17a	2.21a
F-test	**	**
CV (%)	20.64	36.23

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

Means in a column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by LSD.



Figure 1 The growth of lateral buds without plant growth regulators.



Figure 2 The growth of lateral buds after using GA_{4+7} 50 mg/l plus BA 50 mg/l.



Figure 3 The growth of lateral buds after using GA₄₊₇ 150 mg/l plus BA 150 mg/l.



Figure 4 The growth of lateral buds after using GA₄₊₇ 250 mg/l plus BA 250 mg/l.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช GA₄₊₇ ความเข้มข้น ร่วมกับ BA ในมะเดื่อฝรั่งพันธุ์ Black Genoa พบว่า การใช้ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร และ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เปอร์เซ็นต์การแตกตา ระยะเวลาที่ใช้ ความยาวกิ่งและจำนวนใบที่เหมือนกัน แต่แตกต่างกับ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดควบคุม จึงแนะนำให้ใช้ GA₄₊₇ ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะว่ามีเปอร์เซ็นต์การแตกตาถึง 85.71% อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้เร็วกว่าถึง 12.67 วัน เพื่อให้เกิดการแตกตาที่เร็วขึ้นและพร้อมพัฒนาไปสู่กิ่งที่ยาวและมีจำนวนใบมากตามไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2562. สวนคุณลักษณะการปลูกมะเดื่อฝรั่งในประเทศไทย.

https://www.technologychaoban.com/bulletnewstoday/article_97008. (22 ธันวาคม 2562).

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนาวงศ์. 2550. การผลิตไม้ผลเมืองหนาวขนาดเล็กในเขตร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เศษะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Elfving, D. C., and Visser, D. B. 2007. Improving the efficacy of cytokinin applications for stimulation of lateral branch development in young sweet cherry trees in the orchard. *HortScience* 42(2): 251-256.

FAO. 2020. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. (20 April 2020).

Flaishman, M. A., Rodov, V., and Stover, E. 2008. The fig: botany, horticulture, and breeding. *Horticultural Reviews* 34: 113-196.

Foley, J. T., and Keever, G. J. 1993. Chemically induced branching of Vinca minor. *Journal of Environmental Horticulture* 11(4): 149-152.

Ghehsareh, M. G., and Khosh-Khui, M. 2016. Effect of indole-3-butyric acid, putrescine and benzyladenine on rooting and lateral bud growth of *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem leaf-bud cuttings. *Indian Journal of Horticulture* 73(1): 25-29.

Heng, H. T. 2019. Figs are trending in Southeast Asia. <https://www.mintel.com/blog/food-market-news/figs-are-trending-in-southeast-asia>. (11 August 2020).

Jones, B., Gunnereas, S. A., Petersson, S. V., Tarkowski, P., Graham, N., May, S., Dolezal, K., Sandberg, G., and Ljung, K. 2010. Cytokinin regulation of auxin synthesis in Arabidopsis involves a homeostatic feedback loop regulated via auxin and cytokinin signal transduction. *Plant Cell* 22(9): 2956-2969.

Müller, D., and Leyser, O. 2011. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Annals of Botany* 107(7): 1203-1212.

Nishii, K., Wang, C., Spada, A., Nagata, T., and Möller, M. 2012. Gibberellin as a suppressor of lateral dominance and inducer of apical growth in the unifoliate *Streptocarpus wendlandii* (Gesneriaceae). *New Zealand Journal of Botany* 50(3): 267-287.

Robinson, T. L., and Miranda, S. M. 2014. Effect of promalin, benzyladenine and cyclanilide on lateral branching of apple trees in the nursery. *Acta Horticulturae* 1042: 293-302.

Saracoglu, O., and Cebe, U. 2018. Cyclanilide treatments increase lateral branching of apple and pear nursery trees. *Applied Ecology and Environmental Research* 16(4): 4575-4583.

- Son, L., and Kuden, A. B. 2005. Dormex and Promalin affects fruit set and earliness of apricot (*Prunus armeniaca*) and plum (*Prunus domestica*) cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 33(1): 59-64.
- Whiting, D., and Roll, M. 2015. *Plant growth factors: plant hormones*. Colorado Garden Show Inc., Colorado State University.
- Yildirim, A. N., Koyuncu, F., San, B., and Kaçal, E. 2010. The Effect of promalin and heading treatments on lateral shoot formation in Pear Nursery Trees. *Journal of Natural and Applied Sciences* 14(1): 32-37.

วันรับบทความ (Received date) : 6 ธ.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 5 พ.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 9 ก.พ. 64

การทดสอบพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 ดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta* L.)Varietal Trial of Single Cross F₁ Hybrid in American Marigold (*Tagetes erecta* L.)

ศราวุธ นันตะภูมิ¹ สิทธิชัย พิระภาสกร² และพรพันธ์ ภูพ้อมพันธ์^{1*}
Sarawut Nantaphoom¹, Sittichai Peerapassakorn² and Pornpan Pooprompan^{1*}

บทคัดย่อ

ประเมินการแสดงลักษณะของลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 ดาวเรืองอเมริกัน (*Tagetes erecta* L.) สำหรับตัดดอกใน 3 ฤดู ณ แปลงทดลองบริษัท โฮมซีดีส์ จำกัด อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ วัดประสิทธิภาพของการวิจัยเพื่อคัดเลือกลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 ที่มีลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกดี และคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่สำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ การจัดตั้งทดลองแบบแฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ นำมาใช้ทดลองโดยการปลูกลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 จำนวน 62 สายพันธุ์ ที่ได้จากพันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์ และพันธุ์แม่ 31 สายพันธุ์ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมใน 3 ฤดู แสดงให้เห็นว่าลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกของลูกผสมและพันธุ์พ่อแม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นอกจากนี้ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์พ่อแม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพดอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งให้เห็นว่าสายพันธุ์พ่อ MG073 มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดทั้งสองลักษณะ สายพันธุ์แม่ F35 และ F45 มีคะแนนเฉลี่ยลักษณะทรงต้นสูงที่สุด 6.0 และ F23 มีคะแนนเฉลี่ยคุณภาพดอกสูงที่สุด 6.4 อย่างไรก็ตามการผสมระหว่างสายพันธุ์ F23 กับ MG073 มีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยคุณภาพของดอกสูงที่สุด 7.2 ดังนั้นเมล็ดพันธุ์คัดจากสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีลักษณะปรากฏที่ดีจะนำไปใช้ผลิตดาวเรืองอเมริกันลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 พันธุ์การค้าสำหรับตัดดอกต่อไป

คำสำคัญ: ดาวเรืองอเมริกัน ไม่ตัดดอก ลักษณะที่ปรากฏ ลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 เมล็ดพันธุ์คัด

Abstract

A performance evaluation of single-cross F₁ hybrids of the American marigold (*Tagetes erecta* L.) for cut flower production was done over 3 seasons at the experiment plots of Homeseeds Co., Ltd., Amphur Chomthong, Chiang Mai. The objectives of research were to select single-cross F₁ hybrids of good plant types and flower quality and to select the parental lines for seed production. The research study was laid out with a Randomized Complete Block Design with factorial arrangement. A total of 62 single-cross F₁ hybrids from 2 male and 31 female parental lines were planted. Combined analysis of variance for 3 seasons revealed highly significant differences in plant types and flower quality of the single-cross F₁ hybrids and parental lines. In addition, interaction between the parental lines had a highly significant effect on the flower quality. Furthermore, the research indicated that the MG073 male parental line had the highest average value for both characteristics. The female parental lines F35 and F45 had the highest average score of 6.0 in plant type, and F23 had the highest average score of 6.4 for flower quality. The hybridization of F23 and MG073, however, produced the highest average score of 7.2 for flower quality. Consequently, breeder seeds from male and female parental lines with good appearance characteristics will be used for the production of commercial single-cross F₁ hybrids of the American marigold for production of cut flowers.

Keywords: American marigold, cut flower, characteristics appearance, single-cross F₁ hybrid, breeder seed

¹ สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

¹ Division of Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

² งานวิจัยและพัฒนา ห้างหุ้นส่วนจำกัด โฮมซีดีส์ อ. จอมทอง จ. เชียงใหม่ 50160

² Research and Development, Homeseeds Company Limited Partnerships, Chom Thong, Chiang Mai 50160

*Corresponding author, Email: pornpanmju@gmail.com

คำนำ

ดาวเรืองอเมริกัน (American marigold) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tagetes erecta* L. ถูกจัดจำแนกอยู่ในวงศ์ Asteraceae ถิ่นกำเนิดอยู่ที่ทวีปอเมริกากลางและใต้ รวมไปถึงเม็กซิโก (Priyadarshini et al., 2018) สามารถแบ่งดาวเรืองตามความสูงของต้นออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ดาวเรืองต้นสูง (tall type) มีความสูงมากกว่า 80 เซนติเมตร 2) ดาวเรืองต้นกึ่งสูง (semi tall type) มีความสูง 65-80 เซนติเมตร และ 3) ดาวเรืองต้นเตี้ย (dwarf type) มีความสูงน้อยกว่า 65 เซนติเมตร (Gurry and Button, 2011) ส่วนขนาดของดอกดาวเรืองสามารถแบ่งได้ออกเป็น 4 กลุ่ม ตามการรับซื้อ คือ 1) ดอกจัมโบ้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกมากกว่า 11 เซนติเมตร 2) ดอกใหญ่ มีขนาด 9-10 เซนติเมตร 3) ดอกกลาง มีขนาด 7-8 เซนติเมตร และ 4) ดอกเล็กมีขนาดน้อยกว่า 7 เซนติเมตร ส่วนคุณภาพดอกที่เป็นที่ต้องการของตลาดรับซื้อภายในประเทศ ได้แก่ ดอกสีเหลือง สีทอง สีส้ม เนื่องจากมีสีสดใส มีดอกทรงกลม ขนาดใหญ่ ทนทานต่อการขนส่ง และไม่เป็นโรคหน้าไหม้ในฤดูฝน ส่วนลักษณะทรงพุ่มดาวเรืองที่เกษตรกรนิยมปลูก ต้องเป็นทรงพุ่มโปร่ง ลำต้นแข็งแรง ไม่หักล้ม ต้านทานต่อโรคเหี่ยว ประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกดาวเรืองเพื่อตัดดอก แหล่งปลูกดาวเรืองที่สำคัญภายในประเทศอยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดตาก มีพื้นที่ปลูกดาวเรืองประมาณ 9,500 ไร่ ปริมาณการผลิตดอกสดไม่น้อยกว่าปีละ 1,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 500 ล้านบาท (ปกป้อง บัณฑิต และคณะ, 2561) ดาวเรืองเป็นพืชที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณการให้น้ำ ความชื้น ช่วงแสง ปุ๋ย และปัจจัยอื่น ๆ (นงเยาว์ วงศ์ภูมิ, 2545) ดาวเรืองจัดเป็นพืชวันสั้น โดยมีช่วงความยาวแสงวิกฤติ (critical day length) อยู่ที่ 12.5-13.0 ชั่วโมง (Kessler, 1999) เมื่อดาวเรืองได้รับช่วงแสงวันยาวประมาณเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม จะทำให้มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและการออกดอกจะช้าลง แต่เมื่อถึงช่วงเดือนที่ได้รับปริมาณน้ำฝนมากเกินไป ความชื้นสูงจะทำให้ดาวเรืองมีการเจริญเติบโตด้านความสูงเพิ่มขึ้น และทำให้บริเวณตรงกลางดอกเน่า หรือที่เรียกว่าดอกหน้าไหม้ ถ้าดาวเรืองได้รับแสงช่วงวันสั้นระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์จะไปกระตุ้นการออกดอกให้เร็วกว่าช่วงวันยาวและคุณภาพดอกในช่วงวันสั้นจะดีกว่าวันยาวเช่นกัน แต่ทำให้เกิดปัญหาต้นเล็กแทงดอกเร็ว (วัลลภ พรหมทอง, 2540)

ดาวเรืองเป็นพืชผสมข้าม การปรับปรุงพันธุ์ทำได้โดยการคัดเลือกประชากรและเชื้อพันธุกรรมที่มีฐานพันธุกรรมกว้าง และการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมสูง ซึ่งการวิเคราะห์ค่าระยะห่างทางพันธุกรรมโดยเทคนิคทางชีวโมเลกุลเป็นวิธีการหนึ่งในการประเมินความแตกต่างทางพันธุกรรมในการเลือกคู่ผสม (Arunachalam, 1981) เป็นการเพิ่มโอกาสในการคัดเลือกสายพันธุ์ซึ่งให้ความดีเด่นของลูกผสม โดยพิจารณาจากการแสดงออกของลูกผสมที่ใช้เป็นตัววัดการแสดงออกทุกรูปแบบจากการผสมระหว่างพันธุ์พ่อแม่ ดังนั้นการประเมินสมรรถนะการผสมพันธุ์ของลูกผสมคู่ใดที่ให้ความดีเด่น คาดว่าสายพันธุ์พ่อแม่แน่นอนจะให้ความดีเด่นเช่นกัน (ปราโมทย์ พรสุริยะ และคณะ, 2558) การประเมินสมรรถนะการผสม (combining ability) จะส่งผลให้เกิดการใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) ที่เสนอโดย Fehr (1987) แบ่งได้ 2 แบบ คือสมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability) หรือ GCA หมายความว่า การที่พันธุ์สามารถผสมกับพันธุ์อื่น ๆ หลายพันธุ์แล้วให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ดี อีกแบบหนึ่ง คือสมรรถนะการผสมเฉพาะ (specific combining ability) หรือ SCA หมายถึง พันธุ์หนึ่งสามารถผสมกับพันธุ์หนึ่งแล้วให้ค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ธาณี ศรีวงศ์ชัย (2556) กล่าวว่าโดยทั่วไปสมรรถนะการผสมทั่วไป จะแสดงปฏิกิริยาของยีนส่วนใหญ่เป็นแบบผลบวก (additive gene action) ถ้ามีค่าสูงสามารถนำไปใช้ทดสอบในครั้งต่อไปได้ ส่วนสมรรถนะการผสมเฉพาะ จะแสดงปฏิกิริยาของยีนไม่เป็นผลบวก (non-additive gene action) ถ้าค่าสูง คู่สายพันธุ์พ่อแม่แน่นอนสามารถนำไปผลิตเป็นลูกผสม F_1 hybrid

การปลูกดาวเรืองอเมริกัน เพื่อการตัดดอกหรือใช้ประดับแปลงในปัจจุบัน ส่วนใหญ่นิยมใช้ลูกผสมเดี่ยว รายงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมดาวเรืองและการประเมินสมรรถนะการผสมเพื่อสร้างลูกผสมเดี่ยวยังมีน้อยมาก มีรายงานวิจัยในไม้ดอกชนิดอื่น เช่น ทานตะวัน เป็นต้น ซึ่งมีรายงานการประเมินสมรรถนะการผสมของทานตะวันโดยปลูกทดสอบลูกผสมในหลายพื้นที่และสามารถคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีสมรรถนะการผสมที่สูง เพื่อใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป (Kaya, 2005; Khan et al., 2008; Satish Chandra et al., 2011) วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อคัดเลือกลูกผสมเดี่ยวช่วงที่ 1 ที่มีลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกดี และคัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีศักยภาพเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์คัด สำหรับนำไปสร้างดาวเรืองตัดดอกลูกผสมเดี่ยวพันธุ์การค้าที่มีลักษณะตามความต้องการของเกษตรกร เช่น ความแข็งแรงของลำต้น ทนโรค และมีคุณภาพดอกที่ดี เช่น ดอกกลม การเรียงกลีบดอกสวย สีดอกสว่าง เป็นต้น

วิธีการศึกษา

ดาวเรืองลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1

ดาวเรืองลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 (F_1 hybrid) จำนวน 62 สายพันธุ์ ที่ได้จากพันธุ์แม่ 31 สายพันธุ์ และพันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์ การประเมินลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 ใน สภาพแปลงปลูก

ประเมินการแสดงลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกดาวเรืองลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 จำนวน 62 สายพันธุ์ โดยปลูกทดสอบในแปลงทดลองบริษัท โฮมซีดีส์ จำกัด อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ใน 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูแล้ง ปี 2560 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม ฤดูฝน ปี 2560 ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน และฤดูหนาว ปี 2560 ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2561 จัดสิ่งทดลองแบบ 31×2 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (31×2 Factorial in RCBD) 3 ซ้ำ จำนวน 20 ต้นต่อแปลง การเพาะเมล็ดใช้เวลา 15 วัน ใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 40 เซนติเมตร ระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ก่อนเตรียมแปลงโรยปุ๋ยขาวและหว่านปุ๋ยสูตร 20-10-10 และ 18-46-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หลังย้ายปลูก 15 วัน เติดยอดต้นกล้า และให้น้ำ 2 ครั้ง คือ 10:00 นาฬิกา และ 15:00 นาฬิกา ช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative growth) ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 12.5 กิโลกรัมต่อไร่ และระยะการเจริญเติบโตทางด้านการสืบพันธุ์ (reproductive growth) ใส่ปุ๋ยสูตร 8-8-24 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเมื่อมีการระบาดของระยะเวลาดอกแรกบานประมาณ 55-60 วันหลังย้ายปลูก และดอกบานเต็มที่ประมาณ 60-65 วันหลังย้ายปลูก จากนั้นทำการประเมินลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกดาวเรืองในระยะดอกบานในช่วงการออกดอกประมาณ 75 วันหลังย้ายปลูก โดยให้คะแนน ดังนี้

คะแนนการประเมินลักษณะทรงต้น (plant types)

- 1 = ลำต้นไม่แข็งแรง ไม่สม่ำเสมอ มีการหักล้มร้อยละ 80 ภายในแถว ทรงพุ่มทึบ เป็นโรคทางลำต้นและใบ
- 3 = ลำต้นไม่แข็งแรง ไม่สม่ำเสมอ มีการหักล้มร้อยละ 60 ภายในแถว ทรงพุ่มทึบ เป็นโรคทางลำต้นและใบ
- 5 = ลำต้นแข็งแรง สม่ำเสมอ มีการหักล้มร้อยละ 40 ภายในแถว ทรงพุ่มโปร่ง เป็นรูปตัววี เป็นโรคทางลำต้นและใบน้อย
- 7 = ลำต้นแข็งแรง สม่ำเสมอ มีการหักล้มร้อยละ 20 ภายในแถว ทรงพุ่มโปร่ง เป็นรูปตัววี การจัดเรียงตัวของใบไม่บังแสงแดด ไม่เป็นโรคทางลำต้นและใบ
- 9 = ลำต้นแข็งแรง สม่ำเสมอ ต้นไม่มีการหักล้ม ทรงพุ่มโปร่ง เป็นรูปตัววี การจัดเรียงตัวของใบเป็นระเบียบ ไม่บังแสงแดด ไม่เป็นโรคทางลำต้นและใบ

คะแนนการประเมินลักษณะคุณภาพดอก (flower qualities)

- 1 = ฐานรองดอกแตก ดอกไม่สมมาตร การจัดเรียงกลีบดอกหลวมไม่สวยงาม หน้าดอกมีสีเขียวดอกเป็นโรคสีดอกไม่สดใส
- 3 = ฐานรองดอกแตก ดอกไม่สมมาตร การจัดเรียงกลีบดอกหลวมไม่สวยงาม หน้าดอกมีสีเขียวดอกเป็นโรคสีดอกสดใส
- 5 = ฐานรองดอกไม่แตก ดอกดก ดอกสมมาตร กลม ค่อนข้างใหญ่ ดก กลีบดอกซ้อนกันแน่น สีสดใส หน้าดอกไม่มีสีเขียว ดอกไม่เป็นโรค
- 7 = ฐานรองดอกไม่แตก ดอกดก ดอกสมมาตร กลม ค่อนข้างใหญ่ ดก กลีบดอกแข็งแรงซ้อนกันแน่น การจัดเรียงเป็นระเบียบ สีสดใส หน้าดอกไม่มีสีเขียว ก้านดอกแข็งแรง ไม่หักง่าย ดอกไม่เป็นโรค
- 9 = ฐานรองดอกไม่แตก ดอกดก ดอกสมมาตร กลม ดอกใหญ่ ดก กลีบดอกแข็งแรงซ้อนกันแน่น การจัดเรียงเป็นระเบียบ ดอกมีความยืดหยุ่นเมื่อบีบแล้วคลายตัวได้ดี สีสดใส หน้าดอกไม่มีสีเขียว ก้านดอกแข็งแรง ไม่หักง่าย ดอกไม่เป็นโรค

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการประเมินลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกในแต่ละฤดู และวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined Analysis of Variance) ทั้ง 3 ฤดู ตลอดจนวิเคราะห์ความแปรปรวนแยกส่วน (partition) อิทธิพลของสายพันธุ์พ่อแม่ ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ และปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างลูกผสมกับฤดูปลูก ตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ R เวอร์ชัน 3.1.3

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกในแต่ละฤดู

จากการปลูกทดสอบดาวเรืองลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 จำนวน 62 สายพันธุ์ ที่ได้จากพันธุ์แม่ 31 สายพันธุ์ และพันธุ์พ่อ จำนวน 2 สายพันธุ์ ใน 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูแล้ง ปี 2560 ฤดูฝน ปี 2560 และฤดูหนาว ปี 2561 เพื่อประเมินลักษณะปรากฏดาวเรืองในแต่ละฤดู พบว่า ดาวเรืองลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 62 สายพันธุ์ ที่ปลูกในแต่ละฤดู มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอก ซึ่งลูกผสมบางสายพันธุ์ สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละฤดู ดังแสดงใน Table 1 พบว่า ดาวเรืองลูกผสม มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกมากที่สุด 5.8 และ 5.3 มีค่าพิสัย 3.0-7.7 ในฤดูแล้ง ส่วนการประเมินลักษณะในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 4.8 และ 4.9 ค่าพิสัย 3.0-6.3 และ 3.0-7.7 และในฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ย 5.4 และ 4.9 ค่าพิสัย 3.0-7.0 และ 3.0-7.7 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การแสดงลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกของลูกผสมเดี่ยว 62 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อสภาพการเพาะปลูกในฤดูแล้งได้ดี คือ ลำต้นมีความแข็งแรงทนโรคและแมลง ส่วนคุณภาพดอกสวย ไม่เกิดโรค เมื่อมีการจัดการแปลงปลูกได้ดี เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมทั้งสามฤดู พบว่า มีค่าเฉลี่ยคะแนนของลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอก เท่ากับ 5.3 และ 5.0 ค่าพิสัย 3.7-6.6 และ 3.0-7.2 ตามลำดับ

Table 1 Evaluation scores of plant types and flower qualities of sixty-two single cross American marigold F_1 hybrids grown in 3 seasons during 2017-2018.

Season	Characteristic	Mean $\pm$ SD	Range	P-value
Dry season (May- August)	Plant types	5.8 $\pm$ 0.8	3.0-7.7	<0.01
	Flower qualities	5.3 $\pm$ 1.0	3.0-7.7	<0.01
Wet season (August -November)	Plant types	4.8 $\pm$ 0.7	3.0-6.3	<0.01
	Flower qualities	4.9 $\pm$ 1.2	3.0-7.7	<0.01
Cool season (November-February)	Plant types	5.4 $\pm$ 1.1	3.0-7.0	<0.01
	Flower qualities	4.9 $\pm$ 1.3	3.0-7.7	<0.01
Combined	Plant types	5.3 $\pm$ 0.6	3.7-6.6	<0.01
	Flower qualities	5.0 $\pm$ 1.1	3.0-7.2	<0.01

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined ANOVA) ดังแสดงใน Table 2 ลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอก ลูกผสมเดี่ยวที่ปลูกใน 3 ฤดู ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ลูกผสมเดี่ยว จำนวน 62 สายพันธุ์นั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทั้งสองลักษณะ และพบว่าปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างลูกผสมกับฤดูปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นว่าลักษณะที่ทำการศึกษาลักษณะในลูกผสมเหล่านี้ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของแต่ละฤดูแตกต่างกันออกไป เช่น ในแต่ละฤดูความแตกต่างของช่วงแสง ซึ่งช่วงแสงนั้นมีผลต่อความสูงของทรงต้น ทรงพุ่ม รวมไปถึงขนาดของดอก ทำให้สามารถคัดเลือกลูกผสมที่เหมาะสมในการเพาะปลูกแต่ละฤดูได้ เมื่อวิเคราะห์แยกส่วน (partition) อิทธิพลของพันธุ์พ่อแม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งของทั้งสองลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอก แต่ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์พ่อกับแม่ พบว่าลักษณะทรงต้นนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ลักษณะคุณภาพดอกนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เพราะช่วงแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ต่างกัน เช่น ในช่วงฤดูหนาวขนาดดอกของสายพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมจะมีขนาดดอกเล็กกว่าช่วงฤดูแล้งหรือฤดูฝน เป็นต้น

Table 2 Combined analysis of variance for plant types and flower qualities of sixty-two single cross American marigold F_1 hybrids grown in 3 seasons during 2017-2018.

Source of variation	D.F.	Means square	
		Plant types	Flower qualities
Season	2	49.34 ^{ns}	13.40 ^{ns}
Block	6	20.32	6.70
Hybrid	61	3.92**	10.25**
Male	1	36.14**	45.31**
Female	30	5.54**	17.13**
Male x Female	30	1.23 ^{ns}	1.69**
Season x Hybrid	122	1.75**	1.42**
Error	366		
Total	557		

ns = non-significant. ** = significant at $P \leq 0.01$.

การวิเคราะห์อิทธิพลของสายพันธุ์พ่อ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Table 2) อิทธิพลของพันธุ์พ่อต่อการแสดงออกลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอก ในลูกผสมที่ได้จากพันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์ ผสมกับพันธุ์แม่ 31 สายพันธุ์ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีคะแนนการประเมินทั้งสองลักษณะสูงที่สุดที่ประเมินได้ใน 3 ฤดู ได้แก่ สายพันธุ์ MG073 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอก 5.5 และ 5.3 ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสายพันธุ์พ่อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่เสนอโดย Fehr (1987) ใช้การประเมินสมรรถนะการผสมจากค่าเฉลี่ย การแสดงลักษณะ (performance) ลูกผสมที่ได้จากการผสมกับสายพันธุ์แม่อื่น ๆ

Table 3 The average score of plant types and flower qualities of 62 single cross F_1 hybrids from 2 male parental lines and 31 female parental lines grown in 3 seasons during 2017-2018.

Male parental line	Plant types score	Flower qualities score
MG065	5.0	4.7
MG073	5.5	5.3
CV (%)	18.3	19.1

การวิเคราะห์อิทธิพลของสายพันธุ์แม่

การประเมินลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกของลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 ที่ได้จากพันธุ์แม่ 31 สายพันธุ์ ผสมกับพันธุ์พ่อ 2 สายพันธุ์ เพื่อประเมินการแสดงลักษณะที่ดีสำหรับคัดเลือกสายพันธุ์แม่ จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Table 2) พบว่าอิทธิพลของพันธุ์แม่ต่อลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยสามารถคัดเลือกสายพันธุ์แม่ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ที่เสนอโดย Fehr (1987) จากผลการประเมินลักษณะทรงต้นสายพันธุ์แม่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 6.0 ใน 3 ฤดู ได้แก่ สายพันธุ์ F35 และ F45 ดังแสดงใน Table 4 ส่วนการประเมินลักษณะคุณภาพดอกที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในสายพันธุ์แม่ มีจำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ F23 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.4 ซึ่งให้เห็นว่าสายพันธุ์แมดังกล่าวมียีนที่แสดงออกแบบบวกสะสม (additive gene) อยู่เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะนำไปใช้เป็นสายพันธุ์แม่ที่จะนำไปทดสอบกับสายพันธุ์พ่อเพื่อสร้างลูกผสมเดี่ยวดาวเรืองอเมริกันสำหรับตัดดอก ซึ่งการผลิตเมล็ดพันธุ์ปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะผลิตในช่วงฤดูหนาวเนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการติดเมล็ด

Table 4 The average score of plant types and flower qualities of 62 single cross F_1 hybrids from 31 female parental lines and 2 male parental lines grown in 3 seasons during 2017-2018.

Female parental line	Plant types score	Flower qualities score
F3	5.1 ^{b-g}	3.9 ^{i-l}
F7	4.7 ^{f-h}	3.9 ^{i-l}
F13	4.4 ^h	3.7 ^{i-l}
F14	5.0 ^{c-h}	4.2 ^{h-k}
F16	4.7 ^{f-h}	3.3 ^l
F18	4.4 ^h	4.6 ^{g-i}
F22	5.9 ^{ab}	6.3 ^{ab}
F23	5.6 ^{a-e}	6.4 ^a
F24	4.3 ^h	3.7 ^{i-l}
F25	4.8 ^{e-h}	3.6 ^{k-l}
F26	4.9 ^{d-h}	3.7 ^{i-l}
F27	4.6 ^{g-h}	3.7 ^{i-l}
F28	5.0 ^{c-h}	4.4 ^{g-j}
F29	4.3 ^h	4.2 ^{h-k}
F31	5.7 ^{a-d}	5.7 ^{a-e}
F35	6.0 ^a	6.0 ^{a-c}
F36	5.7 ^{a-d}	5.8 ^{a-d}
F38	5.9 ^{ab}	6.0 ^{a-c}
F39	5.8 ^{a-c}	5.9 ^{a-d}
F40	5.9 ^{ab}	6.2 ^{ab}
F41	5.7 ^{a-c}	6.1 ^{ab}
F42	5.9 ^{ab}	5.8 ^{a-d}
F43	5.7 ^{a-b}	5.6 ^{b-f}
F44	5.3 ^{a-g}	6.2 ^{ab}
F45	6.0 ^a	5.6 ^{b-f}
F46	5.4 ^{a-f}	4.9 ^{e-h}
F47	5.9 ^{ab}	4.9 ^{e-h}
F48	5.7 ^{a-d}	4.8 ^{f-h}
F49	5.3 ^{a-g}	5.2 ^{c-g}
F50	5.4 ^{a-f}	4.9 ^{e-h}
F51	4.9 ^{d-h}	5.1 ^{d-g}
CV (%)	18.29	19.08

Means followed by similar letters are not significant difference at 1% level by DMRT.

การวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมและแยกส่วน (partition) เพื่อประเมินปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ต่อการแสดงออกลักษณะในลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 จำนวน 62 สายพันธุ์ Table 2 พบว่า ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ในลักษณะทรงต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่คุณภาพดอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่มผสม MG073 x F23 มีค่าเฉลี่ย 7.2 รองลงมา ได้แก่ กลุ่มผสม MG073 x F22 มีค่าเฉลี่ย 6.8 และกลุ่มผสม MG073 x F38 กับ

MG073 x F41 มีคะแนนเฉลี่ย 6.6 (Table 5) ซึ่งสามารถนำมาใช้คัดเลือกสายพันธุ์พ่อแม่เพื่อผลิตลูกผสมเดี่ยวเพื่อใช้เป็นพันธุ์การค้าโดยการประเมินจากค่าเฉลี่ยการแสดงลักษณะ (performance) ของลูกผสมที่มีสมรรถนะการผสมเฉพาะสูง (SCA) ของการผสมระหว่างสายพันธุ์พ่อแม่ที่มีความจำเพาะที่เสนอโดย Fehr (1987) ซึ่งมีการแสดงปฏิกิริยาของยีนส่วนใหญ่เป็นแบบบวก (additive gene action)

Table 5 The average score of plant types and flower qualities of male parental line MG073 and 31 female parental lines grown in 3 seasons during 2017-2018.

Male parental line	Female parental line	Flower qualities
MG073	F3	4.1 ^{h-m}
	F7	4.6 ^{f-l}
	F13	3.9 ^{i-m}
	F14	5.0 ^{d-j}
	F16	3.7 ^{i-m}
	F18	5.7 ^{i-m}
	F22	6.8 ^{a-b}
	F23	7.2 ^a
	F24	4.1 ^{h-m}
	F25	3.9 ^{i-m}
	F26	3.9 ^{i-m}
	F27	3.9 ^{i-m}
	F28	4.8 ^{e-k}
	F29	4.8 ^{d-k}
	F31	5.4 ^{b-h}
	F35	5.9 ^{a-f}
	F36	5.9 ^{a-f}
	F38	6.6 ^{a-c}
	F39	5.7 ^{b-g}
	F40	6.1 ^{a-e}
	F41	6.6 ^{a-c}
	F42	6.1 ^{a-e}
	F43	5.9 ^{a-f}
	F44	6.1 ^{a-e}
	F45	5.7 ^{b-g}
	F46	5.4 ^{b-h}
	F47	5.2 ^{c-h}
	F48	4.8 ^{e-k}
	F49	5.2 ^{c-i}
	F50	5.0 ^{d-j}
	F51	5.2 ^{c-i}
CV (%)		19.1

Means followed by similar letters are not significant difference at 1% level by DMRT.

สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมลักษณะทรงต้นและคุณภาพดอกดาวเรืองลูกผสมเดี่ยวชั่วที่ 1 ในแต่ละฤดู พบว่า ดาวเรืองนั้นเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่การปลูกดาวเรืองแต่ละฤดูควรเลือกสายพันธุ์ให้เหมาะสมกับฤดู ซึ่งแสดงให้เห็น ในปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์พ่อแม่มีผลต่อคุณภาพดอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และผลการวิจัยพบว่าสายพันธุ์พ่อแม่ MG073 มีคะแนนการประเมินสูงที่สุดของทั้งสองลักษณะ ซึ่งสามารถถ่ายทอดลักษณะลำต้นแข็งแรง สม่ำเสมอ ทรงพุ่มโปร่ง เป็นรูปตัววี การจัดเรียงตัวของใบไม่บังแสงแดด ไม่เป็นโรคทางลำต้นและใบ รวมไปถึงลักษณะคุณภาพดอกที่ดี สายพันธุ์แม่ F35 และ F45 แสดงคะแนนการประเมินสูงที่สุด 6.0 ในลักษณะทรงต้น และสายพันธุ์แม่ F23 มีคะแนนการประเมินคุณภาพดอกสูงสุด 6.4 ที่มีลักษณะฐานรองดอกไม่แตก ดอกสมมาตร กลม ค่อนข้างใหญ่ ดอกกลีบดอกแข็งแรงซ้อนกันแน่นยืดหยุ่นดี การจัดเรียงเป็นระเบียบ สีสดใส หนาดอกไม่มีสีเขียว ก้านดอกแข็งแรง ไม่หักง่าย ดอกไม่เป็นโรค อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์แม่ F23 ผสมกับสายพันธุ์พ่อแม่ MG073 มีคะแนนการประเมินคุณภาพของดอกเฉลี่ยสูงสุด 7.2 ซึ่งสามารถนำมาใช้สร้างดาวเรืองอเมริกันลูกผสมเดี่ยวสำหรับตัดดอกพันธุ์การค้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท โฮมซีดีส์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์และสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ปกป้อง บัอมฤทธิ์, วรรณภา เสนาดี และสุภาพร เสิงสมาน. 2561. ดาวเรืองไม้ตัดดอกอุตสาหกรรมทำเงิน. *วารสารเคหการเกษตร* 42: 63-85.
- ปราโมทย์ พรสุริยะ, สมควร บุญศรีบุญกุล และพรทิพย์ พรสุริยะ. 2558. ความแตกต่างทางพันธุกรรมและความสัมพันธ์กับความดีเด่นของลูกผสมระหว่างพันธุ์ในข้าวโพดข้าวเหนียว. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก* 8(1): 17-22.
- ธานี ศรีวงศ์ชัย. 2556. เอกสารประกอบการฝึกอบรมข้าวลูกผสม เรื่อง สมรรถนะการผสมพันธุ์ (combining ability) และการเปรียบเทียบผลผลิต (yield trials) ในข้าวลูกผสม. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. <http://www.corsat.agr.ku.ac.th/doc/01003576/GCA.pdf>. (1 พฤศจิกายน 2562).
- นงเยาว์ วงศ์พัฒน์. 2545. การศึกษาความสัมพันธ์ความสั้น-ยาววันและสารควบคุมการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรืองสีขาว (*Tagetes erecta* L.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- วัลลภ พรหมทอง. 2540. ปลูกดาวเรืองไม้ดอกเนกประสงค์. *เทคโนโลยีชาวบ้าน* 10(177): 29-32.
- Arunachalam, V. 1981. Genetic distance in plant breeding. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 41: 226-336.
- Fehr, W. K. 1987. *Principle of cultivar development vol.1: theory and technique*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Kaya, Y. 2005. Determining combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29: 243-250.
- Kessler, J. R. 1999. Green house production of marigold. Southeastern Floriculture, Auburn University. USA. 8-11. http://https://hortscans.ces.ncsu.edu/uploads/g/r/greenhou_51e440be5eb23.pdf. (1 November 2019).
- Khan, H., Rahman, H. U., Ahmad, H., Ali, H., Ullah, I., and Alam, M. 2008. Magnitude of combining ability of sunflower genotypes in different environments. *Pakistan Journal of Botany* 40(1): 151-160.
- Priyadarshini, A., Palai, S. K., and Nath, M. R. 2018. Effect of source of nitrogen on growth and yield of African marigold (*Tagetes erecta* L.). *The Pharma Innovation Journal* 7(7): 917-921.
- Satish, C. B., Kumar, S. S., Ranganadha, A. R. G., and Dudhe, M. Y. 2011. Combining ability for development of new hybrids over environments in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Science* 3(2): 230-237.
- Gurry, F., and Button, P. 2011. International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). Geneva. https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/tc/43/tg_tagete_proj_6.pdf. (1 November 2019).

วันรับบทความ (Received date) : 13 พ.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 10 มี.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 27 เม.ย. 64

การศึกษาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและการส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อย โดยแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในสภาพโรงเรือนเพื่อการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์

Studies on Phosphorus Availability and Growth Promotion of Sugarcane

by Phosphate Solubilizing Bacteria Under Greenhouse Condition for Biofertilizer Production

เพชรดา ปินใจ¹, จัตรภรณ์ ทองปนแก้ว^{1,2} และชนิดาภา ธนะศรีราษฎร์^{1,3}
Pechrada Pinjai¹, Chattraporn Tongponkaew^{1,2} and Chanidapa Thanasrirangkul^{1,3}

บทคัดย่อ

แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (PGPR) เป็นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่บริเวณรากพืช ซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชด้วยกลไกต่าง ๆ เช่น การตรึงไนโตรเจน การผลิตฮอร์โมนพืช การละลายฟอสเฟต และการผลิตซีเดอรินฟออร์ เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้สนใจศึกษาแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่คัดแยกจากดินบริเวณรากอ้อยในจังหวัดสระแก้ว เพื่อนำมาทดสอบการละลายฟอสเฟตในระดับห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือนก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในภาคสนาม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้นของเซลล์และพีเอชที่ต่างกันในการเลี้ยงเชื้อ และตรวจสอบผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าระดับความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้นที่ 10^8 CFU/ml ของแบคทีเรียเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการละลายฟอสเฟต แบคทีเรียสามารถละลายฟอสเฟตได้เท่ากับ 212.5-787.5 $\mu\text{g/ml}$ ที่ระดับ pH ในพิสัย 5-9 ขณะที่ไม่สามารถเจริญและละลายฟอสเฟตได้ที่สภาวะกรดจัดรุนแรง (pH 4.0) นอกจากนี้พบว่าแบคทีเรียตัวแทน 2 ไอโซเลต ได้แก่ *Kosakonia radicincitans* (PSB1) และ *Bacillus subtilis* (PSB2) ส่งผลเชิงบวกต่อการเจริญเติบโตของอ้อย โดยการใส่เชื้อเดี่ยว PSB1 ร่วมกับหินฟอสเฟตส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตในด้านของความสูง น้ำหนักสดลำ จำนวนลำ ความยาวปล้อง ความยาวลำ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำเพิ่มขึ้นแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม รวมทั้งความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น โดยการใส่เชื้อร่วมกันกับการเติมหินฟอสเฟตในภาพรวมให้ผลดีกับอ้อยมากที่สุด ดังนั้นแบคทีเรียตัวแทนทั้ง 2 ไอโซเลตนี้จึงน่าจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำไปทดสอบในสภาพไร่เพื่อตรวจสอบผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยในสภาพไร่ และพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: อ้อย แบคทีเรียละลายฟอสเฟต ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ การส่งเสริมการเจริญเติบโต

Abstract

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) are beneficial bacteria that facilitate plant root colonization and enhance plant growth by a wide variety of mechanisms. The mechanisms of plant growth promotion are nitrogen fixation, hormone production, phosphate solubilization, and siderophore production. This research was a study of plant-growth-promoting bacteria extracted from the rhizospheres of sugarcane growing soils in Sa Kaeo province. However, before applying these bacteria to the field, tests in laboratory and greenhouse had to be carried out. The purposes of this experiment were to optimize the capability of bacteria to solubilize phosphate in various cell density and pH culture conditions, and to investigate the effects of phosphate solubilizing bacteria on sugarcane growth. The laboratory results revealed that a bacterial cell density of 10^8 CFU/ml was fit for PS. The pH range of 5-9 was found to be the most suitable for PS (212.5-787.5 $\mu\text{g/ml}$) among most isolates, whereas the extremely acidic conditions of pH 4.0 resulted in no growth and PS of bacteria. In addition, the two selected isolates, PSB1 (*Kosakonia radicincitans*) and PSB2 (*Bacillus subtilis*), had positive effects on sugarcane growth. A single inoculation of PSB1 with rock phosphates, which raised soil available phosphorus, significantly increased sugarcane growth, which was measured as height, stalk weight, stalk numbers, total stalk length, inter-nodal length,

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพัทลุง อ. เมือง จ. พัทลุง 93000

² Phatthalung Agricultural Research and Development Center, Muang, Phatthalung 93000

³ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ National Research Council of Thailand, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: agrprj@ku.ac.th

and stalk diameter, compared to the control. The combination of the inoculation with rock phosphate generally produced good growth performance for sugarcane. Thus, the two isolates are the most suitable for further study in the field of sugarcane cultivation and for the development of bio-products in the future.

Keywords: sugarcane, phosphate solubilizing bacteria, available phosphorus, plant growth promoter

คำนำ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช ทั้งนี้ฟอสฟอรัสจะพบอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์และโครโมโซม เป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ ซึ่งมีส่วนสำคัญในกระบวนการหายใจสังเคราะห์แสง สังเคราะห์แป้ง โปรตีน และไขมัน ส่งผลให้ฟอสฟอรัสมีผลต่อกระบวนการงอกของราก การออกดอก การสร้างหัว และการสุกของผล (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากรองจากไนโตรเจน แต่จากการศึกษาพบว่าในดินมีฟอสฟอรัสอยู่ในระดับที่ต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟอสฟอรัสในดินอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งมักเป็นปัจจัยมาจากคุณสมบัติทางเคมีของดิน ตัวอย่างเช่น การตรึงของฟอสฟอรัสกับธาตุแคลเซียมในดินต่างเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งไม่ละลายน้ำ ทำให้พืชไม่สามารถนำธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้ (ปัทมา วิทยากร, 2533) โดยปกติในดินส่วนมากจะมีฟอสฟอรัสในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งมีฟอสฟอรัสทั้งในรูปที่ละลายยากหรือไม่ละลาย โดยพืชสามารถใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสได้ในรูปแอนไอออนของกรดออร์โทฟอสฟอริก (H_3PO_4) โดยเฉพาะในรูปของ HPO_4^{2-} (dibasic orthophosphate) หรือ $H_2PO_4^-$ (monobasic orthophosphate) แหล่งของฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่จะได้มาจากหินที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ เช่น แร่อะพาไทต์ปฐมภูมิ (primary apatite) และแร่ปฐมภูมิอื่น ๆ และการสลายตัวของสารอินทรีย์วัตถุในดินที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ การตรึงฟอสฟอรัสในดินขึ้นอยู่กับพีเอชและชนิดของดิน ในดินที่มีพีเอชเป็นกรดฟอสฟอรัสจะถูกตรึงด้วยออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม ในขณะที่ปฏิกิริยาในดินเป็นด่างฟอสฟอรัสจะถูกตรึงด้วยแคลเซียม ทำให้ประสิทธิภาพการละลายของฟอสฟอรัสต่ำ (Boden et al., 1980)

รายงานการวิจัยก่อนหน้านี้พบแบคทีเรียหลายชนิดสามารถย่อยสลายอนินทรีย์ฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ เช่น tricalcium phosphate, dicalcium phosphate, hydroxyapatite และหินฟอสเฟต (Goldstein, 1986) ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ เรียกแบคทีเรียกลุ่มนี้ว่าแบคทีเรียละลายฟอสเฟต (phosphate solubilizing bacteria, PSB) โดยพบว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถผลิตกรดอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ๆ จากกระบวนการเมแทบอลิซึม (organic acidic metabolites) หรือเอนไซม์ฟอสฟาเทส (phosphatases) เพื่อใช้ในการย่อยสลายฟอสเฟตในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำ แบคทีเรียดังกล่าว ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Serratia*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter* และ *Flavobacterium* เป็นต้น (Panwar et al., 2014) ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแบคทีเรียมีหลายปัจจัย เช่น แหล่งคาร์บอน/แหล่งไนโตรเจน ซึ่งมีผลต่อการผลิตเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Qureshi et al., 2010) โดยเฉพาะพีเอช (pH) ซึ่งพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญและละลายฟอสเฟตของแบคทีเรียมักอยู่ที่ระดับที่เป็นกลาง (pH 6.5-7) หรือกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) (Bajpai and Sundara, 1971) ดังนั้นจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตได้สูงมักจะเป็นผลจากค่าพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย ดังรายงานของ Reena et al. (2013) พบว่า แบคทีเรียและราสามารถผลิตกรดคาร์บอกซิลิกที่ละลายไตรแคลเซียมฟอสเฟต (TCP) ในอาหารเลี้ยงเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และความเป็นกรดที่วัดได้มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่า pH และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ละลายได้ ชี้ให้เห็นว่าการผลิตกรดอินทรีย์มีบทบาทสำคัญต่อความเป็นกรดของอาหารเลี้ยงเชื้อที่จะช่วยในการละลายฟอสเฟต หรือปัจจัยช่วงระยะเวลาการบ่มเชื้อซึ่งจะส่งผลต่อการผลิตกรดอินทรีย์ จากการศึกษาของ Stephen and Jisha (2011) พบว่า *Burkholderia* sp. (MTCC 8369) สามารถละลายฟอสฟอรัสได้สูงสุด (30.44 mg/100 ml) หลังจากการบ่มเชื้อในอาหาร Pikovskaya และ NBRIP เป็นเวลานาน 18 วัน และการละลายฟอสฟอรัสจะลดลงหลังจากนั้น เนื่องจากค่าพีเอชของอาหารเลี้ยงเชื้อจะเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลจากการใช้ฟอสฟอรัสและผลิตกรดอินทรีย์ในกระบวนการต่าง ๆ ของแบคทีเรีย (Tripura et al., 2007) ดังนั้นเมื่อพีเอชลดลงมากจนกระทบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก็จะกระทบต่อกระบวนการอื่น ๆ รวมทั้งความสามารถในการละลายฟอสเฟตด้วย นอกจากนี้ความสามารถในการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรียแล้วยังพบว่าแบคทีเรียเหล่านี้ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืชอีกด้วย โดยแบคทีเรียเหล่านี้มักพบในดินบริเวณรอบรากพืชเป็นส่วนใหญ่ นักวิจัยจึงสามารถคัดเลือกแบคทีเรียเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายด้าน โดยเฉพาะการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและการผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียและพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการละลายฟอสเฟตในสภาพห้องปฏิบัติการ รวมทั้งตรวจสอบผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตของอ้อยในสภาพเรือนทดลองด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเชื้อสำหรับการต่อยอดการผลิตปุ๋ยชีวภาพกับอ้อยต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

แบคทีเรียตัวแทนที่ใช้ในการศึกษา

คัดเลือกแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่คัดแยกได้จากดินบริเวณรอบรากอ้อยจากการวิจัยก่อนหน้านี้ (เพชรดา ปินใจ และคณะ, 2557) โดยคัดเลือกแบคทีเรียตัวแทนที่มีกิจกรรมการละลายฟอสเฟตในระดับสูง และมีกิจกรรมในการผลิตฮอร์โมนพืช (ออกซินและจิบเบอเรลลิน) จำนวน 4 ไอโซเลต คือ Tpk3-053, Ch1-021, Tpk4-083 และ Mki4-021 ดัง Table 1 ซึ่งระบุชนิดของแบคทีเรียได้เป็น *Kosakonia radicincitans*, *Bacillus subtilis* SKUAST1, *Bacillus subtilis* OTEB25 และ *Enterobacter* sp. ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลก่อนการทดลองแล้วว่าแบคทีเรียทุกไอโซเลตไม่เป็นเชื้อสาเหตุโรคคน สัตว์ และพืช จึงมีความปลอดภัยในการนำมาใช้ศึกษาได้

Table 1 Isolated of efficient high phosphate solubilizing bacteria and plant growth promoting.

No.	Isolates	Phosphate solubilizing (mg/l)	Plant hormones (mg/l)		Identified
			GA	IAA	
1	Tpk3-053	748.40	5.417	4.575	<i>Kosakonia radicincitans</i>
2	Ch1-021	480.03	6.500	4.252	<i>Bacillus subtilis</i> SKUAST1
3	Tpk4-083	729.36	4.333	4.377	<i>Bacillus subtilis</i> OTEB25
4	Mki4-010	447.37	8.000	4.350	<i>Enterobacter</i> sp.

การศึกษาสภาวะแวดล้อมของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อความสามารถในการละลายฟอสเฟต

ผลของระดับความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียต่อความสามารถในการละลายฟอสเฟต

ศึกษาระดับความเข้มข้นของเซลล์แบคทีเรียต่อความสามารถในการละลายฟอสเฟตโดยเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร nutrient broth (NB) เพื่อเป็นเซลล์ตั้งต้น จากนั้นย้ายไปเลี้ยงในอาหารเหลว NBRIP โดยปรับความเข้มข้นของเซลล์ให้อยู่ที่ 10^6 , 10^7 และ 10^8 CFU/ml นำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 24 ชม. นำมาวัดค่าการเจริญเติบโตด้วยการนับจำนวนด้วยวิธี spread plating บนอาหาร nutrient agar (NA) และวัดปริมาณฟอสเฟตที่ละลายได้ด้วยวิธี vanadomolybdophosphoric acid (Lim, 1991) โดยนำเซลล์แบคทีเรียมาปั่นเหวี่ยงเซลล์และนำส่วนใสไปเติม 1N HCl (1:1) และ vanadate-molybdate reagent (3.5:1) (Mehta and Nautiyal, 2001) ปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน

ผลของ pH อาหารเลี้ยงเชื้อต่อความสามารถในการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรีย

เตรียมเซลล์แบคทีเรียตั้งต้นในอาหารเหลว NB นำไปปั่นเหวี่ยง ล้างตะกอนเซลล์ด้วย NaCl 0.85% และปรับความเข้มข้นของเซลล์ให้เท่ากับ $0.6 \text{ (OD}_{600})$ นำเซลล์แบคทีเรียที่ได้ไปเลี้ยงในอาหาร NBRIP (National Botanical Research Institute's phosphate growth medium) ที่เติม $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (Nautiyal, 1999) ปรับสภาวะของอาหารให้อยู่ในช่วง pH เริ่มต้นที่ต้องการด้วย 1N HCl และ 1N NaOH (pH 4, 5, 6, 7, 8 และ 9) นำไปเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชม. เก็บตัวอย่างทุก ๆ 12 ชม. (Sarker et al., 2014) เพื่อนำมาวัดอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยวัดค่าความขุ่นเซลล์ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) และวัดปริมาณฟอสเฟตที่ละลายได้โดยวิธี vanadomolybdophosphoric acid (Lim, 1991)

ผลของการใส่แบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการละลายฟอสเฟตและการเจริญเติบโตของอ้อยภายใต้สภาวะโรงเรือน

นำแบคทีเรียละลายฟอสเฟต (PSB) ที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นตัวแทนในการศึกษาจำนวน 2 ไอโซเลต คือ Tpk3-053 (PSB1) และ Ch1-021 (PSB2) มาทดสอบการละลายฟอสเฟตในชุดดินที่พบริกภายใต้สภาวะโรงเรือน ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองมีความลึกไม่เกิน 30 ซม. เตรียมดินโดยนำตัวอย่างดินไปอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100°C นาน 5 ชม. จากนั้นนำดิน 120 กิโลกรัมมาใส่กระถาง (ถังขนาด 200 ลิตร) ตรวจสอบการปลดปล่อยของดินด้วยวิธีการ dilution and plate ก่อนการทดลองเพื่อตรวจสอบการปลดปล่อยจุลินทรีย์ของดินที่ใช้ในการทดลอง ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก เพื่อดำเนินการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ดัง Table 2

Table 2 Soil chemical analysis methods.

Chemical properties	Method	References
1. pH	pH meter (ratio of soil : water (1:1))	National Soil Survey Center (1996)
2. Electrical conductivity	Electrical conductivity bridge (ratio of soil : water (1:5))	National Soil Survey Center (1996)
3. Organic matter	Walkley and Black titration method	Nelson and Sommers (1996)
4. Total nitrogen	Kjeldahl method	Bremner and Mulvaney (1982)
5. Available phosphorous	Extracted by Bray II	Bray and Kurtz (1945)
6. Available potassium	Extracted by 1 M NH_4OAc (pH 7.0)	Pratt (1965)
7. Extractable bases	Extracted by 1 M NH_4OAc (pH 7.0)	Thomas (1982)
8. Cation exchange capacity	Extracted by 1 M NH_4OAc (pH 7.0)	Chapman (1965)

การเตรียมท่อนพันธุ์อ้อยและการปลูกเชื้อ

คัดเลือกท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีความสมบูรณ์ มีขนาดและจำนวนตาเท่ากัน นำท่อนพันธุ์มาตัดเป็นท่อนขนาด 5 นิ้ว โดยให้มีตาท่อนละ 1 ตา ใส่เชื้อที่ผิวท่อนพันธุ์ด้วยแอลกอฮอล์ 95% นาน 15 นาที ทิ้งให้แห้ง จากนั้นปลูกเชื้อที่ท่อนพันธุ์โดยนำท่อนพันธุ์ไปแช่ในภาชนะที่ใส่แบคทีเรียที่นำมาปลูกเชื้อนั้น ๆ โดยเตรียมเซลล์แบคทีเรียที่มีความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้นเท่ากับ 10^8 CFU/ml แช่ท่อนพันธุ์นาน 30 นาที หลังจากนั้นนำไปบ่มในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 30°C นาน 24 ชม. ก่อนนำไปลงกระถางตามดำรับการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 8 ดำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้

1. ดำรับการทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อ (ชุดควบคุม)
2. ดำรับการทดลองที่เติมเฉพาะหินฟอสเฟต (RP)
3. ดำรับการทดลองที่ปลูกเชื้อ PSB1
4. ดำรับการทดลองที่ปลูกเชื้อ PSB2
5. ดำรับการทดลองที่ปลูกเชื้อ 2 ไอโซเลต PSB1+PSB2
6. ดำรับการทดลองที่ปลูกเชื้อ PSB1 ร่วมกับการเติมหินฟอสเฟต
7. ดำรับการทดลองที่ปลูกเชื้อ PSB2 ร่วมกับการเติมหินฟอสเฟต
8. ดำรับการทดลองที่ปลูกเชื้อ 2 ไอโซเลต PSB1+PSB2 ร่วมกับการเติมหินฟอสเฟต

สำหรับดำรับการทดลองที่เติมหินฟอสเฟต ใส่หินฟอสเฟตปริมาณ 76.9 กรัมต่อกระถาง อัตรานี้คำนวณจากอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร จากนั้นใส่ท่อนพันธุ์ที่มีการปลูกเชื้อและไม่มีการปลูกเชื้อตามดำรับการทดลองดังกล่าว โดยวางท่อนพันธุ์ลึกไป 10 ซม. ทำการปลูกเชื้อตามดำรับการทดลองโดยการเทาดลงบนท่อนพันธุ์ปลอดเชื้อ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันไม่ให้ท่อนพันธุ์แห้งจนเกินไป หลังจากนั้นทำการกลบท่อนพันธุ์ด้วยดิน หลังจากนั้น 1 เดือน ปลูกเชื้อซ้ำตามดำรับการทดลองบริเวณรอบรากอ้อย (โคนต้นอ้อย) โดยใช้เซลล์แบคทีเรียความเข้มข้น 10^9 CFU/ml ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ผสมน้ำในอัตรา 1:10 ต่อกระถาง เพื่อให้ได้เซลล์แบคทีเรียความเข้มข้น 10^8 CFU/ml

ข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อย ตรวจวัดการเจริญเติบโตของอ้อยทุก ๆ หลังอ้อยงอก เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยวัดความสูง และการแตกกอ ชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของลำต้นและใบ วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorous) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี Vanado molybdenum blue method และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร (Bray and Kurtz, 1945)

สำหรับการอยู่รอดของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในดิน วัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตด้วยวิธี dilution and plate นำมาเพาะบนอาหารเลี้ยง NA ที่มีการเติมสารปฏิชีวนะ Chloramphenicol 500 ppb เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดิน บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 30°C นาน 24 ชม. และ 1 สัปดาห์ นับจำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตเพื่อวัดอัตราการอยู่รอดของแบคทีเรียที่ทำการปลูกเชื้อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ไม่มีการปลูกเชื้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบทางสถิติ โดยนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Tests)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาสภาวะแวดล้อมของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อความสามารถในการละลายฟอสเฟต

ระดับความเข้มข้นของเซลล์

ศึกษาระดับความเข้มข้นเซลล์เริ่มต้นที่ต่างกัน (10^6 , 10^7 และ 10^8 CFU/ml) ต่อความเหมาะสมในการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรีย Tpk3-053, Tpk4-083, Ch1-021 และ Mki4-010 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ NBRIIP พบว่าระดับความเข้มข้นเซลล์ที่ต่างกันมีผลทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่ละไอโซเลตต่างกัน และส่งผลต่อปริมาณการละลายฟอสเฟตที่ต่างกัน เมื่อบ่มเชื้อที่เวลา 120 ชม. ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับความเข้มข้นเซลล์ 10^8 CFU/ml ของไอโซเลต Tpk3-053 และ Ch1-021 มีแนวโน้มการละลายฟอสเฟตเพิ่มขึ้นและค่อย ๆ คงที่ เมื่อบ่มเชื้อครบ 72 และ 48 ชม. ตามลำดับ ส่วนไอโซเลต Mki4-010 และ Tpk4-083 มีแนวโน้มของการละลายฟอสเฟตลดลงตามระยะเวลาการบ่มเชื้อที่นานขึ้น สอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่ระบุว่าความเข้มข้นเซลล์เริ่มต้น 10^8 CFU/ml เหมาะสมต่อการใส่เชื้อแบคทีเรียบริเวณรากพืชทั้งในห้องปฏิบัติการ สภาพโรงเรือน และแปลงทดลอง (Sundara et al., 2002; Qureshi et al., 2012; Walpola and Yoon, 2013) เนื่องจากแบคทีเรียมีแนวโน้มในการรอดชีวิตสูงกว่าจากปริมาณเชื้อที่มีความเข้มข้นสูง จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียไอโซเลต Tpk3-053 ทุกระดับความเข้มข้นเซลล์มีการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่และมีจำนวนสูงกว่า $8.0 \log$ CFU/ml ที่ระดับความเข้มข้นเซลล์ 10^6 และ 10^7 CFU/ml มีการละลายฟอสเฟตเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มเชื้อ แต่การละลายฟอสเฟตไม่สม่ำเสมอ โดยละลายฟอสเฟตได้สูงสุดเท่ากับ $550 \mu\text{g/ml}$ ในขณะที่ความเข้มข้นเซลล์ 10^8 CFU/ml มีการละลายฟอสเฟตเพิ่มสูงขึ้นอย่างคงที่ตามระยะเวลาการบ่มเชื้อ โดยละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุดเท่ากับ $510 \mu\text{g/ml}$ ในขณะที่แบคทีเรียไอโซเลต Ch1-021 มีการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่มเชื้อในทุกระดับความเข้มข้นเซลล์ แต่มีแนวโน้มการละลายฟอสเฟตแตกต่างกันในแต่ละระดับความเข้มข้นเซลล์ โดยระดับความเข้มข้นเซลล์ที่ 10^6 และ 10^7 CFU/ml มีการละลายฟอสเฟตลดลงตามระยะเวลาการบ่มเชื้อ และที่ระดับความเข้มข้นเซลล์ 10^8 CFU/ml มีการเจริญเติบโตสูงสุดที่ $8.70 \log$ CFU/ml เมื่อบ่มเชื้อครบ 120 ชม. โดยมีแนวโน้มการละลายฟอสเฟตคงที่เมื่อบ่มเชื้อครบ 120 ชม.

สำหรับแบคทีเรียไอโซเลต Tpk4-083 ในระดับทุกระดับความเข้มข้นเซลล์จะมีการเจริญเติบโตที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ $8.0 \log$ CFU/ml แต่ค่อนข้างคงที่เมื่อบ่มเชื้อที่ระยะเวลา 120 ชม. และมีแนวโน้มของการละลายฟอสเฟตลดลงเมื่อบ่มเชื้อนานขึ้น โดยเมื่อบ่มเชื้อครบ 24 ชม. การละลายฟอสเฟตค่อนข้างสม่ำเสมอและลดลงอย่างช้า ๆ เช่นเดียวกับแบคทีเรียไอโซเลต Mki4-010 มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าหรือเท่ากับ $8.0 \log$ CFU/ml และคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่มเชื้อที่ 120 ชม. มีแนวโน้มการละลายฟอสเฟตลดลงทุกระดับความเข้มข้นเซลล์เมื่อบ่มเชื้อนานขึ้น

พีเอช

ทดสอบการละลายฟอสเฟตที่ระดับพีเอชต่างกัน (4, 5, 6, 7, 8 และ 9) โดยมีเซลล์แบคทีเรียเริ่มต้นเท่ากับ 10^8 CFU/ml ผลการทดลองพบระดับพีเอชต่างกันมีผลทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่ละไอโซเลตที่ต่างกันและส่งผลต่อประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟต กล่าวคือ แบคทีเรียทุกไอโซเลตสามารถเจริญได้ดีและมีความสามารถในการละลายฟอสเฟตที่พีเอชเป็นกรดจัดถึงด่างจัด (pH 5-9) ในขณะที่การบ่มเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีพีเอชเป็นกรดจัดรุนแรงมาก (pH 4) แบคทีเรียทุกไอโซเลตไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงไม่สามารถวัดการละลายฟอสเฟตที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของแบคทีเรียได้

จากกราฟจะเห็นว่าแบคทีเรียไอโซเลต Tpk3-053 สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงขึ้นตามระยะเวลามบ่มเชื้อที่นานขึ้นในทุกระดับพีเอชที่ทดสอบ โดยการละลายฟอสเฟตสูงที่สุดใน 48 ชม.แรก จากนั้นการละลายฟอสเฟตจะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เมื่อบ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี pH 5 เป็นเวลา 48 ชม. สามารถละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุดเท่ากับ $787.5 \mu\text{g/ml}$ หลังจากนั้นการละลายฟอสเฟตจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อบ่มครบ 72 ชม. ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อที่มี pH 7, 8 และ 9 ละลายฟอสเฟตได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่แบคทีเรียไอโซเลต Tpk4-083 ละลายฟอสเฟตได้สม่ำเสมอในทุกระดับ pH ที่ทำการทดสอบอยู่ในช่วง $212.5-525 \mu\text{g/ml}$ ซึ่งการบ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ pH 5-9 ในช่วง 24-72 ชม. แบคทีเรียจะละลายฟอสเฟตได้อย่างต่อเนื่อง และละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุดที่เวลา 36 ชม. อยู่ในช่วง $400-525 \mu\text{g/ml}$ โดยที่ระดับ pH 6 ละลายฟอสเฟตได้สูงกว่าระดับพีเอชอื่นที่ทดสอบ อย่างไรก็ตามความสามารถในการละลายฟอสเฟตจะมีแนวโน้มในการละลายฟอสเฟตลดลงเมื่อบ่มเชื้อนานขึ้น แม้ว่าอัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกระดับพีเอช สำหรับแบคทีเรียไอโซเลต Ch1-021 มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและความสามารถในการละลายฟอสเฟตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกระดับพีเอชที่ทำการทดสอบ เมื่อบ่มเชื้อเป็นเวลา 36 ชม. โดยละลายฟอสเฟตได้ในช่วง $500-637.5 \mu\text{g/ml}$ และที่ระดับ pH 9 จะละลายฟอสเฟตได้สูงที่สุด ในขณะที่แบคทีเรียไอโซเลต Mki4-010 สามารถละลายฟอสเฟตได้ในช่วง $212.5-612.5 \mu\text{g/ml}$ และการละลายจะค่อย ๆ ลดลง เช่นเดียวกับการเจริญเติบโต เมื่อมีการบ่มเชื้อนานขึ้น โดยการละลายเกิดได้สูงที่สุดที่เวลา 12 ชม. ในทุก ๆ ระดับพีเอชที่ทำการ

ทดสอบ และจะละลายได้ดีที่สุดที่ระดับ pH 9 เมื่อพิจารณาการเจริญของแบคทีเรียที่พีเอชต่างกันร่วมกับความสามารถในการละลายฟอสเฟตตลอดระยะเวลาการบ่มแล้ว จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียไคเลต Tpk3-053 และ Ch1-021 เป็นแบคทีเรียที่มีความเหมาะสมต่อการศึกษาในสภาพโรงเรือน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตและการเจริญเติบโตที่ค่อนข้างคงที่ในสภาวะและระยะเวลาที่ทดสอบ

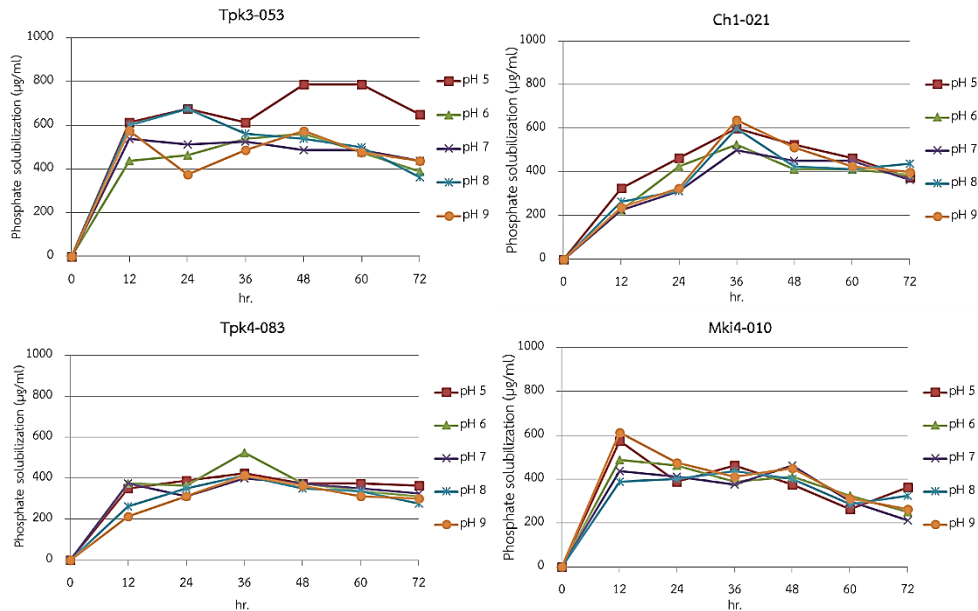


Figure 1 Effect of pH on efficiency of phosphorus solubilization.

ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อย

การทดสอบการนำแบคทีเรียละลายฟอสเฟตมาใช้กับอ้อยในชุดดินตัวแทน (ชุดดินทพพริก) คัดเลือกแบคทีเรียจำนวน 2 ไคเลต จากผลการศึกษาศาภาพแวดล้อม โดยการศึกษาเลือกใช้แบคทีเรีย Tpk3-053 (*Kosakonia radicincitans* (PSB1)) และ Ch1-010 (*Bacillus subtilis* SKUAST 1 (PSB2)) โดยชุดดินตัวแทนลักษณะของเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีพีเอชเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.8) สภาพการนำไฟฟ้าจัดอยู่ในช่วงที่ไม่เค็ม (0.25 dS/m) มีอินทรีย์วัตถุ (2.58%) และมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในระดับค่อนข้างสูง (42.50 cmole/kg) ส่วนปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในดินอยู่ที่ระดับต่ำ (1.23 g/kg) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (56.66 mg/kg) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (18.8 mg/kg) ซึ่งเป็นผลมาจากวัตถุดิบกำเนิดของชุดดินทพพริกเป็นหินดินดานและหินปูน และจะพบหินปูนที่กำลังสลายตัวตลอดหน้าตัดดินอยู่ในช่วงความลึก 100 ซม. จากผิวดิน ส่งผลให้พีเอชดินอยู่ในพิสัย 6.0-7.0 มีระดับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในระดับต่ำทำให้ชุดดินนี้ถูกจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง หลังจากทำการใส่เชื้อตามตำรับการทดลองข้างต้น ผลการทดลองพบความสูงของอ้อยที่อายุ 8 เดือน มีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่เชื้อ PSB จะมีความสูงมากกว่าตำรับควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อ (T1) อยู่ในช่วง 163.67-197.33 ซม. ซึ่งให้เห็นว่าการใส่เชื้อมีผลทำให้ความสูงของอ้อยเพิ่มขึ้น ในขณะที่การแตกกอและจำนวนลำของอ้อย ตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อ PSB1 (T3) มีจำนวนลำต่อกอที่เก็บเกี่ยวได้มากที่สุด รองลงมาคือ ตำรับที่ใส่เชื้อ PSB1 ร่วมกับเติมหินฟอสเฟต (T6) เท่ากับ 8.33 และ 7.33 ลำ/กอ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใส่เชื้อ PSB1 มีผลทำให้อ้อยมีการแตกกอเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับควบคุม

สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวลำอ้อย พบตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อ PSB มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำสูงกว่าตำรับการควบคุม โดยตำรับการทดลองที่เติมหินฟอสเฟตร่วมกับการใส่เชื้อ PSB1 ที่มีการเติมหินฟอสเฟต (T6) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่เติมหินฟอสเฟต (T3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวลำสูงที่สุด เท่ากับ 3.10 และ 176.57 ซม. ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าการเติมหินฟอสเฟตช่วยกระตุ้นกิจกรรมการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่นเดียวกับน้ำหนัสดของลำอ้อย เมื่ออ้อยอายุ 8 เดือน การเติมหินฟอสเฟตร่วมด้วยทำให้อ้อยมีน้ำหนัสดลำมากกว่าตำรับที่ไม่เติมหินฟอสเฟตและตำรับควบคุม ทั้งนี้พบการใส่เชื้อเดียว

PSB1 ร่วมกับหินฟอสเฟต (T6) ส่งผลให้อ้อยมีน้ำหนักสดลำเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่ไม่เติมหินฟอสเฟตและตำรับควบคุม โดยมีน้ำหนักสดลำเท่ากับ 3,607.63 กรัม รองลงมาคือตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อร่วม (T8) และตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อ PSB2 (T7) เท่ากับ 3,438.17 และ 3,354.93 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความยาวปล้องความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความสูงของอ้อย

Table 3 Effect of phosphate solubilizing bacteria on tiller no., no. of stem, no. of internode, inter-node length, stalk diameter, total stalk length, and stalk weight of 8 months old sugar cane.

Treatment	Height (cm)	Tiller no.	No. of stem	Inter-node length (cm)	Stalk Diameter (cm)	Total stalk length (cm)	Stalk weight (g)
T1 Control	151.00cd	8.67b	6.67	6.98ab	2.58c	121.83c	3,060.47bc
T2 RP	149.33d	12.00a	6.00	7.30ab	2.85b	115.00c	2,860.50c
T3 PSB1	163.67bcd	11.67a	8.33	7.34ab	2.90b	126.67c	3,024.70bc
T4 PSB2	174.67abc	9.67ab	5.00	7.75a	2.82b	150.17b	3,088.47bc
T5 PSB1+PSB2	180.67abc	9.67ab	6.67	6.54b	2.96ab	147.83b	3,039.37bc
T6 PSB1+RP	197.33a	8.30b	7.33	7.82a	3.10a	176.57a	3,607.63a
T7 PSB2+RP	163.67bcd	8.00b	5.67	6.55b	2.83b	139.67b	3,354.93ab
T8 PSB1+PSB2+RP	187.00ab	11.33a	6.33	7.81a	2.89b	148.33b	3,438.17ab
F-test	*	**	ns	*	**	**	**
CV (%)	10.09	13.34	12.86	7.61	3.60	4.91	7.41

Mean in the same column of each treatments by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

** = significant at 1%, * = significant at 5% level, ns = non-significant.

ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ทุกตำรับการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสูงสุดในเดือนที่ 4 ยกเว้นตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อ PSB1 (T6) ที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะลดลง หลังจากนั้นปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอ้อยจะดูดใช้ฟอสฟอรัสมากขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะแตกกอ ทั้งนี้ตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อเดี่ยว (PSB1 หรือ PSB2) รวมทั้งการใส่เชื้อร่วม (PSB1+PSB2) ที่มีการเติมหินฟอสเฟตมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับที่ไม่เติมหินฟอสเฟตและตำรับควบคุม แต่เมื่ออ้อยเจริญถึงเดือนที่ 8 กลับพบว่าการใส่เชื้อร่วม (PSB1+PSB2) ทั้งที่เติมหินฟอสเฟต (T8) และไม่เติมหินฟอสเฟต (T5) จะให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับการทดลองอื่น โดยการเติมหินฟอสเฟตยังคงมีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการเติมหินฟอสเฟตมีผลในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน และช่วยส่งเสริมการทำงานของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย โดยการใส่เชื้อร่วม PSB1 และ PSB2 มีศักยภาพในการละลายฟอสเฟตได้อย่างต่อเนื่องและลดลงในปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสที่สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่พบว่าการใส่เชื้อร่วมมีศักยภาพในการละลายฟอสเฟตสูงกว่าการใส่เชื้อเดี่ยว (Chen et al., 2006; Akhtar et al., 2013; Walpola and Yoon, 2013) ซึ่งการใส่เชื้อร่วมกันสามารถส่งเสริมการทำงานซึ่งกันและกัน ดังงานวิจัยของ Akhtar et al. (2013) ที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพของ *Rhizobium* และ *Bacillus* sp. ต่อการละลายฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของข้าวสาลี พบว่าการใส่เชื้อร่วมกันส่งผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังเก็บเกี่ยวสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังส่งผลเชิงบวกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสาลี เช่นเดียวกับ Walpola and Yoon (2013) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของ *Pantoea agglomerans* และ *Burkholderia anthina* ร่วมกับหินฟอสเฟต พบว่าการใส่เชื้อร่วมทำให้จำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับการเจริญเติบโตทั่วๆไปเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 4 Effects of phosphate solubilizing bacteria on available phosphorous in soil.

Treatment	Soil available P (mg/kg)			
	2	4	6	8
	(months)			
T1 Control	22.68c	25.51c	19.84c	17.81b
T2 RP	13.86d	14.44de	15.84d	17.89b
T3 PSB1	13.46d	20.03cd	15.13d	15.10b
T4 PSB2	9.59d	11.03e	11.73d	18.17b
T5 PSB1+PSB2	13.88d	15.70de	12.97d	19.63ab
T6 PSB1+RP	45.75a	40.94b	25.37b	14.02b
T7 PSB2+RP	39.31b	53.79a	34.44a	17.90b
T8 PSB1+PSB2+RP	43.20ab	53.22a	35.60a	23.63a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	9.84	11.48	10.64	16.49

Mean in the same column of each treatments by common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

** = significant at 1%.

การรอดชีวิตของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในดิน

แบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่ใส่ลงไปดินมีจำนวนลดลงจากเชื้อตั้งต้นที่ใส่ลงไป (10^8 CFU/g soil) โดยหลังจากใส่เชื้อไปนาน 4 เดือน แบคทีเรียละลายฟอสเฟตมีอัตราการรอดชีวิตลดลงราว 10^3 CFU/g soil ทั้งสำหรับที่มีการเติมหินฟอสเฟตและไม่เติมหินฟอสเฟต จากกราฟจะเห็นได้ว่าสำหรับที่มีการเติมหินฟอสเฟตจะช่วยทำให้แบคทีเรียมีอัตราการรอดสูงกว่าสำหรับที่ไม่มีการเติมหินฟอสเฟต โดยการใส่เชื้อ PSB1 จะมีแนวโน้มของแบคทีเรียที่รอดชีวิตมากกว่าการใส่เชื้อ PSB2 โดยการใส่เชื้อ PSB1 ทั้งที่มีการเติมหินฟอสเฟตและไม่เติมหินฟอสเฟตจะมีจำนวนแบคทีเรียรอดชีวิตมากที่สุดเท่ากับ 30.3×10^4 และ 30.1×10^4 CFU/g soil ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับสำหรับที่มีการใส่เชื้อร่วมกันสองไอโซเลต (PSB1+PSB2) จะพบว่าแบคทีเรียมีอัตราการรอดมากกว่าการใส่เชื้อ PSB2 เช่นกัน ซึ่งให้เห็นว่าการใส่เชื้อ PSB1 จะช่วยส่งเสริมการอยู่รอดของเชื้อ PSB2 ได้สูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีการเติมหินฟอสเฟตร่วมด้วย ในขณะที่การใส่เชื้อ PSB1 แม้จะส่งผลต่อการรอดชีวิตที่สูงที่สุด แต่จะเห็นได้ชัดว่าสำหรับที่มีการเติมหินฟอสเฟต ร่วมกับเชื้อ PSB1 ไม่ได้ช่วยเพิ่มอัตราการอยู่รอดของเชื้อ PSB1 ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสำหรับที่ไม่เติมหินฟอสเฟต อย่างไรก็ตามเมื่อใส่เชื้อนาน 8 เดือน จะเห็นได้ว่าทุกสำหรับการทดลองจะมีอัตราการรอดชีวิตของแบคทีเรียไม่แตกต่างกัน โดยแบคทีเรียละลายฟอสเฟตมีอัตราการรอดชีวิตลดลงเหลือราว 10^4 CFU/g soil ซึ่งให้เห็นว่าจำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือเมื่ออายุ 4 เดือน ทุกสำหรับการทดลองที่มีจำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตสูงจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่ออายุ 8 เดือน พบจำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yadav et al. (2011) กล่าวว่า การเติมหินฟอสเฟตทำให้จำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกัน เช่นเดียวกับ Walpolo and Yoon (2013) ศึกษาผลของแบคทีเรีย PSB ต่อการเจริญเติบโตของถั่วเขียวในห้องปฏิบัติการ พบว่าจำนวนแบคทีเรียละลายฟอสเฟตเพิ่มขึ้นทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้นเพื่อให้การใส่เชื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้นควรมีการใส่เชื้อซ้ำโดยการฉีดพ่นก่อนอายุเข้าสู่ระยะแตกกอเนื่องจากอายุจะมีความสูงมากขึ้นไปทำให้ยากต่อการฉีดพ่นเชื้อ

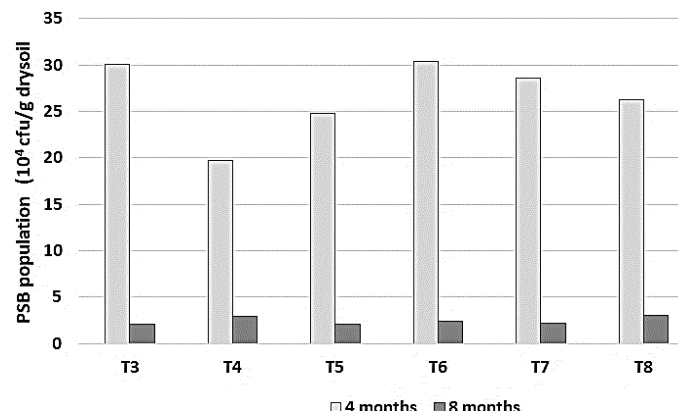


Figure 2 Number of phosphate solubilizing bacteria in soil (4 and 8 months).

สรุปผลการศึกษา

แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชคัดเลือกได้จากดินบริเวณรอบรากอ้อยเป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งละลายฟอสเฟตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระดับพีเอชเป็นกรดจัดมากจนถึงด่างจัด (pH 5-9) ในขณะที่สภาวะเป็นกรดจัดรุนแรง (pH 4.0) แบคทีเรียไม่สามารถเจริญและละลายฟอสเฟตได้ โดยจำนวนเซลล์เริ่มต้นที่ 10^8 CFU/ml มีความเหมาะสมต่อการละลายฟอสเฟตสูงที่สุด เมื่อนำแบคทีเรียตัวแทนมาศึกษาต่อในสภาพโรงเรือน พบการใส่แบคทีเรียละลายฟอสเฟต PSB1 ร่วมกับหินฟอสเฟต สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการใส่เชื้อ ทั้งความสูง ความยาวปล้อง ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และน้ำหนักสดของต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งการเติมหินฟอสเฟตร่วมกับการใส่เชื้อมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินและการเจริญเติบโตของอ้อยมากกว่าการไม่ใส่หินฟอสเฟต และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการใส่เชื้อเดี่ยวและการใส่เชื้อร่วม พบว่าการใส่เชื้อ PSB1 ร่วมกับการเติมหินฟอสเฟต จะให้น้ำหนักอ้อยสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ปีงบประมาณ 2558 และขอขอบคุณโรงงานอ้อยและน้ำตาลตะวันออก (มหาชน) จำกัด อ. วัฒนานคร จ. สระแก้ว ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่ในการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปัทมา วิทยากร. 2533. *ดิน: แหล่งธาตุอาหารของพืช*. ขอนแก่น: ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เพชรดา ปินใจ, เสาวนุช ถาวรพุกษ์ และณัฐพล จิตมาตย์. 2557. การศึกษาแนวทางการใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อยเพื่อการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์. ใน *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (โครงการย่อยที่ 2) ภายใต้แผนงานวิจัยการพัฒนาด้านคุณภาพและผลผลิตของดินเพื่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกของประเทศไทย*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- Akhtar, N. I., Arshad, M. A., Shakir, M. A., Qureshi, J., Sehrish, J., and Ali, L. 2013. Co-inoculation with *Rhizobium* and *Bacillus* sp. to improve the phosphorus availability and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences* 23: 190-197.
- Bajpai, P. D., and Sundara, R. W. V. B. 1971. Phosphate solubilizing bacteria. Solubilization of phosphate in liquid culture by selected bacteria as affected by different pH values. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 17: 41-43.
- Boden, G., Master, R. W., Rezvani, I., Palmer, J. P., Lobe, T. E., and Owen, O. E. 1980. Glucagon deficiency and hyperaminoacidemia after total pancreatectomy. *The Journal of Clinical Investigation* 65: 706-716.
- Bray, R. H., and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Bremner, J. M., and Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen-Total. In *Methods of Soil Analysis, Part 2. 2nd ed., Agronomy Monograph No. 9*, A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds. pp. 295-324. Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Chapman, H. 1965. Cation exchange capacity. In *Methods of Soil Analysis*, C. A. Black, ed. pp. 891-901. Madison, WI: American Society of Agronomy.

- Chen, Y. P., Rekha, P. D., Arun, A. B., Shen, F. T., Lai, W. A., and Young, C. C. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology* 34: 33-41.
- Goldstein, A. H. 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *American Journal of Alternative Agriculture* 1: 51-57.
- Lim, S. 1991. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.: American Public Health Association.
- Metha, S., and Nautiyal, C. S. 2001. An efficient method for qualitative screening of phosphate solubilizing bacteria. *Current Microbiology* 43: 51-56.
- National Soil Survey Center. 1996. *Soil survey laboratory methods manual, Soil survey investigations report No.42, version 3.0*. Lincoln, NE: Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. U.S. Government Printing Office.
- Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science of America and American Society of Agronomy*, C. A. Black, ed. pp. 961-1010. Madison, WI: Soil Science Society of America.
- Panwar, M., Tewari, R., and Nayyar, H. 2014. Microbial consortium of plant growth-promoting rhizobacteria improves the performance of plants growing in stressed soils: an overview. In *Phosphate Solubilizing Microorganisms*, M. S. Khan, A. Zaidi, J. Musarrat, eds. pp. 257-285. Switzerland: Springer International Publishing.
- Pratt, P. F. 1965. Potassium. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, C. A. Black, ed. pp. 1023-1031. Madison, WI : American Society of Agronomy.
- Qureshi, A. S., Dahot, U., and Panhwar, S. I. 2010. Biosynthesis of alkaline phosphatase by *Escherichia coli*. Efr 13 in submerged fermentation. *World Applied Sciences Journal* 8: 50-56.
- Qureshi, M. A., Lqbal, A., Akhtar, N., Shakir, M. A., and Khan, A. 2012. Co-inoculation of phosphate solubilizing bacteria and rhizobia in the presence of L-tryptophan for the promotion of mash bean (*Vigna mungo* L.). *The Journal Soil & Environment* 31: 47-54.
- Reena, D. T., Deepthi, H., Pravitha, M. S., and Lecturer, D. 2013. Isolation of phosphate solubilizing bacteria and fungi from rhizospheres soil from banana plants and its effect on the growth of *Amaranthus cruentus* L. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 5: 6-11.
- Stephen, J., and Jisha, M. S. 2011. Gluconic acid production as the principal mechanism of mineral phosphate solubilization by *Burkholderia* sp. (MTCC 8369). *Journal of Tropical Agriculture* 49: 99-103.
- Sundara, B., Natarajan, V., and Hari, K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yield. *Field Crop Research* 77: 43-49.
- Tripura, C., Sashidhar, B., and Podile, A. R. 2007. Ethyl methanesulfonate mutagenesis-enhanced mineral phosphate solubilization by groundnut-associated *Serratia marcescens* GPS-5. *Current Microbiology* 54: 79-84.
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cations. In *Methods of Soil Analysis, Part 2. 2nd ed., Agronomy Monograph No. 9*, A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney, eds. pp. 159-165. Madison, WI.: American Society of Agronomy.
- Walpola, B. C., and Yoon, M. H. 2013. Phosphate solubilizing bacteria: Assessment of their effect on growth promotion and phosphorous uptake of mung bean (*Vigna radiata* [L.] R. Wilczek). *Chilean Journal of Agricultural Research* 73: 275-281.
- Yadav, S., Kaushik, R., Saxena, A. K., and Arora, D. K. 2011. Diversity and phylogeny of plant growth promoting bacilli from moderately acidic soil. *Journal of Basic Microbiology* 51: 98-106.

วันรับบทความ (Received date) : 4 ก.ย. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 13 พ.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 6 มิ.ย. 63

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร

ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร

Factors Correlated with the Need for Skills Development of Agricultural Promotions Scholars

Who Work for the Department of Agricultural Promotions

วรรณรีย์ คนขยัน¹ สมชัย อุนสนธิพรเพ็ญ² และธานินทร์ คงศิลา³Wannaree Konkhayun¹, Somchai Anusontpornperm² and Tanin Kongsila³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยส่วนบุคคลของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร 2) ความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร และ 3) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร กลุ่มตัวอย่าง คือ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สังกัดกรมส่งเสริมการเกษตร จำนวน 368 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถาม ผลการวิจัย พบว่า 1) นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ส่วนมากเป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.1 อายุ 30-39 ปี ร้อยละ 48.9 ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร 6-10 ปี ร้อยละ 34.8 และมีภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตรที่รับผิดชอบ ด้านงานกลุ่มส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร ร้อยละ 38.3 2) ความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร พบว่า มีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม ด้านการถ่ายทอด และด้านกิจกรรมสัมพันธ์ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) เพศ อายุ ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร และภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตรในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ทักษะการส่งเสริมการเกษตร

Abstract

The purposes of this research were to study 1) the personal characteristics of agricultural promotions scholars, 2) the need for skills development in the area of agricultural promotions, and 3) factors related to the need for skills development in agricultural promotions. The sample group were 368 agricultural promotions scholars who were associated with the Department of Agricultural Promotions. The instrument used in the research was a questionnaire. The results showed that: 1) 54.1% of the scholars were female, 48.9% of them were of age 30-39, 34.8% had agricultural experience of 6-8 years, and 38.3% were responsible for agricultural promotions / farmer institutional groups, 2) with regard to the need for skills development in agricultural promotions, there is a need for improvement in the areas of communication skills, use of information technology, production of media materials, knowledge transfer and human relationships and the overall need is at the highest level, and 3) gender, age, experience in agricultural promotion and responsibilities in agricultural promotional work correlated with the need to develop skills in agricultural promotion in all aspects with statistical significance at the level of 0.01.

Keywords: agricultural promotions scholar, skills in agricultural promotion

¹ สาขาวิชาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

³ ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³ Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: agrtnk@ku.ac.th

คำนำ

การพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ ความสามารถมุ่งสู่ความเป็นเลิศขององค์กร จะช่วยให้องค์กรมีศักยภาพมากขึ้น การศึกษามาตรฐานการฝึกอบรมบุคลากรกรมส่งเสริมการเกษตร จึงเป็นประโยชน์ต่อกรมส่งเสริมการเกษตรในด้านการพัฒนาบุคลากรทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค เพื่อให้เป็นข้าราชการที่มีศักยภาพและสมรรถนะในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ, 2551) กรมส่งเสริมการเกษตรเป็นองค์กรที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้น การดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายขององค์กรต้องอาศัยบุคลากรทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคที่มีความรู้ ความสามารถที่ตรงกับสายงาน ตำแหน่ง และความรอบรู้ในทักษะวิชาการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ขับเคลื่อนงานให้บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์ส่งเสริมการเกษตร ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) และแผนปฏิบัติงานระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2560-2564) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) โดยในยุทธศาสตร์ที่ 5 เป็นยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบุคลากรของกรมส่งเสริมการเกษตร โดยมุ่งเน้นในเรื่องการพัฒนาบุคลากรให้เป็น smart officer โดยมีสำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี หน่วยงานภายใน กรมส่งเสริมการเกษตรซึ่งรับผิดชอบการศึกษา วิเคราะห์ และวางแผนการพัฒนาทรัพยากรบุคคล พัฒนาระบบ วิธีการ และ ดำเนินการพัฒนาทรัพยากรบุคคล (สำนักงานการถ่ายทอดเทคโนโลยี, 2561) แนวทางการส่งเสริมการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรข้างต้นจำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเพื่อการปฏิบัติงานให้บรรลุตามเป้าประสงค์ ซึ่งพันจิตต์ สีเหนียง และคณะ (2557) กล่าวว่า ระบบส่งเสริมการเกษตรมีหน้าที่โดยตรงต่อการพัฒนาความเข้มแข็งของเกษตรกรดังกล่าว เพื่อพัฒนาเกษตรกรไทยให้มีศักยภาพในการคิดวางแผน การพัฒนาระบบการผลิต และการจัดการผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยองค์กรส่งเสริมการเกษตรในภาครัฐมักมีโครงสร้างการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางด้านเทคนิค ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการบริหาร การควบคุม การศึกษา และงานให้คำปรึกษาโดยอยู่ภายในหน่วยงานทางเทคนิค ขณะที่ Birner et al. (2006) ได้กล่าวไว้ว่า ไม่มีรูปแบบที่เหมาะสมหรือดีที่สุดสำหรับการให้บริการตามความต้องการ จุดประสงค์ และเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงในการส่งเสริมการเกษตร ทางเลือกที่ดีที่สุดของวิธีการส่งเสริมการเกษตรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ ความสามารถของผู้ให้บริการที่มีศักยภาพ เสน่ห์ จัยโต (2554) กล่าวว่า การบริหารบุคลากรควรมีการวางแผน กำหนดแนวทาง กระบวนการวางแผน และจัดการฝึกอบรม เพื่อพัฒนาทรัพยากรบุคคลในองค์กรไว้อย่างชัดเจน โดยมีการนำแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาศึกษา และปรับใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ขณะที่ กนกวรรณ สิทธิพงษ์พานิช (2551) กล่าวว่า การพัฒนาบุคลากรขึ้นอยู่กับประเภทของความจำเป็นในการฝึกอบรม ประโยชน์ในการหาความจำเป็นในการฝึกอบรม วิธีการหาความจำเป็นในการฝึกอบรม และขั้นตอนในการหาความจำเป็นในการฝึกอบรม การจัดฝึกอบรมต้องจัดให้ถูกต้อง มีขั้นตอนครบถ้วน และความจำเป็นในการจัดฝึกอบรม ทำให้ทราบว่ามีความสำคัญมากแค่ไหน เพื่อที่จะได้พัฒนานักวิชาการส่งเสริมการเกษตรให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่มีประสิทธิภาพและเสริมสร้างสมรรถนะของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตรต่อไป นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรถือเป็นส่วนสำคัญในการนำเทคโนโลยีการเกษตรไปถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรเป้าหมาย จึงมีความจำเป็นต้องมีองค์ความรู้และต้องรู้จักพัฒนาทักษะของตนเอง หรือดำเนินการค้นคว้าหรือทำการวิจัยในงานส่งเสริมการเกษตร เพื่อนำความรู้ไปประยุกต์ใช้หรือเพื่อแก้ไขปัญหา จำเป็นต้องเริ่มจากต้องมีความรู้พื้นฐานในงานส่งเสริมการเกษตร หรือมีความเข้าใจในการใช้สื่อประเภทต่าง ๆ อย่างเหมาะสม เพื่อถ่ายทอดความรู้ไปสู่เกษตรกรได้อย่างเข้าใจ ดังนั้น เพื่อให้การพัฒนาบุคลากรโดยเฉพาะในกรณีของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปสู่การช่วยเหลือเกษตรกรให้เกิดการพัฒนาด้านการเกษตรของประเทศไทยอย่างยั่งยืน การศึกษานี้จึงดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนพัฒนานักวิชาการส่งเสริมการเกษตรของกรมส่งเสริมการเกษตรให้มีความรู้ความสามารถเพิ่มขึ้น

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ คือ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สังกัดกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวน 4,570 คน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ผู้วิจัยคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (สุรินทร์ นิยมานกูร, 2556) และเนื่องจากการสุ่มตัวอย่างในที่นี้กำหนดให้มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 จึงได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 368 คน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยดำเนินการส่งแบบสอบถามไปยังนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร สังกัดกรมส่งเสริมการเกษตรทั้งหมดในรูปแบบอีเมล และได้แบบสอบถามที่ครบถ้วนสมบูรณ์สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้จำนวน 368 ฉบับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) ปัจจัยส่วนบุคคลของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร และ 2) ความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม ด้านการถ่ายทอด และด้านกิจกรรมสัมพันธ์ นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรง (validity) ของเครื่องมือและปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try out) จำนวน 30 ชุด เพื่อทดสอบความเชื่อมั่น (reliability) ได้ค่า Cronbach's alpha เท่ากับ 0.92 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลในการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ด้านงานส่งเสริมการแปรรูปทางการเกษตร และด้านการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน วัดระดับความต้องการแบบสเกล อันตรภาคชั้น ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้มาตรวัดแบบการจัดแบ่งระดับชั้น (rating scale) ด้วยวิธีการสร้างสเกลแบบ Likert scale (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556) โดยกำหนดค่าคะแนนความต้องการ 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ คำนวณช่วงกว้างระหว่างชั้น จากสูตร

$$\begin{aligned}\text{อันตรภาคชั้น} &= \text{พิสัย/จำนวนชั้น} \\ &= (\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})/\text{จำนวนชั้น} \\ &= (5 - 1)/5 \\ &= 0.80\end{aligned}$$

ดังนั้น เกณฑ์การสุรระดับความต้องการรายข้อของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่เป็นกลุ่มตัวอย่างคือ

คะแนนเฉลี่ย	ความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร
1.00-1.80	ความต้องการน้อยที่สุด
1.81-2.60	ความต้องการน้อย
2.61-3.40	ความต้องการปานกลาง
3.41-4.20	ความต้องการมาก
4.21-5.00	ความต้องการมากที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความสัมพันธ์โดยใช้ Chi-square ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยส่วนบุคคลของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรส่วนมากเป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.1 รองลงมา คือ เพศชาย ร้อยละ 45.9 มีอายุ 30-39 ปี ร้อยละ 48.9 รองลงมา คือ 40-49 ปี ร้อยละ 34.2 50-59 ปี ร้อยละ 15.8 และ 20-29 ปี ร้อยละ 1.1 ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร 6-10 ปี ร้อยละ 34.8 รองลงมา คือ 1-5 ปี ร้อยละ 27.2 11-15 ปี ร้อยละ 25.5 มากกว่า 20 ปี ร้อยละ 6.6 และ 16-20 ปี ร้อยละ 5.7 ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตรที่รับผิดชอบ ด้านงานกลุ่มส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร ร้อยละ 38.3 รองลงมา คือ ด้านงานส่งเสริมพืชไร่ ร้อยละ 26.9 และด้านงานส่งเสริมข้าว ร้อยละ 16.6 (Table 1)

จากข้อมูลส่วนบุคคลของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร มีการเปิดรับในสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ซึ่งไม่เฉพาะเจาะจงทางส่งเสริมการเกษตร จึงส่งผลให้บางรายมีความเชี่ยวชาญในด้านพืชหรือด้านสัตว์และไม่ได้จบทางส่งเสริมการเกษตรโดยตรง สำหรับสาขาวิชาที่จบการศึกษาซึ่งค่อนข้างตรงกับงานของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรจำเป็นต้องมีพื้นฐานทางด้านการเกษตรที่ดี เมื่อพิจารณาจากภารกิจ/หน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตรที่รับผิดชอบ พบว่าส่วนใหญ่รับผิดชอบงานส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร และงานส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนซึ่งเป็นลักษณะงานที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับชนิดพืชปลูกของเกษตรกรไทย ขณะที่ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก แต่กลับมีเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรที่รับผิดชอบภารกิจงานส่งเสริมข้าวเพียงร้อยละ 16.6

Table 1 Frequency and percentage of personal factors of agricultural extensionists.

Personal factors of agricultural extensionists	Frequency	Percentage
Gender		
Male	169	45.9
Female	199	54.1
Age		
20-29 years	4	1.1
30-39 years	180	48.9
40-49 years	126	34.2
50-59 years	58	15.8
Experience in agricultural extension		
1-5 years	100	27.2
6-10 years	128	34.8
11-15 years	94	25.5
16-20 years	21	5.7
More 20 years	25	6.8
Mission or duty in agricultural extension work		
Agronomy extension work	99	26.9
Rice extension work	61	16.6
Horticulture extension work	29	7.9
Vegetable production extension work	14	3.8
Community enterprise extension work	24	6.5
Farmer group extension work	141	38.3

ความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร (Table 2) ภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.25) โดยมีความต้องการรายข้อ ทุกข้อมีความต้องการในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ดังนี้ ทักษะการสื่อสารในรูปแบบการเขียน เช่น ข่าว บทความ และสารคดี (ค่าเฉลี่ย 4.36) การแสดงออกด้านบุคลิกภาพ เช่น การแต่งกาย การใช้ภาษา ท่าทาง (ค่าเฉลี่ย 4.30) การจับประเด็นสำคัญของเรื่องหรือสารที่รับฟัง (ค่าเฉลี่ย 4.28) การเลือกใช้รูปแบบและวิธีการสื่อสารที่เหมาะสม (ค่าเฉลี่ย 4.28) การรับรู้และเข้าใจประสิทธิภาพของช่องทางการสื่อสารแต่ละประเภท (ค่าเฉลี่ย 4.24) การจัดลำดับเรียบเรียงความสำคัญของเนื้อหาได้อย่างเป็นระบบ (ค่าเฉลี่ย 4.23) การประเมินลักษณะ/ความสามารถของผู้รับสาร (ค่าเฉลี่ย 4.22) การตีความ เข้าใจเนื้อหาของสารที่ต้องการสื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.22) ความมั่นใจและความกล้าแสดงออก สามารถพูดในที่สาธารณะ/ชุมชนได้ (ค่าเฉลี่ย 4.21) และการศึกษาความรู้ ทักษะ ความสามารถของผู้รับสาร (ค่าเฉลี่ย 4.21) ซึ่งทักษะด้านการสื่อสารมีความสำคัญต่อนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เพราะต้องติดต่อสื่อสารกับเกษตรกร หรือบุคคลทั่วไปเป็นประจำจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา

Table 2 Need for skills development in agricultural extension; communication skills.

Communication skills	$\bar{x}$	SD	Level
1. To catch an important issue of the story or information received	4.28	0.770	Very High
2. Perception and understanding of the effectiveness of each type of communication channel	4.24	0.759	Very High
3. Selecting suitable way to communication and methods	4.28	0.742	Very High

Table 2 (continued).

Communication skills	$\bar{x}$	SD	Level
4. Study of knowledge, attitude, and ability of the audience	4.21	0.776	Very High
5. Evaluation of the character / ability of the receiver	4.22	0.796	Very High
6. Systematic ordering of important content	4.23	0.787	Very High
7. Communication skills in writing such as news, articles, and non-fiction	4.36	0.717	Very High
8. Interpret and understand the content of information	4.22	0.790	Very High
9. Personality expression such as dress, language, and gesture	4.30	0.761	Very High
10. Confidence and assertiveness, can speak in public / community	4.21	0.809	Very High
Total	4.25	0.698	Very High

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (Table 3) ภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.25) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า นักส่งเสริมมีความต้องการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ดังนี้ การเผยแพร่สารสนเทศผ่านเว็บบล็อก/เว็บไซต์ การเผยแพร่คลิปวิดีโอผ่านยูทูป (ค่าเฉลี่ย 4.30) การนำเสนอผลงานผ่านเครือข่าย การเผยแพร่ แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร (ค่าเฉลี่ย 4.30) การจัดเก็บข้อความ การจัดเก็บภาพ การจัดเก็บภาพและเสียง การจัดเก็บหน้าเว็บไซต์ทั้งหน้า และอื่น ๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานตามเวลา (ค่าเฉลี่ย 4.26) และการใช้ social media เพื่อการติดต่อสื่อสาร (ค่าเฉลี่ย 4.21) ส่วนการใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูล มีความต้องการอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.17) ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทอย่างมากในการทำงาน การสื่อสารที่รวดเร็วและถูกต้องจะทำให้การทำงานกับเกษตรกรประสบความสำเร็จ

Table 3 Need for skills development in agricultural extension; information technology skills.

Information technology skills	$\bar{x}$	SD	Level
1. Using the internet to search for information	4.17	0.797	High
2. Using social media for communication	4.21	0.807	Very High
3. Message storage, image storage, audio and video storage, storing entire website pages and more so that they can be used on time	4.26	0.819	Very High
4. Presentations through the information dissemination network	4.30	0.796	Very High
5. Dissemination of information via blog / website broadcasting video clips via YouTube	4.30	0.811	Very High
Total	4.25	0.70	Very High

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม (Table 4) ภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.26) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาด้านการผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ดังนี้ ความเข้าใจในประเด็นของเรื่องราวที่น่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย 4.31) การใช้โปรแกรมผลิตสื่อ เช่น Photoshop / Illustrator / InDesign / Premiere Pro (ค่าเฉลี่ย 4.28) การวางเค้าโครงร่างสื่อได้อย่างน่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย 4.28) ความสามารถในการสร้างจุดเด่นให้สื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.27) ความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอสื่อ (ค่าเฉลี่ย 4.27) การเลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย 4.27) และความสามารถในการลำดับและตัดต่อภาพ (ค่าเฉลี่ย 4.22) ส่วนการใช้โปรแกรมผลิตสื่อพื้นฐาน เช่น PowerPoint / Movie Maker มีความต้องการในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.20)

Table 4 Need for skills development in agricultural extension; media production for promotion skills.

Media production skills	$\bar{x}$	SD	Level
1. PowerPoint / Movie Maker using basic media production programs such as PowerPoint / Movie Maker	4.20	0.838	High
2. Using media production programs such as Photoshop / Illustrator / InDesign / Premiere Pro	4.28	0.860	Very High
3. Understanding of the issues in the story presented	4.31	0.804	Very High
4. Ability to order and edit images	4.22	0.831	Very High
5. The ability to create media highlights	4.27	0.835	Very High
6. Choosing the right media for the content	4.27	0.820	Very High
7. Creativity in media presentations	4.27	0.827	Very High
8. Interesting media layouts	4.28	0.822	Very High
Total	4.26	0.772	Very High

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการถ่ายทอด (Table 5) ภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.29) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาด้านการถ่ายทอด ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ดังนี้ การนำเสนอเนื้อหาโดยใช้ภาษาพูดที่เข้าใจง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.31) กระบวนการตอบข้อซักถามและการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ (ค่าเฉลี่ย 4.30) การจัดลำดับของสารที่ถ่ายทอดให้มีความเข้าใจง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.30) การนำเสนอเนื้อหาโดยการเขียนได้ (ค่าเฉลี่ย 4.27) และการกำหนดเนื้อหาของสารที่ถ่ายทอดได้น่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย 4.27) ทักษะการถ่ายทอดนั้นมีความสำคัญสำหรับนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เพราะจะต้องเป็นผู้นำสารเพื่อไปส่งต่อให้กับเกษตรกร ชุมชน และสังคม ดังนั้น การถ่ายทอดหรือการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นจัดได้ว่าเป็นลักษณะหนึ่งของการสื่อสาร ใช้การสื่อสารเป็นเครื่องมือทำงานที่สำคัญ องค์ประกอบหลักของการถ่ายทอดเทคโนโลยีจึงเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับการสื่อสาร ได้แก่ ผู้ส่ง ผู้รับ เนื้อหา (สาร) และช่องทาง (วิธีการ) โดยการถ่ายทอดนั้นจะดำเนินการภายใต้เป้าหมายที่ชัดเจนเพื่อตอบสนองความต้องการของบุคคลเป้าหมาย โดยใช้การถ่ายทอดที่เหมาะสม (appropriate technology) ซึ่งบุคคลเป้าหมายได้รับการถ่ายทอดไปแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการประกอบอาชีพหรือการดำรงชีวิตได้อย่างแท้จริง ดังนั้น นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรจึงมีความต้องการพัฒนาอยู่ในระดับมากที่สุด

Table 5 Need for skills development in agricultural extension; knowledge transfer skill.

Knowledge transfer skills	$\bar{x}$	SD	Level
1. Defining interesting content that can be conveyed	4.27	0.743	Very High
2. Grading of knowledge that is transferred to be easy to understand	4.30	0.751	Very High
3. Content presentation by using language that is easy to understand	4.31	0.768	Very High
4. Content presentation by writing well	4.27	0.769	Very High
5. The process for answering questions and solving problems immediately	4.30	0.762	Very High
Total	4.29	0.732	Very High

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านกิจกรรมสัมพันธ์ (Table 6) ภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.24) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาด้านกิจกรรมสัมพันธ์ ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ดังนี้ การดึงดูดใจผู้รับสาร (ค่าเฉลี่ย 4.27) การเป็นตัวกลางเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ กับเกษตรกร (ค่าเฉลี่ย 4.25) การสร้างความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกันในกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย 4.24) การสร้างสรรคกิจกรรมที่น่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย 4.21) และการกระตุ้นความสนใจผู้รับสาร (ค่าเฉลี่ย 4.21) การส่งเสริมการเกษตร นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรจะต้องทำการเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างเกษตรกรกับแหล่งวิทยาการเพื่อที่จะกระจายความรู้ใหม่ ๆ

และหลักการที่ดีไปสู่เกษตรกร และทำให้เกษตรกรเหล่านี้ได้นำวิทยาการแผนใหม่ไปใช้ และจะต้องเป็นผู้ที่มีมนุษยสัมพันธ์ดี ขอบงานที่ให้บริการแก่ประชาชน เป็นผู้ที่จะกระตุ้นให้เกษตรกรรู้จักปัญหา และแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง หรือโดยการทำงานเป็นกลุ่ม ดังนั้น การมีทักษะกิจกรรมสัมพันธ์จะช่วยให้เข้ากับเกษตรกร และสภาพแวดล้อมการทำงานแต่ละบริบทได้ดี

Table 6 Need for skills development in agricultural extension; activity relationship skill.

Activity relationship skill	$\bar{x}$	SD	Level
1. Attracting the audience	4.27	0.776	Very High
2. Creating solidarity in groups	4.24	0.753	Very High
3. Stimulating interest in the audience	4.21	0.766	Very High
4. Creating interesting activities	4.21	0.752	Very High
5. Being an intermediary connecting the relationship between various organizations and farmers.	4.25	0.763	Very High
Total	4.24	0.725	Very High

ความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร

เพศ มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยพบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรเพศชาย มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 40.8 ส่วนเพศหญิง มีความต้องการในการพัฒนาระดับมากที่สุด ร้อยละ 55.3 แสดงว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรส่วนใหญ่มีความต้องการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตรด้านการสื่อสารในระดับมากที่สุด

อายุ มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร อายุ 20-39 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 54.9 อายุ 40-49 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 55.6 และอายุ 50-59 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 58.6 ซึ่งนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีอายุน้อยจะมีความต้องการที่มากกว่าอายุที่มากกว่า เพราะอาจต้องพัฒนาศักยภาพของตนให้พร้อมต่อการทำงานให้มีประสิทธิภาพ

ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีประสบการณ์ 1-5 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 79.0 ประสบการณ์ 6-10 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 59.4 ประสบการณ์ 11-15 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 46.8 ประสบการณ์ 16-20 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 81.0 และประสบการณ์มากกว่า 20 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 56.0 จะเห็นได้ว่า ทักษะการสื่อสารมีความสำคัญต่อการส่งเสริมการเกษตร เพราะนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรทุกคนจะต้องติดต่อประสานงาน ทำกิจกรรมกับเกษตรกร ชุมชน สังคม และหน่วยงานอื่น

ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมพืชไร่และข้าว มีความต้องการในระดับมากที่สุด ร้อยละ 46.9 ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมพืชสวนและการผลิตผัก มีความต้องการในระดับมากที่สุด ร้อยละ 62.8 และภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนและงานกลุ่มส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 77.6 และพบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีภารกิจในงานส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนและกลุ่มส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร จะต้องการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตรด้านการสื่อสารมากกว่าหน้าที่อื่น

ความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

เพศ มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรเพศชาย มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 39.1 เพศหญิงมีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 62.8 โดยเพศหญิงมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมากกว่าเพศชาย

อายุ มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการถ่ายทอด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร อายุ 20-39 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 52.2 อายุ 40-49 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 61.9 และอายุ 50-59 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 65.5 แสดงว่านักวิชาการส่งเสริมการเกษตรรุ่นใหม่มีความสนใจในงานนี้เพราะเป็นงานที่ต้องปรับตัวและเรียนรู้ใหม่ที่ไม่ได้เรียนรู้มาจากเดิม และการเป็นผู้ถ่ายทอดหรือวิทยากรจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมตัวเอง เพื่อที่จะสื่อสารความรู้ที่มีให้กับผู้ฟังให้ได้ประโยชน์มากที่สุด

ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการถ่ายทอด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีประสบการณ์ 1-5 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 61.4 ประสบการณ์ 6-10 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 52.5 ประสบการณ์ 11-15 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 68.0 ประสบการณ์ 16-20 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 37.8 และประสบการณ์มากกว่า 20 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 60.0

ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการถ่ายทอด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมพืชไร่และข้าว มีความต้องการในระดับมากที่สุด ร้อยละ 45.0 ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมพืชสวนและการผลิตผัก มีความต้องการในระดับมากที่สุด ร้อยละ 62.8 และภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนและงานกลุ่มส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 62.4 ทักษะการถ่ายทอดความรู้ทางการเกษตรด้านการถ่ายทอดเป็นสิ่งจำเป็นต่อการปฏิบัติงานหลักของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร

ความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านกิจกรรมสัมพันธ์

เพศ มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านกิจกรรมสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรเพศหญิง มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 55.3 ส่วนเพศชาย มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 40.8

อายุ มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านกิจกรรมสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร อายุ 20-39 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 57.0 อายุ 40-49 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 58.0 และอายุ 50-59 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 39.7 จะเห็นว่าการกิจกรรมสัมพันธ์เป็นความรู้ที่ต้องเรียนรู้และปฏิบัติไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้สามารถปรับตัวเองให้ได้กับคนในสังคมใหม่ ๆ ด้วย ทั้งนี้ทักษะด้านนี้ยังเปรียบเสมือนเครื่องมือสำคัญของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรอีกด้วย

ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านกิจกรรมสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีประสบการณ์ 1-5 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 63.2 ประสบการณ์ 6-10 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 60.6 ประสบการณ์ 11-15 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 62.9 ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร 16-20 ปี มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 44.4 และประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตรมากกว่า 20 ปี มีความต้องการระดับปานกลาง ร้อยละ 37.1 โดยนักส่งเสริมที่มีประสบการณ์ 6-15 ปี มีระดับความต้องการพัฒนาตนเองด้านกิจกรรมสัมพันธ์มากกว่ากลุ่มอื่น

ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านกิจกรรมสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมพืชไร่และข้าว มีความต้องการในระดับมากที่สุด ร้อยละ 46.2 ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมพืชสวนและการผลิตผัก มีความต้องการในระดับมากที่สุด ร้อยละ 39.5 และภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนและงานกลุ่มส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร มีความต้องการระดับมากที่สุด ร้อยละ 62.4 ทักษะด้านกิจกรรมสัมพันธ์จะเป็นทักษะสำคัญที่ช่วยให้การปฏิบัติงานในการกิจหลักประสบความสำเร็จ

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร

จากผลการวิจัย พบว่า เพศ อายุ ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร และภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ด้านการสื่อสาร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม ด้านการถ่ายทอด และด้านกิจกรรมสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (Table 7)

Table 7 Factors related to needs for development in agricultural extension skills.

Personal factors	Needs for development in agricultural extension skills									
	Communication		Information		Media production		Knowledge		Activity relationship	
	skills		technology	skills	skills		transfer	skills	skills	
	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value	χ^2	P-value
1. Gender	11.220**	0.004	20.766**	0.000	24.729**	0.000	29.551**	0.000	11.220**	0.000
2. Age	36.610**	0.000	27.590**	0.000	46.241**	0.000	40.238**	0.000	27.590**	0.000
3. Experience in Agricultural Extension	32.410**	0.000	41.034**	0.000	54.048**	0.000	53.222**	0.000	41.034**	0.000
4. Mission or duty in agricultural extension work	36.632**	0.000	18.756**	0.001	31.324**	0.000	31.564**	0.000	18.756**	0.000

** = Significant at P<0.01.

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร มีความต้องการในการพัฒนาตนเองด้านทักษะที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการเกษตร การพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านการส่งเสริมการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการส่งเสริมการเกษตรเป็นสิ่งสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาความรู้ เทคโนโลยี และเทคนิควิธีในการเข้าถึงและแก้ไขปัญหาทางการเกษตร ตลอดจนการกระจายอำนาจไปยังส่วนภูมิภาคหรือท้องถิ่นให้ตัดสินใจในการพัฒนาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง (พันธ์จิตต์ สีเหนียง และคณะ, 2557) อย่างไรก็ตาม ปัญหาการส่งเสริมการเกษตรในประเทศไทย ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรมีภาระงานมาก จึงส่งผลให้ขาดทักษะการสอนและการถ่ายทอดความรู้ เพราะไม่ได้รับการฝึกอบรมอย่างจริงจัง เพราะเจ้าหน้าที่ไม่ได้รับการฝึกฝนอบรมเพื่อการพัฒนาความรู้ทักษะประสบการณ์ที่จำเป็นอย่างต่อเนื่อง จากงานวิจัยจึงพบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ของกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปัจจุบันให้ความสนใจในการพัฒนาตนเอง โดยเฉพาะทักษะทางด้านการส่งเสริมการเกษตรทุกประเด็นในระดับมากที่สุด ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นชัดเจนถึงเพศ อายุ ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร ภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร อย่างไรก็ตาม รูปแบบที่จะใช้ในการพัฒนาบุคลากรเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้รวมถึงกรอบเวลา ซึ่งนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีเวลาค่อนข้างจำกัดเนื่องจากมีภารกิจค่อนข้างมากดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับความรู้ทางวิชาการที่เฉพาะเจาะจง วิทยาการใหม่ ๆ หรือแนวความคิดใหม่ ๆ ที่จะนำไปให้แก่บุคคลเป้าหมายที่จะนำไปปฏิบัติได้นั้น ต้องแน่ใจว่ามีประโยชน์และเหมาะสมแก่บุคคลเป้าหมายที่จะนำไปปฏิบัติได้ และเข้ากับสถานการณ์ในท้องถิ่น (บุญธรรม จิตต์อนันต์, 2540) ดังนั้น การพัฒนาด้านวิชาการที่จะทำให้การนำผลการวิจัยทางการเกษตรเป็นสิ่งจำเป็นไม่น้อยไปกว่าทักษะข้างต้น โดยเฉพาะนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรที่มีภารกิจ/หน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตรที่หลากหลาย อาทิ งานส่งเสริมพืชไร่ ข้าว พืชสวน ผัก ไม้ดอกไม้ประดับ วิสาหกิจชุมชน และการรวมกลุ่มของเกษตรกร นอกจากนี้ สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี หน่วยงานภายในกรมส่งเสริมการเกษตรซึ่งรับผิดชอบการศึกษา วิเคราะห์ และวางแผนการพัฒนาทรัพยากรบุคคล พัฒนาระบบ วิธีการ และดำเนินการพัฒนาทรัพยากรบุคคล (สำนักงานการถ่ายทอดเทคโนโลยี, 2561) ควรให้ความสำคัญด้านการเพิ่มทักษะเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการผลิตและการจัดการผลผลิตที่เหมาะสมให้แก่นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เนื่องจากเป็นความต้องการในระดับที่มากที่สุด และปัจจุบันเกษตรกรไทยสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีเหล่านี้ได้มากขึ้น

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษา ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร ของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 54.1 มีอายุ 30-39 ปี ร้อยละ 48.9 ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร 6-10 ปี ร้อยละ 34.8 และมีภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตรที่รับผิดชอบ ด้านงานกลุ่มส่งเสริมเกษตรกร/สถาบันเกษตรกร ร้อยละ 38.3

ความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร พบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร มีความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตรทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ตามลำดับ ดังนี้ ด้านการถ่ายทอด (ค่าเฉลี่ย 4.29) ด้านการ

ผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม (ค่าเฉลี่ย 4.26) ด้านการสื่อสาร (ค่าเฉลี่ย 4.25) ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ค่าเฉลี่ย 4.25) และด้านกิจกรรมสัมพันธ์ (ค่าเฉลี่ย 4.24)

โดยพบว่า ด้านการสื่อสาร นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการสื่อสารในรูปแบบการเขียน เช่น ข่าว บทความ และสารคดี มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.36) ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.25) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร มีความต้องการในการพัฒนาทักษะการเผยแพร่สารสนเทศผ่านเว็บไซต์/เว็บบล็อก/เว็บไซต์ การเผยแพร่คลิปวิดีโอผ่านยูทูบ (ค่าเฉลี่ย 4.30) ด้านการผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการสร้างเนื้อหาที่น่าสนใจในประเด็นของเรื่องราวที่น่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย 4.31) ด้านการถ่ายทอด นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการนำเสนอเนื้อหาโดยใช้ภาษาพูดที่เข้าใจง่าย (ค่าเฉลี่ย 4.30) และด้านกิจกรรมสัมพันธ์ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรมีความต้องการในการพัฒนาทักษะการดึงดูดใจผู้รับสาร (ค่าเฉลี่ย 4.27)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตร พบว่า เพศ อายุ ประสบการณ์ในการส่งเสริมการเกษตร และภารกิจหรือหน้าที่ในงานส่งเสริมการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความต้องการในการพัฒนาทักษะการส่งเสริมการเกษตรในทุกด้าน ได้แก่ ด้านการสื่อสาร ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการผลิตสื่อเพื่อการส่งเสริม การถ่ายทอด และด้านกิจกรรมสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ สติพงษ์พานิช. 2551. ความต้องการฝึกอบรมของพนักงาน บริษัท เจ วอลเตอร์ ธอม สัน (ประเทศไทย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. แผนยุทธศาสตร์ส่งเสริมการเกษตร ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) และแผนปฏิบัติงานระยะ 5 ปี (พ.ศ. 2560-2564). กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- บุญธรรม จิตตอนันต์. 2540. ส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พันธ์จิตต์ สี่เหนียง, โชตนา ลิมสอน, เสาวลักษณ์ ฤทธิอนันต์ชัย และชัยกร สี่เหนียง. 2557. ความคิดเห็นของนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรต่อระบบส่งเสริมการเกษตร: กรณีศึกษาพื้นที่ภาคกลาง. *Veridian* 7(6): 613-626.
- ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์. 2561. การส่งเสริมการเกษตร. คณะเกษตรกำแพงแสน. <http://pirun.kps.ku.ac.th/~b5126380/doc5.html>. (5 กรกฎาคม 2561).
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ. 2551. คู่มือเทคนิคการปรับปรุงและพัฒนาองค์กร เวอร์ชัน 1.0. กรุงเทพฯ: บริษัท วิชั่น พรินท์ แอนด์ มิเดีย จำกัด.
- สำนักงานการถ่ายทอดเทคโนโลยี. 2561. วิสัยทัศน์และอำนาจหน้าที่ของสำนักงานการถ่ายทอดเทคโนโลยี. กรมส่งเสริมการเกษตร. <http://www.agritech.doae.go.th> (1 กรกฎาคม 2561).
- สุรินทร์ นิยมมางกูร. 2556. ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์และสถิติที่ใช้. กรุงเทพฯ: บัณฑิต ภูมู.
- เสน่ห์ จุ้ยโต. 2554. การฝึกอบรมเชิงระบบทฤษฎีการเรียนรู้แนวใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- Birner, R., Davis, K., Pender, J., Knonya, E., Anandajayasekeram, P., Ekboir, J., Mbabu, A. et al. 2006. *From best practice to best fit: A framework for analyzing pluralistic agricultural advisory services worldwide*. DC: International Food Policy Research Institute.
- Hoffmann, V., Lamers, J., and Kidd, A. D. 2000. *Reforming the organization of agricultural extension in Germany: lessons for other countries*. Agricultural Research & Extension Network, Network paper, No. 98.
- Krejcie, R. V., and Morgan D. W. 1970. Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement* 30: 607-610.

วันรับบทความ (Received date) : 9 ก.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 12 ธ.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 3 ส.ค. 61

การทำสวนยางพาราภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

Para-rubber Farming under the Unrest Situation in Three Southern Border Provinces

บัญชา สมบูรณ์สุข¹ และปวิวิชญ์ พิทยาภินันท์²
Buncha Somboonsuke¹ and Purawich Phitthayaphinant²

บทคัดย่อ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพเศรษฐกิจสังคมประชากร การผลิต และการขายยางพาราของเกษตรกรชาวสวนยางภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และ 2) เปรียบเทียบรายได้และต้นทุนของระบบการผลิตยางพาราที่สำคัญใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิด้วยการสัมภาษณ์แบบเป็นทางการ การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม กับเกษตรกรชาวสวนยางจำนวน 313 ราย ซึ่งใช้การเลือกแบบเจาะจง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรชาวสวนยางมีอายุค่อนข้างมาก และมีประสบการณ์การประกอบอาชีพทางการเกษตรสูง วัตถุประสงค์หลักในการทำสวนยางพารา คือ เพื่อเป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือน ยางพาราที่ปลูกเป็นพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 รูปแบบผลผลิตยางพาราส่วนใหญ่เป็นยางก้อนถ้วย ซึ่งขายให้แก่พ่อค้าท้องถิ่น ระบบการผลิตยางพาราที่สำคัญมี 5 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว 2) ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจ 3) ระบบการผลิตยางพาราและข้าว 4) ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล และ 5) ระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจ ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล ระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมันเป็นระบบการผลิตที่น่าสนใจ เนื่องจากให้รายได้สูง 338,650, 243,298 และ 193,920 บาทต่อปี ตามลำดับ และมีต้นทุน 169,890, 41,790 และ 7,011 บาทต่อปี ตามลำดับ ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อผู้กำหนดนโยบายของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องสำหรับกำหนดนโยบายพัฒนาการผลิตยางพาราที่เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: การผลิตยางพารา เกษตรกรชาวสวนยาง ระบบการผลิต 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

Abstract

Para-rubber is the important economic crop in three southern border provinces. Therefore, the aims of this research were to: 1) find out the para-rubber farmers' demographic and socio-economic characteristics, para-rubber production, and selling conditions in the three southern border provinces, and 2) compare income from, and cost of, the key para-rubber production systems in the three southern border provinces. Primary data were collected using formal interviews, informal interviews, and non-participant observations from a total sample of 313 para-rubber farmers, using purposive selection. Descriptive statistics and manifest content analysis were applied for data analysis. The results reveal that the para-rubber farmers are late-middle aged. Furthermore, they are very experienced in agricultural farming. The main objective of their para-rubber farming is to have an occupation that is a source of income for their households. The grown para-rubber varieties are RRIM 600 and RRIT 251. Additionally, the most popular para-rubber yield is cup lump rubber which is sold to local middlemen. The key para-rubber production systems can be classified into 5 systems: 1) para-rubber monocropping production system, 2) para-rubber and economic animal production system, 3) para-rubber and rice production system, 4) para-rubber and fruit production system, and 5) para-rubber and oil palm production system. The three para-rubber production systems: para-rubber-economic animals, para-rubber-fruits, and para-rubber-oil palm are attractive production systems because of their high incomes. The incomes of these para-rubber production systems are 338,650, 243,298, and 193,920 baht per year, respectively. Moreover, their costs are 169,890, 41,790, and 7,011 baht per year, respectively. The results of this research will be useful information for policy makers of government agencies related to develop para-rubber production system that is suitable.

¹ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

¹ Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Hat Yai, Songkhla 90112

² คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อ. ปาพะยอม จ. พัทลุง 93210

² Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Pa Phayom, Phatthalung 93210

*Corresponding author, Email: p_paratsanant@yahoo.co.th

7,011 baht per year, respectively. The findings of this research will provide valuable information to policymakers as they formulate appropriate policies to develop para-rubber production.

Keywords: para-rubber production, para-rubber farmer, production system, three southern border provinces

คำนำ

เศรษฐกิจยางพารามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย ดังเห็นได้จากปริมาณการผลิตยางพาราซึ่งมากที่สุดในโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา (สมบุญ ใจเจริญจิระตระกูล และคณะ, 2558) รวมถึงรายได้จากการส่งออกยางพาราไปขายยังประเทศคู่ค้าที่สำคัญ เช่น จีน สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา โดยในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติ 190,633 ล้านบาท ตลอดจนมีเกษตรกรชาวสวนยางภายในประเทศมากกว่า 1.50 ล้านครัวเรือน อย่างไรก็ตามวิถีการใช้อย่างพาราของอุตสาหกรรมภายในประเทศ เช่น อุตสาหกรรมยางรถยนต์ ยางรัดของ ถังมือยาง เครื่องมือทางการแพทย์ เฟอร์นิเจอร์ มีเพียง 0.77 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) เท่านั้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการพึ่งพาตลาดต่างประเทศเป็นหลัก และความเสี่ยงด้านรายได้อันเกิดจากเศรษฐกิจของประเทศไทยผู้นำเข้ายางพาราไทย

ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ประกอบด้วยจังหวัดยะลา นราธิวาส และปัตตานี ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สร้างรายได้ให้แก่ประชากรในพื้นที่ และมีความสามารถในการแข่งขัน (อารี วิบูลย์พงศ์ และคณะ, 2560) โดยในปี พ.ศ. 2562 จังหวัดดังกล่าวมีพื้นที่ปลูกยางพารา 1.24, 1.00 และ 0.37 ล้านไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดกรีดยางพารา 1.12, 0.88 และ 0.34 ล้านไร่ และมีผลผลิตยางพารา 2.68, 1.77 และ 0.85 แสนตัน ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) เกษตรกรชาวสวนยางในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรชาวสวนยางรายย่อย (จำนงค์ จุลเอียด และคณะ, 2557) ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ผลิตยางพาราลึกของประเทศ (Romyen et al., 2018) และจัดเป็นกลุ่มเปราะบางที่สุดในอุตสาหกรรมยางพารา (สมบุญ ใจเจริญจิระตระกูล และคณะ, 2558) อันเนื่องมาจากข้อจำกัดที่เผชิญอยู่ เช่น ข้อจำกัดด้านเงินทุน ที่ดิน แรงงาน ความรู้ และการพัฒนาดินเอง

เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีระบบการผลิตยางพาราที่หลากหลาย เช่น ระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว ระบบการผลิตยางพาราและพืชแซม ระบบการผลิตยางพาราและข้าว ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์ และระบบการผลิตยางพาราและการเกษตรแบบผสมผสาน (จำนงค์ จุลเอียด และคณะ, 2557) แต่ศักยภาพของเกษตรกรชาวสวนยางในพื้นที่โดยภาพรวมอยู่ในระดับน้อย สภาพแวดล้อมภายในด้านเงินทุน ด้านต้นทุนการผลิต และด้านราคา จัดเป็นจุดอ่อน นอกจากนี้เกษตรกรชาวสวนยางต้องเผชิญอุปสรรคที่สำคัญ นั่นคือ ปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ (ไซเพีย แวะมะมะ, 2561) ซึ่งยังคงยืดเยื้อและไม่สามารถจัดการหรือแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 มีการก่อความไม่สงบ 20,641 เหตุการณ์ เช่น การวางระเบิด การวางเพลิง การยิงโดยอาวุธปืน และการก่อวินาศกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีผู้เสียชีวิตและผู้ได้รับบาดเจ็บ 7,144 และ 13,324 ราย ตามลำดับ (ศูนย์เฝ้าระวังสถานการณ์ภาคใต้, 2563) ทั้งนี้ประมาณที่ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2547-2562) มีมากกว่า 3 แสนล้านบาท (เดอะสแตนดาร์ด, 2562)

ปัญหาราคายางพาราตกต่ำอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ได้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจภาคใต้ชายแดน (กลุ่มจังหวัดภาคใต้ชายแดน, 2561) รวมถึงการดำรงชีพของเกษตรกรชาวสวนยางในพื้นที่เป็นอย่างมาก เพราะปัญหาดังกล่าวอยู่นอกเหนือการจัดการของเกษตรกรชาวสวนยาง โดยตลาดเป็นของผู้ซื้อ และราคายางพาราถูกกำหนดจากตลาดต่างประเทศเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดซื้อขายล่วงหน้าโตเกียว (Tokyo Commodity Exchange หรือ TOCOM) รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ราคาน้ำมันดิบ อัตราแลกเปลี่ยน ราคายางพาราในตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย (The Agricultural Futures Exchange of Thailand หรือ AFET) (นิธิตา สิริพงศ์ทักษิณ, 2562) ขณะที่เกษตรกรชาวสวนยางไม่สามารถปรับหรือกำหนดราคายางพาราให้อยู่ในระดับที่ตนเองต้องการหรือพึงพอใจได้ และแม้ภาครัฐได้เข้ามาแทรกแซงผ่านนโยบาย/โครงการต่าง ๆ เช่น นโยบายควบคุมและลดพื้นที่ปลูกยางพารา นโยบายส่งเสริมการใช้อย่างภายในประเทศ โครงการชดเชยรายได้ให้แก่เกษตรกรชาวสวนยาง แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาราคายางพาราตกต่ำได้อย่างสัมฤทธิ์ผล (นิธิตา สิริพงศ์ทักษิณ, 2562) อีกทั้งนโยบาย/โครงการของภาครัฐส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการเพิ่มขึ้นของผลิตภาพแรงงานน้อยกว่าที่ควรจะเป็น (อารี วิบูลย์พงศ์ และคณะ, 2560) นอกจากนี้ด้วยผลผลิตส่วนเกินที่เพิ่มขึ้นทุกปี และผลของการทดแทนจากยางสังเคราะห์ จึงทำให้อายุขัยของยางพาราในอนาคตน่าจะต่ำลงเหมือนในอดีต (ณรงค์ฤทธิ์ อดุลย์ฐานานุกิต์ และนราพร สังสะนา, 2562) ซึ่งงานวิจัยของไซเพีย แวะมะมะ (2561) ได้รายงานไว้ว่า สภาพแวดล้อมภายนอกด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ และด้านเศรษฐกิจ จัดเป็นอุปสรรค

จากปัญหาดังที่กล่าวไปข้างต้น ประกอบกับงานวิจัยของวิไลวัลย์ แก้วตาทิพย์ (2560) ที่รายงานว่า เกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประสบปัญหาราคายางพาราตกต่ำและไม่แน่นอนอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนปัญหาสภาพภูมิอากาศแปรปรวน ทำให้ปริมาณน้ำยางสดลดลง รายได้จากการทำสวนยางพาราไม่เพียงพอต่อรายจ่าย ไม้มีราคาแพง ขาดแคลนเงินทุนสำหรับซื้อปุ๋ย ขาดความรู้และข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับยางพารา ความหวาดกลัวระหว่างเดินทางและทำงานในสวนยางพารา การเปลี่ยนช่วงเวลากรีดยางพารา ตลอดจนขาดการช่วยเหลือและดูแลจากภาครัฐอยู่ในระดับมาก นอกจากนี้จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำสวนยางพารา ซึ่งรวมไปถึงรายได้และต้นทุนการผลิตยางพาราใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้พบว่า ยังมีจำกัด เช่น งานวิจัยของสุกฤษตา พุ่มแก้ว และคณะ (2560) ได้วิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ของเกษตรกรชาวสวนยางในตำบลปากล่อ อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานีพบว่า เกษตรกรชาวสวนยางมีต้นทุนรวม 9,541.41 บาทต่อไร่ จำแนกเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร 3,210.48 และ 6,330.93 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เกษตรกรชาวสวนยางมีรายได้จากการขายผลผลิตยางพารา (น้ำยางสดและยางก้อนถ้วย) และกำไร 14,970.19 และ 5,428.78 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ทั้งนี้ต้นทุนและรายได้นี้ดังกล่าวไม่ได้จำแนกตามระบบการผลิตยางพารา รวมทั้งเป็นข้อเท็จจริงที่ค้นพบในปีที่ทำการศึกษานั้น โดยไม่มีการคาดการณ์ต้นทุนและรายได้ในอนาคต จึงเป็นที่มาของการวิจัยครั้งนี้ โดยกำหนดคำถามการวิจัยว่า การทำสวนยางพาราภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้เป็นอย่างไร และกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ 2 ประการ คือ 1) เพื่อศึกษาสภาพเศรษฐกิจสังคม ประชากร การผลิต และการขายยางพาราของเกษตรกรชาวสวนยางภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และ 2) เพื่อเปรียบเทียบรายได้และต้นทุนของระบบการผลิตยางพาราที่สำคัญใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกระบบการผลิตยางพาราที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่เผชิญอยู่ รวมทั้งผู้กำหนดนโยบายของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ดังกล่าว เช่น การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) สำนักงานเกษตรทั้งระดับจังหวัดและอำเภอ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น สามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนหรือกำหนดนโยบายพัฒนาการผลิตยางพาราในพื้นที่วิจัยและพื้นที่อื่นที่มีบริบท/สภาพแวดล้อมใกล้เคียงกันหรือคล้ายคลึงกัน ตลอดจนหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งปฏิบัติงานร่วมกับหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานกับเกษตรกรชาวสวนยางตามบริบทที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรให้มีความมั่นคงตามพันธกิจในแผนพัฒนาการเกษตรช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) และยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ พ.ศ. 2563-2565 (ศูนย์ประสานการปฏิบัติที่ 5, 2563) ตลอดจนการสร้างความสามารถในการแข่งขันให้แก่เกษตรกรชาวสวนยางภายใต้กรอบประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน นอกจากนี้ยังใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับนักส่งเสริมการเกษตร นักวิจัย และผู้ที่สนใจประกอบการทำวิจัยในอนาคต

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา คือ 1) อำเภอรามัน จังหวัดยะลา 2) อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส และ 3) อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี เป็นการเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากผลการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ครุว์เรือนเกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่เหล่านี้ประกอบอาชีพการทำสวนยางพารา รวมทั้งมีประสบการณ์การทำสวนยางพารามากกว่า 10 ปี แสดงว่า เกษตรกรชาวสวนยางเหล่านี้มีสวนยางพาราที่ให้ผลผลิตแล้ว (โดยทั่วไปต้นยางพาราสามารถเปิดกรีดได้เมื่ออายุประมาณ 6-7 ปี) กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรชาวสวนยางรายย่อยจำนวน 313 ราย (1 ครุว์เรือนต่อตัวแทนเกษตรกรชาวสวนยาง 1 ราย) ซึ่งกำหนดขนาดตัวอย่างจากสูตรคำนวณขนาดตัวอย่างของการวิจัยเชิงพรรณนา ในกรณีที่ทราบจำนวนประชากร แต่ไม่ทราบค่าสัดส่วน (ฉัตรสุนัน พฤตภิทยบุญ, 2553) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 90 และค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10 ตลอดจนสำรองตัวอย่างเพื่อความคลาดเคลื่อนจำแนกเป็นจังหวัดปัตตานีและนราธิวาส 106 รายต่อจังหวัด และจังหวัดยะลา 101 ราย ซึ่งใช้การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงโดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกครุว์เรือนเกษตรกรชาวสวนยาง คือ 1) มีสวนยางพาราขนาดเล็ก หรือไม่เกิน 50 ไร่ ซึ่งเป็นสวนยางพาราที่เปิดกรีดแล้ว และ 2) ใช้แรงงานครุว์เรือนเป็นแรงงานหลักในกิจกรรมการผลิตยางพารา

การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิใช้การสัมภาษณ์แบบเป็นทางการด้วยแบบสัมภาษณ์เชิงโครงสร้างที่สร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และการทดลองใช้กับเกษตรกรชาวสวนยางที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 รายตามคำแนะนำของธานีทร ติลปจารุ (2555) เรียบร้อยแล้ว ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) ในแต่ละข้อคำถามมากกว่า 0.60 แสดงว่า มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในระดับดี (บุญธรรม กิจปรีดาวิสุทธิ, 2549) อีกทั้งยังใช้การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการด้วยการสนทนาตามธรรมชาติ (ศิริพร จิรวินมกุล, 2555) และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วมในการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่

ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ตลอดจนการวิเคราะห์เนื้อหาที่ปรากฏ นอกจากนี้ได้สร้างแบบจำลองคาดการณ์รายได้ ต้นทุน และส่วนเหลือ (ผลต่างระหว่างรายได้และต้นทุนผันแปรที่เป็นตัวเงิน) ของระบบการผลิตยางพาราที่สำคัญเป็นระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562-2566 โดยใช้โปรแกรม Olympe ซึ่งระบบการผลิตยางพาราที่ใช้วิเคราะห์มี 5 ระบบตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ประกอบด้วย 1) ระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว 2) ระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยวและไม่ผล 3) ระบบการผลิตยางพาราและข้าว 4) ระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมัน และ 5) ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจ ทั้งนี้ กำหนดให้ราคาผลผลิตและปัจจัยการผลิตทุกรายการมีค่าคงที่ตลอด 5 ปี

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพเศรษฐกิจสังคมประชากร การผลิต และการขายยางพาราของเกษตรกรชาวสวนยางภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่วิจัย

เกษตรกรชาวสวนยาง 211 ราย (67.41%) เป็นบุรุษ มีอายุกำลังเข้าสู่วัยสูงอายุ เฉลี่ย 53.85 ปี 267 ราย (85.30%) สมรสแล้ว เกือบทั้งหมด 312 ราย (99.68%) นับถือศาสนาอิสลาม 164, 65 และ 64 ราย (52.40%, 20.77% และ 20.45%) จบการศึกษาทางศาสนาอิสลาม (ปอเนาะ) ประถมศึกษาตอนปลาย และประถมศึกษาตอนต้น ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ภายใต้ข้อจำกัดของตัวเกษตรกรชาวสวนยาง คือ มีอายุเฉลี่ยค่อนข้างมาก และขาดโอกาสทางการศึกษา โดยมีระดับการศึกษาเพียงชั้นพื้นฐานหรือไม่สูง ล้วนนำความเปราะบางมาให้เกษตรกรชาวสวนยางทั้งสิ้น และยังทำให้เกิดข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น การใช้เทคโนโลยีการผลิต การยอมรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ การหาความรู้เกี่ยวกับการทำสวนยางพาราผ่านสื่อ เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงการผลิตยางพาราให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เห็นได้จากเกษตรกรชาวสวนยางยังคงใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบดั้งเดิมตามความเคยชิน ตลอดจนมีความรู้ไม่เพียงพอที่จะใช้ต่อยอดในการประกอบอาชีพ

เกษตรกรชาวสวนยางมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนค่อนข้างน้อย เฉลี่ย 3.10 คน ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานครัวเรือนในอนาคตสำหรับบางครัวเรือน ขณะที่เกษตรกรชาวสวนยาง 44 ราย (14.06%) กำลังเผชิญกับปัญหาดังกล่าว เพราะสมาชิกที่เป็นบุตรมีการเคลื่อนย้าย/อพยพเพื่อศึกษาและทำงานในต่างจังหวัด อันเนื่องมาจากเหตุผลทางการยังชีพ รวมทั้งความไม่ปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินจากปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ที่มีมาอย่างยาวนาน ตลอดจนไม่ต้องการสืบทอดอาชีพการทำสวนยางพารา เพราะเห็นว่า เป็นงานหนัก ต้องกรีด รวบรวมและขนส่งผลผลิตยางพารา ไม่มีความมั่นคงทางรายได้ มีปัจจัยเสี่ยงหลายด้าน ไม่มีสวัสดิการ และเข้าไม่ถึงการคุ้มครองแรงงาน ส่งผลให้แนวโน้มที่เกษตรกรรุ่นใหม่จะเข้ามาทดแทนเกษตรกรสูงอายุมีน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ขณะที่บางครัวเรือนมีสมาชิกที่เป็นผู้สูงอายุ ซึ่งไม่สามารถปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตยางพาราได้ เนื่องจากปัญหาสุขภาพและร่างกายที่เสื่อมไปตามวัย จึงก่อให้เกิดภาระแฝงในครัวเรือน ปัญหาการขาดแคลนแรงงานครัวเรือนหรือการลดลงของแรงงานครัวเรือนนี้ เป็นปัจจัยที่ส่งผลเชิงลบต่อปริมาณการผลิตยางพารา คือ ทำให้ปริมาณผลผลิตยางพาราลดลง

เกษตรกรชาวสวนยางมีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 168,484.97 บาทต่อปี จำแนกเป็นรายได้จากภาคการเกษตรและนอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 103,047.22 และ 65,437.75 บาทต่อปี ตามลำดับ และมีเงินออมเฉลี่ย 38,641.62 บาทต่อปี เกษตรกรชาวสวนยาง 206 ราย (65.81%) กู้เงินทั้งในและ/หรือนอกระบบ โดยวัตถุประสงค์ของการกู้เงิน ได้แก่ เพื่อขยายพื้นที่ทำการเกษตร เพื่อลงทุนทำการเกษตร เพื่อซ่อมแซมที่พักอาศัย เพื่อซื้อ/จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการศึกษาของบุตร ซึ่งมีหนี้สินเฉลี่ย 390,666.67 บาทต่อครัวเรือน จากข้อมูลดังกล่าว เห็นได้ว่า ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางมีรายได้ต่ำกว่ารายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ยของครัวเรือนเกษตรกรทั่วประเทศ (204,066 บาทต่อปี) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) รวมถึงมีความสามารถในการออมต่ำอันเนื่องมาจากการมีรายได้ที่ต่ำ ตลอดจนต้องนำเงินไปใช้ในกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรและชำระหนี้สิน (ในกรณีที่ครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางมีหนี้สิน) สำหรับเกษตรกรชาวสวนยางที่มีเงินออม จะมีระยะเวลาในการออมไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากการมีรายได้ที่ไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ข้อค้นพบดังกล่าวยังสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมการใช้จ่ายที่ไม่สมดุลกับรายได้ ขณะที่การกู้เงินเป็นการแก้ปัญหาลดขาดสภาพคล่องในระยะสั้นเท่านั้น และส่งผลผูกพันต่ออนาคต เนื่องจากเกษตรกรชาวสวนยางต้องจ่ายทั้งเงินต้นและดอกเบี้ย ซึ่งอาจทำให้เกษตรกรชาวสวนยางมีหนี้สินเพิ่มขึ้น และหนี้สินมีความเกี่ยวพันกันได้ โดยงานวิจัยของไซเฟีย เวหะมะ (2561) ได้รายงานว่า จุดอ่อนสำคัญประการหนึ่งของเกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ คือ เกษตรกรชาวสวนยางไม่มีการบริหารจัดการเงินที่ดี ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางมีเงินทุนหมุนเวียนสำหรับทำสวนยางพาราไม่เพียงพอ

เกษตรกรชาวสวนยาง 192 ราย (61.34%) ใช้เงินสงเคราะห์ที่ได้รับจาก กยท. ในการทำสวนยางพารา ซึ่งเกษตรกรชาวสวนยางในกลุ่มนี้ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดการจัดการสวนยางพารา เช่น การจำกัดจำนวนต้นของพืชชนิดอื่นที่ปลูกร่วมกับ

ต้นยางพารา ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางสูญเสียโอกาสในการมีรายได้เพิ่มขึ้น ขณะที่เกษตรกรชาวสวนยาง 68 และ 53 ราย (21.73% และ 16.93%) ใช้เงินทุนของตนเอง และเงินกู้ ตามลำดับ เกษตรกรชาวสวนยางเพียง 120 ราย (38.34%) ที่เป็นสมาชิกกลุ่ม ได้แก่ กองทุนหมู่บ้าน สหกรณ์กองทุนสวนยาง กลุ่มออมทรัพย์ กลุ่มน้ำยางสด สหกรณ์การเกษตร เนื่องจากปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ ทำให้ภาพปรากฏที่แสดงถึงความเกี่ยวพันและการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันลดน้อยลง เช่น การร่วมกันคิด การร่วมกันทำ การร่วมกันซื้อปัจจัยการผลิต การร่วมกันขายผลผลิต การแบ่งปันความรู้ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เกษตรกรชาวสวนยางหรือสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นสมาชิกกลุ่ม จะมีอำนาจการต่อรองกับพ่อค้าคนกลางมากขึ้น และสามารถรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่ให้การสนับสนุนผ่านกลุ่มได้ เกษตรกรชาวสวนยาง 214 ราย (68.37%) เข้าร่วมโครงการและ/หรือได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กยท. องค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) สำนักงานที่ดิน สำนักงานเกษตร สำนักงานพัฒนาชุมชน สำนักงานปศุสัตว์ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางในการเข้าถึงโครงการช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวนยาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความเต็มใจหรือไม่เต็มใจของเกษตรกรชาวสวนยาง รวมถึงความสัมพันธ์ของคนในพื้นที่และความเอาใจใส่ของเจ้าหน้าที่ที่ดำเนินโครงการดังกล่าว

เห็นได้ว่า ยางพาราเป็นสินค้าเกษตรที่ได้รับการกำกับดูแลจากภาครัฐ เนื่องจากยางพาราเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญและมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของเกษตรกรชาวสวนยาง ซึ่งงานวิจัยของโซเฟีย แวหะมะ (2561) ได้รายงานว่า จุดอ่อนสำคัญประการหนึ่งของเกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ คือ เกษตรกรชาวสวนยางมีการพึ่งพาตนเองน้อย ได้แต่รอความช่วยเหลือจากหน่วยงานภาครัฐ และงานวิจัยของกิตติวรรณ มะโนภักดิ์ และอุยฤทธิ์ นิสสภ (2561) ได้รายงานว่า เกษตรกรในตำบลลูโหวงปาดิ อำเภอสุโหวงปาดิ จังหวัดนราธิวาส ต้องการให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรลงพื้นที่เยี่ยมเยียนเกษตรกรเพื่อรับทราบปัญหาต่าง ๆ และสามารถแก้ไขปัญหาด้านการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ตลอดจนเป็นกลไกในการขับเคลื่อนโครงการต่าง ๆ ในพื้นที่ให้สัมฤทธิ์ผล อย่างไรก็ตามงานวิจัยของจำนงค์ จุลเอียด และคณะ (2557) ได้รายงานว่าการส่งเสริมในรูปแบบการเยี่ยมเยียนได้ลดบทบาทลงไปในพื้นที่ของ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ อันเนื่องมาจากเหตุการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ ซึ่งมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร โดยเปลี่ยนไปเน้นการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์มากขึ้น

เกษตรกรชาวสวนยางมีประสบการณ์การประกอบอาชีพทางการเกษตรสูง เฉลี่ย 16.38 ปี ซึ่งถือเป็นการศึกษานอกห้องเรียน ผ่านการเรียนรู้โดยการปฏิบัติ และสั่งสมความรู้เพื่อนำมาใช้พัฒนาอาชีพ เกษตรกรชาวสวนยางมีพื้นที่ปลูกยางพาราขนาดเล็กมาก เฉลี่ย 13.76 ไร่ เนื่องจากพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นมรดกตกทอดมาจากบรรพบุรุษ ซึ่งมีการแบ่งให้แก่ทายาทจากรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่ง จึงก่อให้เกิดข้อจำกัดในการสร้างรายได้ รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดการประหยัดต่อขนาด และประสิทธิภาพในระดับที่ควรจะเป็น เกษตรกรชาวสวนยาง 145, 142 และ 26 ราย (46.33%, 45.37% และ 8.30%) มีลักษณะพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นที่ดอน/ลูกคลื่นลอนลาด ที่ราบ/ที่ราบลุ่ม และที่สูง/ภูเขา ตามลำดับ ซึ่งยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ทุกเขตนิเวศ โดยพื้นที่ปลูกยางพาราที่เป็นที่ราบ/ที่ราบลุ่มจะได้รับผลกระทบจากอุทกภัยและน้ำท่วมขัง เนื่องจากการระบายน้ำไม่ดี ทำให้ต้นยางพาราเจริญเติบโตช้า ดินเสื่อมโทรม เกิดโรคระบาดง่ายขึ้น และครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยางไม่สามารถกรีดยางพาราได้ ส่งผลให้จำนวนวันกรีดยางพาราลดลง สำหรับพื้นที่ปลูกยางพาราที่เป็นที่สูง/ภูเขาจะได้รับผลกระทบจากพายุ/ลมแรง ทำให้ต้นยางพาราโค่นล้ม ทั้งนี้ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศถือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการทำสวนยางพาราในพื้นที่ (สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคใต้ชายแดน, 2559) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตยางพาราและรายได้จากการทำสวนยางพาราลดลง นอกจากนี้เกษตรกรชาวสวนยาง 139, 123 และ 51 ราย (44.41%, 39.30% และ 16.29%) มีชนิดของดินในพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วน และดินเหนียว ตามลำดับ

เกษตรกรชาวสวนยางมีจำนวนวันทำงานเฉลี่ย 211.48 วันต่อปี ซึ่งลดลงเมื่อเทียบกับช่วงก่อนเกิดปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ เนื่องจากความไม่มั่นใจในความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน สอดคล้องกับงานวิจัยของโซเฟีย แวหะมะ (2561) ที่รายงานว่า อุปสรรคสำคัญประการหนึ่งของเกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ คือ สถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ ซึ่งสร้างความหวาดกลัวให้แก่เกษตรกรชาวสวนยาง และส่งผลให้เกษตรกรชาวสวนยางไม่สามารถปฏิบัติงานในกิจกรรมการกรีดยางพาราได้ตามปกติเหมือนในอดีต รวมถึงงานวิจัยของชุตตา แก้วละเอียด (2551) ได้รายงานว่า หลังเกิดปัญหาความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เกษตรกรชาวสวนยางปฏิบัติงานในกิจกรรมการกรีดยางพาราน้อยลง และมีรายได้จากการขายผลผลิตยางพาราลดลง 245 บาทต่อวัน เมื่อเทียบกับช่วงก่อนเกิดปัญหาดังกล่าว

เกษตรกรชาวสวนยางมีแรงงานครัวเรือนเฉลี่ย 2.33 คน จำแนกเป็นแรงงานบุรุษและแรงงานสตรีเฉลี่ย 1.21 และ 1.12 คน ตามลำดับ เกษตรกรชาวสวนยางที่ไม่ได้จ้างแรงงาน จำเป็นต้องใช้แรงงานครัวเรือนอย่างเข้มข้น ไม่ว่าจะเป็นแรงงานคู่สามี-ภรรยา แรงงานบุตรหลาน ตลอดจนแรงงานผู้สูงอายุที่ยังปฏิบัติงานได้ และต้องการแบ่งเบาภาระของครัวเรือน (ในกรณีที่ครัวเรือนนั้นประกอบด้วยแรงงานครัวเรือนทั้ง 3 ช่วงอายุ) เพื่อให้การปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตตั้งแต่การปลูก การดูแลรักษา การกรีดยางพาราไปจนถึงการขายดำเนินไปได้ด้วยดี โดยแรงงานครัวเรือนปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมตามความเหมาะสมของเพศ อายุ ทักษะ และความชำนาญ ซึ่งสะท้อนให้เห็นการพึ่งพาตนเองของหน่วยผลิต ทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตยางพาราอีกด้วย เพราะไม่ต้องจ่ายค่าจ้างแรงงานที่เป็นตัวเงิน อย่างไรก็ตาม เกษตรกรชาวสวนยางและแรงงานครัวเรือนที่มีอายุ (ค่อนข้าง) มาก จะมีปัญหาสุขภาพ เช่น ปวดหลัง เจ็บ ขา คอ ไหล่ ข้อเท้า และเส้นเอ็น จากการปฏิบัติงานในกิจกรรมการกรีดยางพารา เนื่องจากการกรีดยางพาราต้องก้มและเงยตลอด ตลอดจนต้นยางพาราบางต้นมีหน้ายางที่ต้องกรีดอยู่ต่ำกว่าระดับหัวเข่า ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางต้องก้มลงไปกรีด รวมทั้งการเดินรวบรวมผลผลิตยางพาราในสวนยางพารา จึงมีเกษตรกรชาวสวนยางส่วนหนึ่งต้องรับประทานยาแก้ปวดก่อนปฏิบัติงานในกิจกรรมการกรีดยางพารา โดยเฉพาะเกษตรกรชาวสวนยางที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นที่ลาดชัน หรือที่สูง/ภูเขา

เกษตรกรชาวสวนยางบางส่วนที่ประสบปัญหาแรงงานครัวเรือนไม่เพียงพอ หรือไม่กล้าปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตยางพาราอื่นเนื่องมาจากปัญหาความไม่สงบในพื้นที่ หรือมีสุขภาพไม่แข็งแรงและปัญหาสุขภาพ จะจ้างแรงงานจากภายนอก ซึ่งมีทั้งแรงงานจ้างประจำ (n=112) และแรงงานจ้างชั่วคราว (n=8) เฉลี่ย 1.58 และ 1.56 คน ตามลำดับ กิจกรรมที่แรงงานจ้างปฏิบัติงาน ได้แก่ ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช กรีดยางพารา ค่าจ้างสำหรับแรงงานจ้างประจำและแรงงานจ้างชั่วคราวเฉลี่ย 308.40 และ 319.64 บาทต่อวัน ตามลำดับ ทั้งนี้หากเกษตรกรชาวสวนยางสามารถควบคุมการทำงานของแรงงานจ้างได้อย่างทั่วถึง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงงานขัดขวางความรับผิดชอบในการทำงาน และมีพฤติกรรมการเล่นการงานได้ จะทำให้ผลผลิตของแรงงานจ้างเพิ่มขึ้น (ในกรณีที่แรงงานจ้างเป็นแรงงานที่มีฝีมือ) และอาจจะสูงกว่าแรงงานครัวเรือน เพราะแรงงานจ้างต้องพยายามปฏิบัติงานให้ดี เพื่อให้เกษตรกรชาวสวนยางพึงพอใจและจ้างต่อไป ซึ่งงานวิจัยของสุชัยญา เหนือเมฆ (2560) ได้รายงานว่า ครัวเรือนเกษตรกรในชุมชนบ้านท่าพรุ ตำบลเจ๊ะเห อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการทำ การเกษตร เนื่องจากเกษตรกรประมาณร้อยละ 70 เป็นผู้สูงอายุ ขณะที่คนรุ่นหนุ่มสาวหรือวัยทำงานออกไปทำงานนอก ภาคราชการเกษตรตามศาสตร์/สาขาวิชาที่จบการศึกษา ทั้งต่างจังหวัดและในเมืองประมาณร้อยละ 20 และ 10 ตามลำดับ เพื่อให้มีรายได้เพียงพอต่อการดำรงชีพ

เกษตรกรชาวสวนยาง 191 ราย (61.02%) ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 เพราะเห็นว่า พันธุ์ดังกล่าวให้ผลผลิตสูง เกือบทุกพื้นที่ มีความทนทานต่อการกรีดดี และมีอาการเปลือกแห้งน้อยกว่าพันธุ์อื่น ขณะที่เกษตรกรชาวสวนยาง 110 ราย (35.14%) ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIT 251 ทั้งนี้การเลือกพันธุ์ยางพาราที่เหมาะสมเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการทำสวนยางพารา เพราะแต่ละพันธุ์มีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน หากเกษตรกรชาวสวนยางเลือกพันธุ์ยางพาราที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูก รวมทั้งมีการจัดการสวนยางพาราอย่างถูกต้องและเหมาะสม เกษตรกรชาวสวนยางจะได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน (ในสถานการณ์ที่ราคายางพาราเป็นปกติ) ซึ่งยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ให้ผลผลิตเฉลี่ย (235.10 กิโลกรัมต่อไร่) ต่ำกว่ายางพาราพันธุ์ RRIT 251 (มากกว่า 300 กิโลกรัมต่อไร่ (แปลงทดลองให้ผลเฉลี่ย 457.00 กิโลกรัมต่อไร่)) (อรอนงค์ ลองพิชัย และไชยยะ คงมณี, 2562)

เกษตรกรชาวสวนยาง 258 และ 55 ราย (82.43% และ 17.57%) ใช้ยางชำถุง และต้นติดตาเขียวเป็นวัสดุปลูก ตามลำดับ 202 และ 102 ราย (64.54% และ 32.59%) มีระยะปลูก 3×7 และ 3×6 เมตร ตามลำดับ 196 ราย (62.62%) ใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ต้นยางพารา โดยใช้สูตร 20-8-20, 15-15-15 และ 30-5-18 ซึ่งมีปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 202.05 กิโลกรัมต่อไร่ และมีความถี่ในการใส่ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 1.52 ครั้งต่อปี 76 ราย (24.28%) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ โดยมีปริมาณการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ย 91.67 กิโลกรัมต่อไร่ และมีความถี่ในการใส่ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 0.36 ครั้งต่อปี ทั้งนี้ปริมาณและความถี่ในการใส่ปุ๋ยขึ้นอยู่กับราคายางพาราเป็นหลัก หากราคายางพาราสูง ปริมาณและความถี่ในการใส่ปุ๋ยจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 ครั้งต่อปี หรือมากกว่านั้น นอกจากนี้เกษตรกรชาวสวนยางบางส่วนใส่ทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อลดต้นทุนการผลิต และปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น เพราะการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงชนิดเดียวและเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ดินเสื่อมโทรม ทั้งนี้หากเกษตรกรชาวสวนยางไม่มีการปรับปรุงดิน จะทำให้ผลผลิตยางพาราลดลง

เกษตรกรชาวสวนยาง 122 ราย (38.98%) ป้อนกันและกำจัดโรคพืชและแมลงศัตรูพืชโดยใช้สารเคมีเป็นหลัก ซึ่งมีความถี่ในการปฏิบัติเฉลี่ย 1.52 ครั้งต่อปี และ 259 ราย (82.75%) กำจัดวัชพืชโดยใช้การดาย การถาก เครื่องตัดหญ้า สารเคมี และรถไถ ซึ่งมีความถี่ในการปฏิบัติเฉลี่ย 1.23 ครั้งต่อปี เกษตรกรชาวสวนยางใช้ระบบกรีดยางที่หลากหลาย ได้แก่ กรีดยางทุกวัน (4-5 วันแล้วหยุดกรีดยาง) หนึ่งในสามของลำต้น สองวันเว้นวัน (1/3S 2d/3) หนึ่งในสามของลำต้น สามวันเว้นวัน (1/3S 3d/4) หนึ่งในสามของลำต้น วันเว้นวัน (1/3S d/2) เนื่องจากสภาพอากาศที่ไม่แน่นอน สำหรับการแบ่งสัดส่วนผลประโยชน์ระหว่างเจ้าของสวนยางพาราและแรงงานจ้างมีความหลากหลาย ได้แก่ 50:50, 65:35, 60:40, 55:45 และ 40:60 ซึ่งการแบ่งสัดส่วนผลประโยชน์มีความแตกต่างกันตามบริบทของเจ้าของสวนยางพารา วัตถุประสงค์ของระบบการผลิต และขนาดพื้นที่ปลูกยางพารา

เกษตรกรชาวสวนยาง 285 ราย (91.05%) มีรูปแบบผลผลิตยางพาราเป็นยางก้อนถ้วย ขณะที่ 18 และ 10 ราย (5.75% และ 3.19%) เป็นน้ำยางสด และยางแผ่นดิบ ตามลำดับ เนื่องจากรายจ่ายของครัวเรือนเพิ่มขึ้น ขณะที่รายได้จากการทำสวนยางพาราลดลง ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางต้องเปลี่ยนไปขายผลผลิตยางพาราที่สามารถรับเงินได้ทันที ขณะที่การผลิตยางแผ่นดิบต้องใช้ระยะเวลาในการผลิต ทำให้มีเวลารอว่างลดลง เมื่อผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องเก็บรักษาไว้จนมีปริมาณมากพอจึงจะนำไปขาย เพื่อให้คุ้มกับค่าขนส่ง เพราะเกษตรกรชาวสวนยางมีสวนยางพาราขนาดเล็กมาก ทำให้ยางแผ่นดิบที่ผลิตได้มีปริมาณน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของไชรพีณา เคนสุมิตร (2556) ที่พบว่า สถานการณ์ความรุนแรงในจังหวัดยะลาส่งผลเชิงลบต่อปริมาณการผลิตยางแผ่นดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เกษตรกรชาวสวนยางเกือบทั้งหมด 298 ราย (95.21%) นำผลผลิตไปขายให้แก่พ่อค้าท้องถิ่น ซึ่งพ่อค้าท้องถิ่นมีการเอาเปรียบเกษตรกรชาวสวนยางโดยการกดราคารับซื้อผลผลิต ขณะที่เกษตรกรชาวสวนยางไม่มีอำนาจการต่อรอง รวมทั้งมีข้อจำกัดด้านข้อมูลข่าวสารและด้านช่องทางการจำหน่าย ขณะที่ 9 ราย (2.87%) ขายผลผลิตผ่านกลุ่มเกษตรกร และ 3 ราย เท่านั้น (0.96%) ขายผลผลิตผ่านสหกรณ์ และโรงงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของชูตา แก้วละเอียด (2551) ที่รายงานว่า หลังเกิดปัญหาความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เกษตรกรชาวสวนยางมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบผลผลิตยางพาราจากยางแผ่นดิบเป็นยางก้อนถ้วย ทำให้รายได้จากการขายผลผลิตยางพาราลดลง และพ่อค้าท้องถิ่นรับซื้อในราคาไม่เป็นธรรม ขณะที่งานวิจัยของโชเพีย แวะมะ (2561) ได้รายงานว่า จุดอ่อนสำคัญประการหนึ่งของเกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประการหนึ่ง คือ เกษตรกรชาวสวนยางมีการรวมกลุ่มเพื่อผลิตและขายผลผลิตยางพาราน้อย

ระบบการผลิตยางพาราจำแนกตามกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรมี 7 ระบบ โดยเกษตรกรชาวสวนยางมีระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยวในสัดส่วนมากที่สุด 155 ราย (49.52%) ซึ่งพบในจังหวัดยะลามากที่สุด 68 ราย รองลงมาคือจังหวัดปัตตานี และนราธิวาส 51 และ 36 ราย ตามลำดับ อันดับที่ 2 คือ ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจ (โคพันธุ์พื้นเมือง ไก่พันธุ์พื้นเมือง ไก่เบตง เป็ด และแพะพันธุ์ชาแนล) 57 ราย (18.21%) ซึ่งพบในจังหวัดยะลามากที่สุด 24 ราย รองลงมาคือจังหวัดนราธิวาส และปัตตานี 18 และ 15 ราย ตามลำดับ อันดับที่ 3 คือ ระบบการผลิตยางพาราและข้าว 51 ราย (16.29%) ซึ่งพบในจังหวัดนราธิวาสมากที่สุด 21 ราย รองลงมาคือจังหวัดปัตตานี และนราธิวาส 19 และ 11 ราย ตามลำดับ อันดับที่ 4 คือ ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล (ทุเรียน ลองกอง เงาะ กุ้ง มังคุด และละมุด) 40 ราย (12.78%) ซึ่งพบในจังหวัดปัตตานีมากที่สุด 23 ราย รองลงมาคือจังหวัดนราธิวาส และยะลา 13 และ 4 ราย ตามลำดับ สำหรับระบบการผลิตยางพาราที่มีสัดส่วนน้อย ได้แก่ ระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมัน ระบบการผลิตยางพาราและการทำไร่ ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ 5, 4 และ 1 ราย (1.60%, 1.28% และ 0.32%) ตามลำดับ

การตัดสินใจเลือกกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรชาวสวนยางขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ราคาผลผลิต เงินทุน สภาพเศรษฐกิจของครัวเรือน ความรู้และประสบการณ์ในกิจกรรมนั้น แรงงานครัวเรือน ระยะเวลา นโยบายของภาครัฐ สภาพทางภูมิศาสตร์ ซึ่งงานวิจัยของจันทน์ จุลเอียด และคณะ (2558) ได้กล่าวถึงรูปแบบระบบการผลิตยางพาราเพื่อการพึ่งพาตนเองใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ประกอบด้วย 1) การทำสวนยางพาราร่วมกับกิจกรรมการเกษตรแบบผสมผสาน เช่น เกษตรทฤษฎีใหม่ เกษตรผสมผสาน ไร่นาสวนผสมตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง 2) การทำสวนยางพาราร่วมกับการปลูกพืช ได้แก่ 2.1) พืชแซม 2.2) ไม้ยืนต้น เช่น ไม้ผล ไม้ใช้สอย 2.3) นาข้าว และ 3) การทำสวนยางพาราร่วมกับการเลี้ยงสัตว์

ในอดีตเกษตรกรชาวสวนยางมีระบบการผลิตยางพาราและกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรอื่นแบบผสมผสาน หรือที่เรียกว่า สวนผสม ซึ่งมีการเกื้อกูลซึ่งกันและกันในระบบการผลิต และถือเป็นแหล่งอาหารของครัวเรือน โดยสามารถหาอาหารได้จากสวนผสม เช่น สะตอ ผักเหมียง ลูกหยี เงาะ ลองกอง ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนได้ และสะท้อนให้เห็นถึงการพึ่งพาตนเอง อาจกล่าวได้ว่า เป็นการใช้กลยุทธ์หนึ่งครัวเรือน สองวิถีการผลิต โดยผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือน

และขาย แต่ในปัจจุบันผลจากการเข้ามาครอบงำของระบบเศรษฐกิจแบบทุนนิยม ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางต้องดิ้นรนเพื่อให้ได้เงินสำหรับใช้เป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยน การผลิตจึงเน้นการขายเป็นสำคัญ และรูปแบบการดำเนินชีวิตได้เปลี่ยนไปจาก “การทำมาหากิน” ไปเป็น “การทำมาค้าขาย” เห็นได้จากเกษตรกรชาวสวนยางประมาณครึ่งหนึ่งมีระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว เช่นเดียวกับเกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ของประเทศไทย (Somboonsuke and Wettayaprasit, 2013; Romyen et al., 2018)

ภาพปรากฏดังกล่าวเป็นผลมาจากราคายางพาราที่สูงในอดีตจนเกิดกระแสตื่นยาง อาจกล่าวได้ว่า ราคายางพาราเป็นสิ่งจูงใจให้เกษตรกรชาวสวนยางตัดสินใจปรับเปลี่ยนไปเป็นระบบดังกล่าว ซึ่งส่งผลให้ความหลากหลายทางชีวภาพในระบบการผลิตหายไป และเกิดค่าใช้จ่ายด้านอาหารเพิ่มขึ้น เพราะประมาณร้อยละ 90 ของอาหารที่ใช้บริโภคในครัวเรือนต้องซื้อ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านรายได้จากความไม่เสถียรภาพของราคายางพารา (Romyen et al., 2018) ซึ่งถือเป็นอุปสรรคสำคัญ (อารี วิบูลย์พงศ์ และคณะ, 2560) ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของครัวเรือนเกษตรกรชาวสวนยาง เพราะเกษตรกรชาวสวนยางต้องลงทุนและปฏิบัติงานในกิจกรรมการผลิตยางพารา โดยที่ยังไม่ทราบว่า ผลผลิตยางพาราจะขายได้ในราคาเท่าใด อย่างไรก็ตามการทำสวนยางพาราเป็นอาชีพที่เกษตรกรชาวสวนยางเหล่านี้มีประสบการณ์สูง จนเกิดเป็นความเชี่ยวชาญมากกว่ากิจกรรมการผลิตทางการเกษตรอื่น และเกษตรกรชาวสวนยางที่มีระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว จะมีความสะดวกในการจัดการ ซึ่งงานวิจัยของไซเพีย แวะหะมะ (2561) ได้รายงานไว้ว่า จุดแข็งสำคัญประการหนึ่งของเกษตรกรชาวสวนยางใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ คือ เกษตรกรชาวสวนยางมีความชำนาญในการกรีดยางพารา

จากปัญหาดังกล่าวไม่สงบในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ที่มีความรุนแรงต่อชีวิตและทรัพย์สิน เกษตรกรชาวสวนยางหลายรายจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนระบบการผลิตยางพารา โดยเพิ่มกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรเพื่อให้มีรายได้เพิ่มขึ้น และเพื่อเป็นแหล่งปัจจัยสี่ของครัวเรือน (จำนงค์ จุลเอียด และคณะ, 2557) เช่น ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจซึ่งเกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่เลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจเพื่อขาย เนื่องจากเห็นว่า แม้การเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจเพื่อบริโภคในครัวเรือนจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านอาหาร แต่ทำให้ครัวเรือนมีค่าอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น สำหรับระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากภาครัฐมีนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจในพื้นที่ผ่านโครงการเมืองต้นแบบสามเหลี่ยมมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืนซึ่งมีการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมัน อีกทั้งราคายางพาราและข้าวยังคงตกต่ำอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้เกษตรกรชาวสวนยางที่ทำนาข้าวร่วมด้วยประสบกับปัญหาภัยแล้ง ทำให้มีน้ำไม่เพียงพอ รวมถึงปัญหาการขาดแคลนแรงงานครัวเรือน และผลตอบแทนจากการทำนาข้าวไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ทำให้ไม่สามารถยกระดับความเป็นอยู่ของครัวเรือนให้ดีขึ้นได้ ขณะที่การทำสวนปาล์มน้ำมันมีรายได้ต่อหน่วยแรงงานมากกว่าการทำนาข้าว รวมถึงใช้แรงงานในการดูแลรักษาและเก็บเกี่ยวน้อย เมื่อเทียบกับการทำสวนยางพารา (อารี วิบูลย์พงศ์ และคณะ, 2560) เกษตรกรชาวสวนยางจึงโค่นต้นยางพาราเพื่อปลูกปาล์มน้ำมัน และปรับสภาพพื้นที่นาข้าวเพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน เช่น ขุดคูยกร่องปลูก ทำคูระบายน้ำ เพราะพื้นที่นาข้าวมีระดับน้ำใต้ดินสูง ซึ่งพันธุ์ปาล์มน้ำมันนำเข้ามาจากประเทศมาเลเซีย เช่นเดียวกับงานวิจัยของปานิษา สายพอง และคณะ (2560) ที่กล่าวว่า ด้วยปัญหาราคายางพาราตกต่ำอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เกษตรกรชาวสวนยางในตำบลเกาะขันธุ์ อำเภอยะยง จังหวัดนครศรีธรรมราชปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกยางพาราไปปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น หรือขายที่ดินเพื่อเปลี่ยนไปประกอบอาชีพอื่น

แม้ระบบการผลิตยางพาราแบบหลากหลายหรือผสมผสานจะส่งผลดีต่อระบบนิเวศในสวนยางพารา เป็นการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยลดค่ากำจัดวัชพืช และสามารถนำผลผลิตไปขายเพื่อชดเชยรายได้ที่ลดลงจากปัญหาราคายางพาราตกต่ำ (นิตดา รัศมีแพทย์ และสุพัตรา ศรีสุวรรณ, 2560) รวมถึงช่วยลดความรุนแรงของปัญหาอุทกภัย ตลอดจนมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว นอกจากนี้การปลูกพืชร่วมยางยังไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตยางพารา (สมบุญ ใจเจริญและคณะ, 2558) แต่หากเกษตรกรชาวสวนยางมีความรู้ในการผลิตที่ไม่ถูกต้องและเพียงพอ หรือเลือกกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรที่ไม่เหมาะสม จะก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ไม่พึงปรารถนาได้ เช่น ไม้ผลที่ไม่เหมาะสมจะปลูกเป็นพืชร่วมยางในกรณีที่ดินแห้ง เช่น ลองกอง เงาะ มังคุด เพราะให้ผลผลิตน้อยกว่าที่ควรจะเป็น อย่างไรก็ตามแม้ไม้ผลชนิดนั้นสามารถปลูกเป็นพืชร่วมยางแล้วได้ผลดี เช่น ทุเรียน ทว่าการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตจะช้ากว่า รวมทั้งปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จะน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการปลูกแบบอิสระ (สมบุญ ใจเจริญและคณะ, 2558) ดังนั้นการปลูกพืชหลายชนิดอาจทำให้รายได้เฉลี่ยของเกษตรกรชาวสวนยางไม่เพิ่มขึ้นตามที่ควรจะเป็นหรือลดลงได้เช่นกัน หากพืชที่ปลูกไม่มีความเหมาะสมสำหรับปลูกเป็นพืชร่วมยาง หรือไม่เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศและสภาพดินฟ้าอากาศในพื้นที่

การเปรียบเทียบรายได้และต้นทุนของระบบการผลิตยางพาราที่สำคัญในพื้นที่วิจัย

ระบบการผลิตยางพาราที่ให้รายได้สูง ได้แก่ ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจ ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล และระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมัน ให้รายได้ 338,650, 243,298 และ 193,920 บาทต่อปี ตามลำดับ (Table 1) ระบบการผลิตยางพารา 2 ระบบแรกมีการกระจายความเสี่ยงสูง เนื่องจากผลผลิตมีความหลากหลายและราคาดี อย่างไรก็ตาม ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจมีต้นทุนที่สูงถึง 169,890 บาทต่อปี ส่วนระบบการผลิตยางพารา 2 ระบบหลังมีต้นทุน 41,790 และ 7,011 บาทต่อปี ตามลำดับ ดังนั้นเกษตรกรชาวสวนยางที่ดำเนินระบบการผลิตยางพาราเหล่านี้ จำเป็นต้องมีเงินทุน รวมทั้งมีความรู้ในการผลิตสัตว์เศรษฐกิจ ไม้ผล และปาล์มน้ำมันที่ถูกต้องและเพียงพอ เพื่อให้การผลิตเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ขณะที่ระบบการผลิตยางพาราที่ให้รายได้ต่ำ ได้แก่ ระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว ระบบการผลิตยางพาราและข้าว เนื่องจากระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยวเป็นการผลิตเฉพาะอย่างเพื่อตอบสนองระบบตลาดและพึ่งพาสภาพตลาดสูง ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านการตลาด ตลอดจนไม่มีรายได้เสริมจากกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรอื่น สำหรับระบบการผลิตยางพาราและข้าวเป็นผลมาจากทั้งราคายางพาราและราคาข้าวที่ตกต่ำอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามก็ดีกว่าระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว รวมถึงระบบการผลิตยางพาราและข้าวมีต้นทุนไม่สูง 5,050 และ 3,916 บาทต่อปี ตามลำดับ

Table 1 Income, cost, and margin of different para-rubber production systems from 2019 to 2023 in the study area.

Production system	Income		Cost		Margin	
	2019	2023	2019	2023	2019	2023
S1	39,220	33,485	5,050	5,050	34,170	28,435
S2	243,298	225,046	41,790	41,790	201,508	183,256
S3	45,540	18,000	3,916	1,528	41,624	16,472
S4	193,920	176,908	7,011	7,011	186,909	169,897
S5	338,650	327,835	169,890	169,890	168,760	157,945

S1 is para-rubber monocropping production system, S2 is para-rubber and fruit production system, S3 is para-rubber and rice production system, S4 is para-rubber and oil palm production system, and S5 is para-rubber and economic animal production system.

ระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยว รวมถึงระบบการผลิตยางพาราและไม้ผลมีส่วนเหลือมลดลงจากปี พ.ศ. 2562 (34,170 และ 201,508 บาทต่อปี) เหลือ 28,435 และ 183,256 บาทต่อปีในปี พ.ศ. 2566 อันเนื่องมาจากปริมาณผลผลิตยางพาราที่ลดลงตามช่วงอายุ ขณะที่ค่าปุ๋ย ค่าสารเคมี และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะเท่ากันทุกปี เพราะใช้ปุ๋ย สารเคมี และน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณเท่าเดิม ทำนองเดียวกันระบบการผลิตยางพาราและข้าวมีส่วนเหลือมลดลงจากปี พ.ศ. 2562 (41,624 บาทต่อปี) เหลือ 16,472 บาทต่อปีในปี พ.ศ. 2566 เนื่องจากต้นยางพาราที่มีอายุมาก จะให้ผลผลิตคงที่ และเกษตรกรชาวสวนยางมีแผนที่จะโค่นต้นยางพาราในปี พ.ศ. 2565 ทำให้ระหว่างปี พ.ศ. 2565-2566 เกษตรกรชาวสวนยางจะไม่มีรายได้จากการขายผลผลิตยางพารา ส่วนรายได้จากการขายข้าวคงที่ตลอด 5 ปี เพราะเกษตรกรชาวสวนยางคาดว่าจะผลิตข้าวในปริมาณเท่าเดิม รวมทั้งค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว ค่าปุ๋ย และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะเท่ากันทุกปี เพราะใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว ปุ๋ย และน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณเท่าเดิม อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2565 เกษตรกรชาวสวนยางจะมีรายได้จากการขายไม้ยางพาราเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้ส่วนเหลือมสูงขึ้นผิดปกติ จึงไม่นำรายได้ดังกล่าวมาพิจารณา

ระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมันมีส่วนเหลือมลดลงจากปี พ.ศ. 2562 (186,909 บาทต่อปี) เหลือ 169,897 บาทต่อปีในปี พ.ศ. 2566 ซึ่งมีสาเหตุมาจากปริมาณผลผลิตยางพาราและผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ลดลงตามช่วงอายุ ขณะที่ค่าปุ๋ย ค่าสารเคมี และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะเท่ากันทุกปี เพราะใช้ปุ๋ย สารเคมี และน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณเท่าเดิม สำหรับระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจมีส่วนเหลือมลดลงจากปี พ.ศ. 2562 (168,760 บาทต่อปี) เหลือ 157,945 บาทต่อปีในปี พ.ศ. 2566 เนื่องด้วยปริมาณผลผลิตยางพาราที่ลดลงตามช่วงอายุ ขณะที่ปริมาณผลผลิตสัตว์เศรษฐกิจคงที่ทุกปี ตลอดจนค่าปุ๋ย ค่าอาหารสัตว์ ค่ายา และค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะเท่ากันทุกปี เพราะใช้ปุ๋ย อาหารสัตว์ ยา และน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณเท่าเดิม

สรุปผลการศึกษา

การทำสวนยางพาราภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ เป็นสิ่งที่ท้าทายและสร้างความเสี่ยงให้แก่เกษตรกรชาวสวนยางในพื้นที่เป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงมีความสำคัญ ซึ่งได้ข้อมูลเชิงประจักษ์สรุปได้ว่าเกษตรกรชาวสวนยางมีสภาพเศรษฐกิจสังคมประชากรที่เป็นข้อจำกัดในการพัฒนาอาชีพการทำสวนยางพารา เช่น มีอายุมาก ระดับการศึกษาไม่สูง และรายได้ต่ำ รวมทั้งมีสวนยางพาราขนาดเล็กมาก อย่างไรก็ตามเกษตรกรชาวสวนยางมีประสบการณ์การประกอบอาชีพทางการเกษตรสูง แรงงานคู่สามี-ภรรยาเป็นแรงงานหลักในการทำสวนยางพารา เกษตรกรชาวสวนยางส่วนใหญ่ขายผลผลิตในรูปลูก้อนถ้วย เกษตรกรชาวสวนยางที่ดำเนินระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยวมีจำนวนมากที่สุด แม้ว่าจะก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านรายได้จากความผันผวนของราคายางพารา รวมทั้งยังให้ผลตอบแทนในรูปลูก้อนถ้วยต่ำกว่าระบบการผลิตยางพาราอื่น ได้แก่ ระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจ ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล ระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมัน แต่ระบบการผลิตยางพาราดังกล่าวมีต้นทุนไม่สูง

การวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะต่อเกษตรกรชาวสวนยางและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับพัฒนาการผลิตยางพาราในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ดังนี้

1. เกษตรกรชาวสวนยางสามารถนำข้อค้นพบเกี่ยวกับการคาดการณ์รายได้และต้นทุนของระบบการผลิตยางพาราที่แตกต่างกันไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุนทำการเกษตรในเบื้องต้น และใช้ในการวางแผนการผลิตเพื่อเพิ่มรายได้ โดยหลักที่ควรคำนึงถึงในการเลือกระบบการผลิตยางพารา ประกอบด้วย 1.1) การกระจายความเสี่ยงด้านรายได้ และเสถียรภาพของราคาผลผลิตเฉลี่ยที่เกษตรกรชาวสวนยางได้รับ ด้วยการเพิ่มพื้นที่สีเขียว หรือการดำเนินระบบการผลิตยางพาราแบบหลากหลาย และ/หรือการเพิ่มแหล่งที่มาของรายได้ โดยเฉพาะอาชีพหรืองานที่ไม่ต้องใช้คุณสมบัติสูง เนื่องจากการทำสวนยางพาราไม่ได้ให้รายได้ต่อเนื่องตลอดปี ทำให้เกิดการว่างงานหรือการทำงานต่ำกว่าระดับในช่วงว่างผลัดใบ หรือบางช่วงของปีที่ต้องเผชิญภัยธรรมชาติที่รุนแรง แต่หากเกษตรกรชาวสวนยางยังคงดำเนินระบบการผลิตยางพาราเชิงเดี่ยวต่อไป ควรจัดทำบัญชีครัวเรือน และวางแผนทางการเงิน โดยเฉพาะการวางแผนใช้จ่ายในระยะเวลาที่มีรายได้และระยะเวลาที่ไม่มีรายได้ 1.2) การเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารและลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน โดยการปลูกพืชอาหารหรือเลี้ยงสัตว์ที่นำมาบริโภคในครัวเรือนได้ และ 1.3) การให้ความสำคัญกับปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและการพึ่งพาปัจจัยจากภายนอก เช่น การใช้วัสดุเหลือใช้/เศษเหลือทางการเกษตรหรือทรัพยากรเหลือใช้ในท้องถิ่นทดแทนการพึ่งพาปัจจัยการผลิตสมัยใหม่จากภายนอกหรือซื้อจากตลาด

2. การจัดอบรมในเรื่องที่จำเป็นหรือตามความต้องการของเกษตรกรชาวสวนยาง เช่น 2.1) การจัดการการผลิตทางการเกษตร เพื่อให้เกษตรกรชาวสวนยางสามารถวางแผนและตัดสินใจเกี่ยวกับการผลิตที่เชื่อมโยงกับการตลาด รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้อยู่ในระดับที่ควรจะเป็นหรือสูงขึ้น 2.2) การเลี้ยงสัตว์ที่ถูกต้องและได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของศาสนา 2.3) การปลูกพืชแซมยาง (ปลูกขณะต้นยางพารามีอายุน้อยกว่า 4 ปี) และพืชร่วมยาง (ปลูกร่วมกับยางพาราได้นาน และให้ผลผลิตควบคู่กันไป) ที่เหมาะสม และ 2.4) การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้เพราะระบบการผลิตยางพาราและสัตว์เศรษฐกิจ ระบบการผลิตยางพาราและไม้ผล ตลอดจนระบบการผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมันให้รายได้สูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเกษตรกรชาวสวนยางทั้ง 313 รายที่ให้ความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. แผนพัฒนาการเกษตรในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564).

กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กิตติวรรณ มะโนศักดิ์ และอุทัย นิสสภ. 2561. รูปแบบการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมต่อเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา ไม้ผลและไม้ยืนต้น และพืชผักและพืชไร่ภายใต้สถานการณ์ความไม่สงบในพื้นที่ในตำบลสูงเนินปาดิ อำเภอสว่างโฮงปาดิ จังหวัดนราธิวาส.

วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 5(1): 76-83.

จำนงค์ จุลเอียด, พรชุลย์ นิลวิเศษ, บำเพ็ญ เขียวหวาน และสมจิต โยระคง. 2557. การส่งเสริมเพื่อการพึ่งพาตนเองของเกษตรกรชาวสวนยางในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 6(2): 146-155.

จำนงค์ จุลเอียด, พรชุลย์ นิลวิเศษ, บำเพ็ญ เขียวหวาน และสมจิต โยระคง. 2558. รูปแบบการส่งเสริมเพื่อการพึ่งพาตนเองของเกษตรกรชาวสวนยางในจังหวัดชายแดนภาคใต้. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 7(1): 135-145.

- นัตรสุน พงศ์นิพนธ์. 2553. *หลักการวิจัยทางสังคม*. กรุงเทพฯ: เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.
- ชุตตา แก้วละเอียด. 2551. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของชาวสวนยางกับเหตุการณ์ความไม่สงบในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา* 3(1): 68-76.
- โชรพีนา เด่นสุมิตร. 2556. ผลกระทบจากสถานการณ์ความรุนแรงที่มีต่อการผลิตยางแผ่นดิบ: กรณีศึกษาของจังหวัดยะลา ประเทศไทย. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์* 19(4): 39-70.
- โชเพีย แวหะมะ. 2561. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรชาวสวนยางพาราในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนใต้. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์* 5(2): 96-110.
- ณรงค์ฤทธิ์ อดุลย์ฐานานุกิตติ และนราพร สังสะนา. 2562. 5 ความจริงยางพาราไทย: อดีตที่หายไป ความท้าทายใหม่ที่เข้ามา. https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/DocLib/_Article_23Dec2019.pdf (1 สิงหาคม 2563).
- เดอะสแตนดาร์ด. 2562. เปิดสถิติ 15 ปี สถานการณ์รุนแรงภาคใต้ที่ยังไม่คลี่คลาย. <https://thestandard.co/15-years-of-the-southern-violence/> (27 กรกฎาคม 2563).
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2555. *การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS*. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ: เอส. อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์.
- นัดา รัศมีแพทย์ และสุพัตรา ศรีสุวรรณ. 2560. การปลูกพืชเสริมรายได้ในสวนยางพาราของเกษตรกรอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 35(1): 117-124.
- นิติตา สิริพงศ์ทักษิณ. 2562. ผลกระทบจากนโยบายยางพาราของรัฐบาลต่อการปลูกยางพาราในไทย. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา* 11(2): 129-140.
- บุญธรรม กิจปรีดาภิรต. 2549. *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.
- ปาณิสสา สายพอง, สุพัตรา ศรีสุวรรณ และสุรินทร์ นิยมานุกร. 2560. ความคิดเห็นที่มีต่อการประกอบอาชีพการทำสวนยางพาราของเกษตรกรในตำบลเกาะขันธุ์ อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 35(2): 1-9.
- วิไลวัลย์ แก้วตาพิย์. 2560. ความเดือดร้อนของเกษตรกรชาวสวนยางพาราในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้. *แก่นเกษตร* 45(4): 693-702.
- ศิริพร จิรวัฒน์กุล. 2555. *การวิจัยเชิงคุณภาพทางการพยาบาล: ระเบียบวิธีวิจัยและกรณีศึกษา*. กรุงเทพฯ: ส. เอเชียนเพรส (1989).
- ศูนย์ประสานการปฏิบัติที่ 5, กองอำนวยการรักษาความมั่นคงภายในราชอาณาจักร. 2563. ยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดชายแดนภาคใต้ พ.ศ. 2563-2565. [https://www.isoc5.net/files/strategy_plan/\(สมบูรณ์\)ยุทธศาสตร์พัฒนา%20คอ.บต.ปี%2063.pdf](https://www.isoc5.net/files/strategy_plan/(สมบูรณ์)ยุทธศาสตร์พัฒนา%20คอ.บต.ปี%2063.pdf) (27 พฤษภาคม 2563).
- ศูนย์เฝ้าระวังสถานการณ์ภาคใต้. 2563. สรุปเหตุการณ์ในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ ประจำเดือนมิถุนายน 2563. <https://deepsouthwatch.org/sites/default/files/blogs/attachment/datasheet-062020-th.pdf> (27 กรกฎาคม 2563).
- สมบุญ เจริญจิระตระกูล, พลากร สัตย์ชื่อ และอริศรา ร่มเย็น. 2558. ความรู้ภาคปฏิบัติและบทเรียนกับการขับเคลื่อนเชิงนโยบายเพื่อเพิ่มพื้นที่การปลูกพืชร่วมยาง. *วารสารพัฒนาสังคม* 17(2): 35-50.
- สุกฤษดา พุ่มแก้ว, มานพ ทองไทย, สันติ อารักษ์คุณากร และพยอม ตอบประโคน. 2560. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของการประกอบอาชีพของเกษตรกรชาวสวนยาง กรณีศึกษาตำบลปากถ่อ อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา* 12(1): 107-116.
- สุชัยญา เหนือเมฆ. 2560. การปรับตัวในการประกอบอาชีพของสมาชิกครัวเรือนเกษตรกรในชุมชนบ้านท่าพร อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส. วิทยาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพัฒนการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้าปี 2562. <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/2563/commodity2562.pdf> (25 กรกฎาคม 2563).
- สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคใต้ชายแดน. 2559. แผนพัฒนากลุ่มจังหวัดภาคใต้ชายแดน 4 ปี (พ.ศ. 2561-2564) ฉบับปรับปรุง. https://www.osmsouth-border.go.th/news_develop (27 กรกฎาคม 2563).
- อรอนงค์ ลองพิชัย และไชยยะ คงมณี. 2562. การรับรู้ความเสี่ยงของเกษตรกรสวนยางในภาคใต้ของประเทศไทย. *วารสารปริชาต มหาวิทยาลัยทักษิณ* 32(2): 134-146.
- อารี วิบูลย์พงศ์, ปริญญา แก้วประดับ, ปรีต พรหมมี, อรอนงค์ ลองพิชัย, พิทยา บุญศรีรัตน์, ไชยยะ คงมณี, กันยา อัครอารีย์ และคณะ. 2560. โครงการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนากลุ่มจังหวัดภาคใต้ชายแดนระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579). https://www.osmsouth-border.go.th/files/com_news_strategy/2017-11_fd8549c27b07992.pdf (1 สิงหาคม 2563).
- Romyen, A., Satsue, P., and Charemjiratragul, S. 2018. Investigation of rubber-based intercropping system in Southern Thailand. *Kasetsart Journal of Social Sciences* 39(1): 135-142.
- Somboonsuke, B., and Wettayaprasit, P. 2013. *Agricultural system of natural para rubber smallholding sector in Thailand: system, technology, organization, economy, and policy implication*. Bangkok: Extension and Training Office (ETO), Kasetsart University.

วันรับบทความ (Received date) : 6 ส.ค. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 16 ธ.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 28 เม.ย. 64

การพัฒนาแบบการผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปเพื่อการผลิตสับปะรดไซเดอร์

Development of Instant Acetic Acid Bacteria Model for Pineapple Cider Production

สวรรยา ปัญญานันท์¹ วรณรัตน์ เจริญแสนยากร¹ ชนกภัทร ผดุงอรณ¹ และลักษมี หมั่นศรีธาราม¹
Sawanya Punyanunt¹, Wannarat Chalernsanyakorn¹, Chanokphat Phadungath¹ and Laksamee MeunSriitharam¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสับปะรดไซเดอร์ในรูปแบบการผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูป โดยคัดเลือกแบคทีเรียน้ำส้มสายชู *Acetobacter aceti* TISTR354 และ *Acetobacter pasteurianus* TISTR521 ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (glucose yeast extract broth) เป็นเวลา 3 วัน บ่มที่อุณหภูมิห้อง พบว่า *A. pasteurianus* มีความเหมาะสมต่อการเจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดีกว่า *A. aceti* เมื่อเก็บรักษาแบคทีเรียน้ำส้มสายชูโดยใช้วัสดุพองเชื้อ คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และหางนมผง พบว่า แบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่อยู่ในแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังมีจำนวนเซลล์รอดชีวิตใกล้เคียงกันคือ 5.97×10^7 และ 4.65×10^7 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ขนาดอนุภาคของแป้งข้าวเจ้า (ประมาณ 2-5 ไมครอน) มีขนาดเล็กและอนุภาคสม่ำเสมอกว่าแป้งมันสำปะหลัง (ประมาณ 5-20 ไมครอน) จึงสามารถพองรักษาเชื้อได้ดีและขนาดอนุภาคที่เล็กของแป้งข้าวเจ้ามีผลต่อการละลายเป็นเนื้อเดียวกันในน้ำหมักได้ง่ายกว่าแป้งมันสำปะหลัง นอกจากนี้อุณหภูมิและเวลาของการอบแห้งแป้งข้าวเจ้าด้วยตู้อบลมร้อน (ที่ 35 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง) เปรียบเทียบกับแป้งข้าวเจ้าที่ไม่ผ่านอบแห้งแล้วบรรจุทันทีในซองอลูมิเนียมฟอยด์สภาพสุญญากาศหลังจากเติมแบคทีเรียน้ำส้มสายชูแล้วมีปริมาณแบคทีเรียน้ำส้มสายชูรอดชีวิตหลังผ่านการอบแห้งเท่ากับ 7.80×10^7 โคโลนีต่อกรัม และ 1.15×10^8 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณเซลล์รอดชีวิตใกล้เคียงกันและเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลาอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ยังคงมีปริมาณแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสูงเพียงพอสำหรับการนำไปผลิตน้ำส้มสายชูหมักและสับปะรดไซเดอร์ต่อไปได้

คำสำคัญ: แบคทีเรียผง แบคทีเรียน้ำส้มสายชู น้ำส้มสายชูหมัก ไซเดอร์ สับปะรด

Abstract

The objectives of this research were to develop pineapple cider production technology in the form of instant acetic acid bacteria powder. Two types of acetic acid producing bacteria, *Acetobacter aceti* TISTR354 and *Acetobacter pasteurianus* TISTR521, were selected and grown in GYE broth with 3 days incubation at room temperature. It was found that *A. pasteurianus* was more suitable for cell growth and proliferation than *A. aceti*. Substrates tested to support the bacteria were rice starch, cassava starch and skim milk. The number of bacterial cells that survived on rice flour (5.97×10^7 CFU/g) was comparable to the number that survived on cassava starch (4.65×10^7 CFU/g). However, the particle size of the rice starch (2-5 microns) was smaller and more uniform than that of cassava starch (5-20 microns). The smaller particle size of rice starch meant that it was better homogenized and thus would be more soluble in fermented vinegar. In addition, the results showed that the temperature and time of drying of the supporting material could affect the survival of the bacterial cells. The work indicated that the cell survival concentration after drying with hot air dryer (at 35°C for 4 hr.) and that of the non-dried control were 7.80×10^7 and 1.15×10^8 CFU/g, respectively. After a storage time of at least 2 weeks, the number of surviving cells of bacteria was high enough for fermented vinegar and pineapple cider production.

Keywords: bacteria powder, acetic acid bacteria, vinegar, cider, pineapple

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง อ. จอมบึง จ. ราชบุรี 70150

¹ Food Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Muban Chombueng Rajabhat University, Chombueng, Ratchaburi 70150

*Corresponding author, Email: sawanya_net@hotmail.com

คำนำ

แบคทีเรียน้ำส้มสายชู หรือแบคทีเรียแอซิติก (acetic acid bacteria) เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งอยู่ในตระกูล Acetobacteraceae มีคุณสมบัติในการผลิตกรดน้ำส้มสายชูหรือกรดแอซิติกจากแอลกอฮอล์ โดยทั่วไปนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักเครื่องปรุงรสในอาหาร และถนอมอาหาร เช่น ผักผลไม้ดอง เป็นต้น (วันเชิญ โพธาเจริญ และคณะ, 2550) แบคทีเรียชนิดนี้ยังมีส่วนสำคัญในการผลิตเครื่องดื่มบำรุงกำลังและรักษาสุขภาพ เช่น น้ำหมักเห็ดราสเซีย (tea fungus or kombucha) ซึ่งเป็นเครื่องดื่มสุขภาพที่แพร่หลายในจีน ญี่ปุ่น และอินเดียมากกว่า 1,000 ปีก่อนคริสตกาล (Kerstens et al., 2006) ภายหลังมีการศึกษาองค์ประกอบของเครื่องดื่มชนิดนี้ พบว่ามีกรดและวิตามินหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและร่างกาย เช่น กรดแอซิติก กรดแลคติก กรดมาลิก กรดออกซาลิก กรดกลูโคนิก กรดอะมิโน วิตามิน B และวิตามิน C (Mohamad et al., 2015) จึงได้รับความนิยมทั่วไปทั้งในยุโรป สหรัฐอเมริกา และเอเชีย แบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารและเทคโนโลยีชีวภาพอีกหลายด้าน เช่น ผลิตเซลล์ลูโลส ผลิตน้ำตาลแอลกอฮอล์ (sugar alcohol) สามารถผลิตกรดไกลโคลิก (glycolic acid) เป็นสารที่ใช้ในอุตสาหกรรมซักฟอกผ้าและเครื่องหนัง รวมทั้งเป็นส่วนประกอบในการผลิตเครื่องสำอาง (Sengun and Karabiyikli, 2011)

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Mer) ถือเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยปีละ 23,000-25,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) จังหวัดราชบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่เป็นแหล่งเพาะปลูกสับปะรดที่สำคัญของประเทศ แหล่งเพาะปลูกหลักครอบคลุมในพื้นที่ 4 อำเภอ ได้แก่ บ้านคา สวนผึ้ง จอมบึง และปากท่อ นิยมปลูกมากคือ “พันธุ์ปัตตาเวีย” ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี เป็นพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย หรือสับปะรดบ้านคา แหล่งใหญ่ที่มุ่งเน้นการผลิตสับปะรดให้ได้คุณภาพ ตั้งแต่การผลิตจนถึงการตลาด (ไชยรัตน์ สัมบุณ, 2559) มีลักษณะพิเศษเฉพาะคือ มีสีเหลืองสวย กลิ่นหอม รสชาติหวานฉ่ำไม่กัดลิ้น ได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลให้ปลูกแบบขยายพื้นที่ (ชฎาพร โพธิ์สุวรรณ และคณะ, 2561) อย่างไรก็ตามยังคงมีสับปะรดที่มีขนาดเล็กไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงบางช่วงของปีมีผลผลิตสับปะรดเป็นจำนวนมาก ราคาของสับปะรดตกต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกษตรกรมีสับปะรดผลสดเหลือเป็นจำนวนมาก ศูนย์การเรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) ตำบลหนองพันจันทร์ อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี ได้มีการหาแนวทางใช้ประโยชน์สับปะรดเหลือทิ้งหรือสับปะรดตกเกรด โดยนำมาแปรรูปเป็นสับปะรดกวน น้ำสับปะรดที่เหลือนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากน้ำส้มสายชูหมักสับปะรด หรือเรียกว่า น้ำสับปะรดไซเดอร์ (pineapple cider) (ชนกภัทร ผดุงอรอด และคณะ, 2561)

ปัจจุบันทางกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านหนองจอกสามารถเรียนรู้การผลิตสับปะรดไซเดอร์ด้วยตนเอง เพื่อจำหน่ายในกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจคือกลุ่มผู้รักสุขภาพซึ่งเป็นตลาดเฉพาะกลุ่ม (niche market) ที่มีกำลังซื้อสูง อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องหรือเพียงพอ เนื่องจากยังไม่มี ความชำนาญในการทำลำเชื้อน้ำส้มสายชู ทำให้บางรุ่นการผลิตเสียไปในขณะที่แบคทีเรียน้ำส้มสายชูยังไม่มีจำหน่ายในรูปเชื้อสำเร็จรูป ส่วนใหญ่ใช้ในรูปแบบเชื้อบริสุทธิ์หรือเชื้อสด (slant culture) อายุการเก็บรักษาสั้น หรืออาจมีการผลิตในเฉพาะกลุ่มบุคคลเท่านั้น ซึ่งหาซื้อได้ยากและไม่มีการเปิดเผยสูตรการผลิต (ชินจิต ประกิจชัยวัฒนา และคณะ, 2559) ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงพัฒนารูปแบบการผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปชนิดผงเพื่อการผลิตสับปะรดไซเดอร์ และสามารถคัดเลือกวัสดุพียงเชื้อ (supporting materials) หรือรูปแบบการเก็บรักษาเชื้อที่เหมาะสมกับชุมชนท้องถิ่น (ภาววิดา เจริญจินดารัตน์ และดวงกมล ปานรศพิพ) ธรรมารัตน์, 2561) ลดต้นทุนการซื้อเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปชนิดผงเพื่อนำไปใช้ได้ง่ายขึ้น สะดวก และสามารถผลิตสับปะรดไซเดอร์แบบพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืนได้

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบ

แบคทีเรียน้ำส้มสายชู 2 สายพันธุ์ *Acetobacter aceti* TISTR354 และ *Acetobacter pasteurianus* TISTR521 จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

แป้งข้าวเจ้า ตราช้างสามเศียร บริษัท โรงเส้นหมี่ขอเอง จำกัด

แป้งมันสำปะหลัง ตราใบหยก บริษัท บางกอกอินเตอร์ฟู้ด จำกัด

หางนมผง ตราแดรี่ฟาร์ม บริษัท ไอเอสเอ็มฟู้ดส์โปรดักส์ จำกัด

สับปะรดบ้านคา ตำบลบ้านคา อำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี

ศึกษาระยะการเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมในการเก็บรักษา

ทำการคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียน้ำส้มสายชู 2 ชนิด คือ *Acetobacter aceti* TISTR354 และ *Acetobacter pasteurianus* TISTR521 โดยถ่ายเชื้อแบคทีเรียน้ำส้มสายชูจากหลอดอาหารแข็งลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (Glucose Yeast Extract Broth, GYE-broth) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องเขย่าให้อากาศ (shaker) แล้วจึงถ่ายเชื้อแบคทีเรียน้ำส้มสายชูแต่ละสายพันธุ์ปริมาณร้อยละ 3 โดยปริมาตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ GYE broth ปริมาตร 150 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง ด้วยเครื่องเขย่าให้อากาศ (shaker) ตรวจวิเคราะห์การเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน เพื่อติดตามการเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose Yeast Extract Agar ด้วยเทคนิคเกลี่ยบนผิวหน้าอาหารแข็ง (spread plate technique) เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์แบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมและช่วงเวลาที่มียานวนแบคทีเรียน้ำส้มสายชูเจริญสูงที่สุด (จารุวรรณ มณีศรี และพายุพ มาศนิยม, 2556)

ศึกษาวัสดุพองเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูป

เลือกอายุของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่มีจำนวนเซลล์เจริญสูงที่สุด (จากผลการทดลองระยะการเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่เหมาะสม) มาผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปโดยใช้วัสดุพองเชื้อ 3 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และหางนมผง โดยเตรียมเชื้อและเพาะเลี้ยงแบคทีเรียน้ำส้มสายชูเช่นเดียวกับการทดลองระยะการเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่เหมาะสม เมื่อได้สารแขวนลอยเชื้อ (culture suspension) แล้วจึงบีบผสมกับวัสดุพองเชื้อ (บรรจุวัสดุพองเชื้อแต่ละชนิดปริมาณ 5 กรัม ในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีน นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ด้วยความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที แล้วอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท) อัตราส่วนสารแขวนลอยเชื้อปริมาณ 1 มิลลิลิตรต่อวัสดุพองเชื้อ 5 กรัม และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 35 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง (Maneesri et al., 2011) จนกระทั่งแห้งสนิท แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์การเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่รอดชีวิตในวัสดุพองเชื้อทันที ตรวจวิเคราะห์การเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนที่มีชีวิต (total plate count) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (plate count agar, PCA) ตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) และตรวจลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM)

ศึกษาเทคนิคการอบแห้งที่เหมาะสมต่อการผลิตแบคทีเรียน้ำส้มสายชูสำเร็จรูป

นำวัสดุพองเชื้อที่เหมาะสม (สามารถเก็บรักษาแบคทีเรียน้ำส้มสายชูได้ปริมาณสูงที่สุด) มาศึกษาผลของการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 35 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการไม่อบแห้งและบรรจุในถุงพอลิโพรพิลีนและถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ โดยตั้งอากาศออกทันทีด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์การรอดชีวิตของแบคทีเรียน้ำส้มสายชู ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลาอย่างน้อย 2 สัปดาห์

การวิเคราะห์

ตรวจนับการเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคเกลี่ยบนผิวหน้าอาหารแข็ง (spread plate technique) เพื่อศึกษาการรอดชีวิตในอาหารเลี้ยงเชื้อ GYE บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3-5 วัน

ตรวจสอบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนที่มีชีวิต (total plate count)

ตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) (Aqualab Series 4TE)

ตรวจลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) และใช้กำลังขยายตั้งแต่ 500-7,500 เท่า

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ศึกษาระยะการเจริญของเชื้อแบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมในการเก็บรักษา

โดยนำแบคทีเรียน้ำส้มสายชู 2 สายพันธุ์ คือ *Acetobacter aceti* TISTR354 และ *Acetobacter pasteurianus* TISTR521 มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (GYE-broth) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเจริญ พบว่าแบคทีเรียน้ำส้มสายชู *A. aceti* เจริญได้ช้ากว่า *A. pasteurianus* เมื่อบ่มที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงใน Figure 1 จะเห็นได้ว่าแบคทีเรียน้ำส้มสายชู *A. pasteurianus* มีการเจริญในอาหารเหลวทำให้สีของอาหารขุ่น (Figure 1B) และเมื่อนำมาทดสอบการเจริญในอาหารแข็งที่มีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต เพื่อสังเกตการสร้างกรดแอซิด *A. pasteurianus* (Figure 1D) มีการสร้างกรดมาย่อยสลายละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในระหว่างเจริญ แสดงว่า *A. pasteurianus* มีความสามารถในการเจริญได้สูงกว่า *A. aceti* ซึ่งจาก Figure 1A และ Figure 1C ไม่พบการเจริญหรือการสร้างกรดของ *A. aceti*

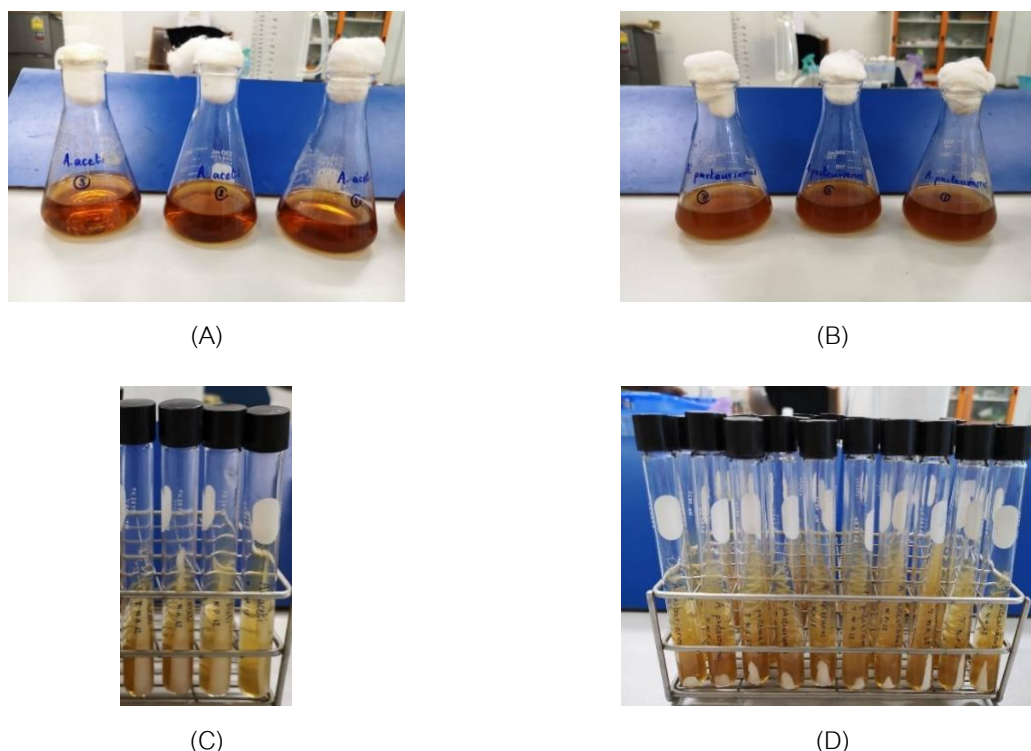


Figure 1 The appearance of growth *A. aceti* (A and C) and *A. pasteurianus* (B and D).

จากนั้นจึงนำแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชู *A. pasteurianus* มาศึกษากระบวนการเจริญที่เหมาะสมเพื่อใช้ผลิตเป็นหัวเชื้อในการหมักน้ำส้มสายชูจากสับปะรด ตรวจสอบการเจริญทุก ๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน ได้ผลการเจริญดังแสดงใน Table 1

Table 1 Growth of acetic acid bacteria in GYE-broth for 5 days incubation at room temperature.

Time (hrs)	Cell viability (CFU/ml)
24	3.56×10^5
48	5.34×10^6
72	2.52×10^8
96	1.13×10^8
120	3.64×10^8

พบว่าตั้งแต่วันที่ 2 ของการเจริญมีจำนวนแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูสูงถึง 10^6 CFU/ml ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ (เรณู อยู่เจริญ และคณะ, 2561) โดยวันที่ 3 มีการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูอยู่ในระดับ 10^8 CFU/ml คงที่จนถึงวันที่ 5 ของการเจริญ ดังนั้นการเจริญของแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูตั้งแต่วันที่ 3 จึงมีจำนวนสูงที่สุดเพียงพอต่อการนำไปศึกษารูปแบบการผลิตแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปต่อไป

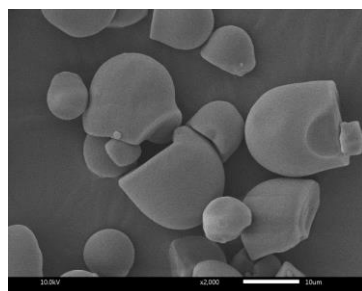
ศึกษาวัสดุพองเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูสำเร็จรูป

เมื่อนำแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชู *A. pasteurianus* ที่เจริญในอาหาร GYE-broth เป็นเวลา 3 วัน (จากการศึกษาระยะเวลาการเจริญของแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูที่เหมาะสม) มาเติมในวัสดุพองเชื้อ คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และหางนมผง ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วบรรจุในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปริมาณ 5 กรัม หลังจากเติมสารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูแล้วจึงอบต่อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง และวิเคราะห์การเจริญของแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูที่รอดชีวิตในวัสดุพองเชื้อทันทีพบว่า แบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูที่เก็บรักษาในแป้งข้าวเจ้ามีจำนวนเซลล์รอดชีวิต ประมาณ 10^7 โคโลนีต่อกรัม ใกล้เคียงกับแป้งมันสำปะหลัง แต่หางนมผงมีการเจริญของแบคทีเรียที่เลี้ยงน้ำส้มสายชูเพียง 10^4 โคโลนีต่อกรัม น้อยกว่า 10^6 โคโลนีต่อกรัม จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตต่อไป เมื่อพิจารณาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นพบว่าน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม และมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) หลังอบแห้งวัสดุพองเชื้อแต่ละชนิด ดังแสดงใน Table 2

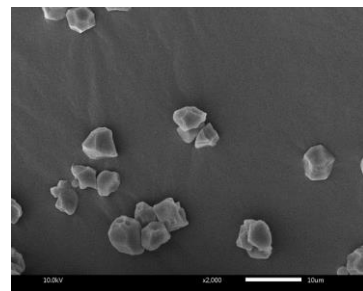
Table 2 Comparison of supporting materials on survival cell in instant acetic acid bacteria.

Supporting materials	a_w	Average survival cell (CFU/g)	Contaminated cell (CFU/g)
Rice starch	0.525	5.97×10^7	<10
Cassava starch	0.492	4.65×10^7	<10
Skim milk powder	0.318	2.16×10^4	<10

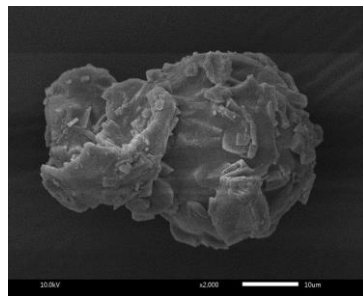
จากนั้นนำวัสดุพองเชื้อทั้ง 3 ชนิด คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และหางนมผง ไปตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังแสดงใน Figure 2 จากภาพจะเห็นได้ว่าตัวอย่างแบคทีเรีย น้ำส้มสายชูที่เก็บรักษาในแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะทางสัณฐานวิทยาเหมือนกับตัวอย่างแบคทีเรีย น้ำส้มสายชูที่ได้รับความอนุเคราะห์ (ไม่มีจำหน่ายทางการค้า) จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ทั้งนี้อนุภาคของแป้งข้าวเจ้ามีขนาดเล็ก (ประมาณ 2-5 ไมครอน) (Figure 2B) และมีความสม่ำเสมอสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง (ประมาณ 5-20 ไมครอน) (Figure 2A) และหางนมผง (ประมาณ 30-50 ไมครอน) จึงมีความสามารถพองรักษาเชื้อได้ดี ขนาดอนุภาคของแป้งนั้นส่งผลต่อความสามารถในการละลายเป็นเนื้อเดียวกันในน้ำหมักได้สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง สอดคล้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทย ในการผลิตลูกแป้งเพื่อเป็นการเก็บรักษาเชื้อโดยผสมแป้งข้าวเจ้ากับลูกแป้งสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของเครื่องเทศสมุนไพร เช่น กระเทียม ขิง ข่า ตะไคร้ และพริกไทย เป็นต้น ซึ่งมีข้อเสียคือไม่ทราบปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นที่แน่นอน เชื้อจุลินทรีย์อยู่ในรูปแบบผสมมีโอกาสปนเปื้อน และไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ดังนั้นการพัฒนารูปแบบการผลิตแบคทีเรีย น้ำส้มสายชูสำเร็จรูป จึงเลือกใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นวัสดุพองเชื้อที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาจุลินทรีย์หลักเพียงชนิดเดียวคือแบคทีเรีย น้ำส้มสายชู ซึ่งทราบจำนวนเชื้อเริ่มต้น และผ่านกระบวนการผลิตที่ลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการได้



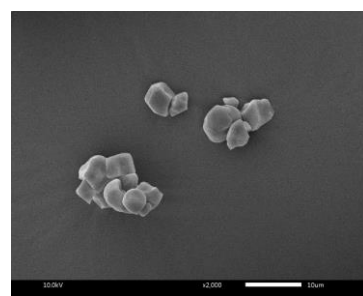
(A) cassava starch



(B) rice starch



(C) skim milk powder



(D) bacteria powder from TISTR

Figure 2 Scanning electron micrographs of (A) cassava starch, (B) rice starch, and (C) skim milk powder compare with (D) bacteria powder from TISTR.

ศึกษาเทคนิคการอบแห้งที่เหมาะสมต่อการผลิตแบคทีเรีย น้ำส้มสายชูสำเร็จรูป

หลังจากนำแบคทีเรีย น้ำส้มสายชู *A. pasteurianus* ที่เจริญในอาหารเหลวเป็นเวลา 3 วัน เติมน้ำสดพองเชื้อ คือ แป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (จากการทดลองข้างต้น) แล้วเปรียบเทียบกับการใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (Maneesri et al., 2011) อบแห้งแป้งเพื่อไล่น้ำและทำให้แป้งข้าวเจ้าแห้งสามารถเก็บรักษาเชื้อไว้ได้นานขึ้น

เปรียบเทียบกับ การไม่อบแห้งและดึงอากาศออกทันทีด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 5 องศาเซลเซียส) แล้วจึงนำมาวิเคราะห์การเจริญของแบคทีเรียน้ำส้มสายชูที่รอดชีวิตในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูที่รอดชีวิตหลังการอบแห้งและไม่ผ่านการอบแห้ง (โดยบรรจุแบบสุญญากาศทันทีหลังเติมแบคทีเรียน้ำส้มสายชู) ได้ผลดังแสดงใน Table 3 ในวันแรกจำนวนเชื้อหลังผ่านการอบแห้งในตู้อบ (7.80×10^7 โคโลนีต่อกรัม) มีเซลล์รอดชีวิตน้อยกว่าที่ไม่อบแห้ง (1.15×10^8 โคโลนีต่อกรัม) ทั้งนี้อุณหภูมิและเวลาในตู้อบมีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียน้ำส้มสายชู แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาต่อจนครบ 2 สัปดาห์ แบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูสำเร็จรูปทั้ง 2 รูปแบบที่ผ่านการอบแห้งและไม่ผ่านการอบแห้งนี้มีจำนวนแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูรอดชีวิตสูง (ประมาณ 10^6 โคโลนีต่อกรัม) เพียงพอสำหรับการนำไปผลิตน้ำส้มสายชูได้เช่นเดียวกัน ทั้งนี้สภาพที่ไม่ผ่านการอบแห้งนั้นสามารถที่จะรักษาจำนวนแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูได้ดีเทียบเท่ากับการอบแห้ง ลดขั้นตอนการผลิตได้ และตัวเซลล์แบคทีเรียดังกล่าวไม่ผ่านอุณหภูมิความร้อนที่รุนแรง ดังนั้นรูปแบบการผลิตแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูสำเร็จรูปโดยเก็บรักษาแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูที่มีจำนวนที่เหมาะสมเติมในวัสดุพุงเชื้อ คือ แป้งข้าวเจ้า ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนปริมาณ 5 กรัม สภาพไม่อบแห้งและดึงอากาศออกทันทีแบบสุญญากาศนั้นสามารถเก็บรักษาแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูและนำไปใช้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้นเพื่อผลิตสับปะรดไซเดอร์ในชุมชนได้

Table 3 Effect of dehydration on cell viability and stability.

Storage time (room temp.) (days)	Average survival cell (CFU/g)	
	Dried at 35°C 4 hrs	Non-dried
0	7.80×10^7	1.15×10^8
7	1.55×10^7	2.26×10^8
14	3.00×10^6	8.45×10^7

คณะผู้วิจัยได้นำสภาวะการเก็บรักษาแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูในแป้งข้าวเจ้ามาพัฒนาเป็นต้นแบบแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูสำเร็จรูปบรรจุอะลูมิเนียมฟอยล์ในสภาพสุญญากาศ (Figure 3) เพื่อใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรดที่เหมาะสมกับกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดราชบุรี ทั้งนี้ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาของแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูสำเร็จรูปนี้ในสภาวะอุณหภูมิอื่น ๆ ที่จะช่วยคงปริมาณเซลล์แบคทีเรียได้ดี และทดสอบประสิทธิภาพ การผลิตสับปะรดไซเดอร์จากแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูสำเร็จรูปนี้ในชุมชนต่อไป



(A) vacuum seal



(B) prototype of instant acetic acid bacteria

Figure 3 Prototype of Instant acetic acid bacteria.

สรุปผลการศึกษา

เมื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูสำเร็จรูปชนิดผงในห้องปฏิบัติการ พบว่าแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชู *A. pasteurianus* ที่มีการเจริญในอาหารเหลวเป็นเวลา 3 วัน มีความเหมาะสมต่อการเจริญและเก็บรักษามากกว่า *A. aceti* และการเปรียบเทียบวัสดุพุงเชื้อ คือ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และหางนมผง ต่อการเก็บรักษาแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชู พบว่า แบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูที่เก็บรักษาในแป้งข้าวเจ้ามีการรอดชีวิตได้ใกล้เคียงกับในแป้งมันสำปะหลัง มีจำนวนเซลล์รอดชีวิตประมาณ 10^7 โคโลนีต่อกรัม และลักษณะทางสัณฐานวิทยาเช่นเดียวกับแบคทีเรียที่ใช้น้ำส้มสายชูผงจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ที่ได้รับความอนุเคราะห์เพื่อการผลิตน้ำส้มสายชูแต่ไม่มีจำหน่ายทางการค้า ดังนั้นจึงเลือกใช้แบคทีเรียเจ้าเป็นวัสดุเพาะเชื้อในการเก็บรักษาแบคทีเรียที่เรืยนน้ำส้มสายชู และพัฒนาได้เป็นต้นแบบแบคทีเรียที่เรืยนน้ำส้มสายชูสำเร็จรูปชนิดผง บรรจุถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ในสภาพสุญญากาศ เพื่อใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากสับปะรดของกลุ่มเกษตรกรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ภายใต้งานวิจัยการบูรณาการการพัฒนาปัจจัยการผลิตการสร้างมูลค่าเพิ่มและการบริหารจัดการการตลาดเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรดจังหวัดราชบุรี ประเภททุนโครงการวิจัยท้าทายไทยและโครงการวิจัยตอบสนองนโยบายเป้าหมายรัฐบาลตามระเบียบวาระแห่งชาติ ปี 2561 และขอขอบคุณคุณคุณลาวัลย์ ชตานนท์ นักวิจัยจากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้คำปรึกษาในการผลิตเชื้อแบคทีเรียแอซิติกสำเร็จรูป

เอกสารอ้างอิง

- ไชยรัตน์ สัมฉน. 2559. สับปะรดแปลงใหญ่บ้านคา ต้นแบบแปลงดินเลวให้มีค่า. หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ. <https://www.thairath.co.th/content/680497> (20 มีนาคม 2560).
- จารุวรรณ มณีศรี และพ่ายพ มาศนิยม. 2556. รายงานวิจัย เรื่อง การผลิตกล้าเชื้อผงสำหรับทำขนมถ้วยฟู. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- ชญาพร โพธิ์สุวรรณ, ครองศักดิ์ ภาณุชนก, พุทธพร พุ่มโรจน์, นิชากร ปทุมรังสรรค์, อัจฉริยา โชติกลาง, อรรถพล อูสายพันธ์, ชนภัทร ผดุงอรรถ และคณะ. 2561. รายงานวิจัย โครงการสร้างมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจฐานรากจากพืชเศรษฐกิจชุมชน สับปะรดจังหวัดราชบุรี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- ชนภัทร ผดุงอรรถ, สวรรยา ปัญญานันท์ และวรรณรัตน์ เจริญแสนยาว. 2561. รายงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากน้ำส้มสายชูหมักสับปะรดเพื่อการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าสับปะรดเหลือทิ้ง. ใน ชุดโครงการสร้างมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจฐานรากจากพืชเศรษฐกิจชุมชนสับปะรดจังหวัดราชบุรี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- ชื่นจิต ประกิจชัยวัฒนา, ปวีรัตน์ ศุภมิตรโยธิน, ศานต์ เศรษฐชัยมงคล, อัจฉริยา สุริยา และชื่นจิต จันทจุญพงษ์. 2559. รายงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบการผลิตปลาร้าเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตและสร้างอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- ภาววิดา เจริญจินดารัตน์ และดวงกมล (ปานรศทิพ) ธรรมาธิวัฒน์. 2561. งานวิจัยท้องถิ่นเพื่อความเข้มแข็งของชุมชน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 36(2): 152-161.
- เรณู อยู่เจริญ, สโรชา กายเพชร, ปฐมาวดี เย็นจัตุรัส, ฐาปกรณ์ ชุมพล และศรัณย์ พรหมสาย. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทยโดยใช้แบคทีเรียโพรไบโอติก *Lactobacillus plantarum*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 7(2): 28-41.
- วันเชิญ โพธิ์เจริญ, ภัทรพร (ยุคนวน) รัตนวารี, ทวีศักดิ์ มะลิมาศ และยุชยะ ยามาตะ. 2550. แบคทีเรียผลิตกรดน้ำส้มสายชู (acetic acid bacteria). ใน รายงานการวิจัยในชุดโครงการวิจัยของภาควิชาชีววิทยา, วิทยาลัย โขขันธ์, บรรณาธิการ. น. 400-408. สำนักพิมพ์โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (Biodiversity Research and Training Program, BRT).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2556. <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/yearbook56.pdf> (29 กรกฎาคม 2562).
- Kerstens, K., Lisdiyanti, P., Komagata, K., and Swings, J. 2006. The family Acetobacteraceae: the genera *Acetobacter*, *Acidomonas*, *Asaia*, *Gluconacetobacter*, *Gluconobacter*, and *Kozakia*. In *The Prokaryotes: 3rd ed.*, Vol.5, M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K. H. Schleifer, and E. Stackebrandt, eds. pp. 163-200. New York: Springer.
- Maneesri, J., Masniyom, P., and Wipawan, W. 2011. Production of *Acetobacter aceti* starter powder by low temperature thermal drying. In *The 23rd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology*, C. Boonched, ed. pp. 190-192. The Imperial Queen Park Hotel, Bangkok, Thailand.
- Mohamad, N. E., Yeap, S. K., Lim, K. L., Yusof, H. M., Beh, B. K., Tan, S. W., Ho, W. Y. et al. 2015. Antioxidant effects of pineapple vinegar in reversing of paracetamol-induced liver damage in mice. *Chinese Medicine* 10(3): 1-10.
- Sengun, I. Y., and Karabiyikli, S. 2011. Importance of acetic acid bacteria in food industry. *Food Control* 22(5): 647-656.

วันรับบทความ (Received date) : 19 ก.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 18 ธ.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 27 เม.ย. 64

**อัตราส่วนของคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสม
ต่อคุณภาพของเจลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาว**
**Appropriate Carrageenan and Sucrose Ratios
on Quality of Green Tea and Jelly with Honey Lemon Flavor**

วัฒนา วิรุฒิกกร¹
Wattana Wirivutthikorn¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาว ทำการศึกษาอัตราส่วนของคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมในการเกิดเจล ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%DPPH inhibition) ในน้ำชาเขียวเบื้องต้นพบว่า น้ำชาเขียวมีค่าเท่ากับ 90.36 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และ 92.11 ตามลำดับ ศึกษาผลของอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารผสมระหว่างคาราจีแนนและซูโครสในการผลิตเจลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาวแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 0.5 : 3.9 ชุดการทดลองที่ 2 0.6 : 3.8 ชุดการทดลองที่ 3 0.7 : 3.7 และชุดการทดลองที่ 4 0.8 : 3.6 ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษาทางกายภาพพบว่า ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และค่าสีเหลืองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสพบว่า อัตราส่วนคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส 0.8 : 3.6 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.80 การลดปริมาณน้ำตาลซูโครสมีผลต่อคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ปริมาณฟีนอลิกและร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในชุดการทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 62.13 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และ 62.17 ตามลำดับ

คำสำคัญ: คาราจีแนน ซูโครส ชาเขียว เจลลี่

Abstract

The objective of this research was to develop green tea jelly with honey lemon flavor products. The optimal ratio of carrageenan and sucrose for gel formation and other characteristics were investigated. Preliminary analysis of the level of phenolic compounds and percentage of inhibition activity according to DPPH assay in green tea revealed 90.36 mg/g gallic acid and 92.11%, respectively. This research consisted in four experiments: 1) carrageenan and sucrose ratio 0.5 : 3.9, 2) carrageenan and sucrose ratio 0.6 : 3.8, 3) carrageenan and sucrose ratio 0.7 : 3.7, and 4) carrageenan and sucrose ratio 0.8 : 3.6. The physical, chemical, and sensory properties of green tea jelly with honey lemon flavor product were evaluated. The physical results indicated that L^* , $-a^*$, and b^* values were statistically different ($P \leq 0.05$). In addition, the results showed that sensory evaluation of the carrageenan and sucrose ratio of 0.8 : 3.6 gave the highest liking score, which was a value of 6.80. Reduction in the amount of sucrose cause reduced product acceptance levels. The level of phenolic compounds and percentage of inhibition activity in the experiment 4 were 62.13 mg/g gallic acid and 62.17, respectively.

Keywords: carrageenan, sucrose, green tea, jelly

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

¹ Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathum Thani 12130

*Corresponding author, Email: wattana@rmutt.ac.th

คำนำ

เยลลี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากผลไม้ หรือน้ำผลไม้เข้มข้น เช่น สับปะรด กระเจี๊ยบแดง สตรอว์เบอร์รี มะนาว ส้ม มะม่วง กับสารให้ความหวาน (sweetening agent) และสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling) เช่น เจลาติน (gelatin) คาราจีแนน (carrageenan) นำมาให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล (gel) โปร่งแสง เยลลี่ที่ดีต้องมีลักษณะใส และมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มแต่ไม่เหนียวจนหนืด และไม่เหลว ต้องแข็งพอที่จะคงรูปเดิมเมื่อตัดด้วยมีดก็เป็นเหลี่ยมตามรอยมีด มีความหยุ่นตัว ผลไม้ไทยมีกลิ่นรสและสีต่าง ๆ สามารถทำเป็นเยลลี่ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เยลลี่ในท้องตลาดได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มวัยเด็กถึงเด็กวัยรุ่นเนื่องจาก เยลลี่มีรูปร่างและสีสันสวยงาม ผลิตภัณฑ์มีความหลากหลายและสะดวกในการบริโภค (ชรินทร์ อุดมเมืองคำ, 2552) นอกจากผลไม้ไทยที่มีศักยภาพแล้ว ชาเขียวก็จัดได้ว่าเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจที่สามารถทดแทนผลไม้บางส่วนได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ในชาเขียวมีปริมาณสูง ได้แก่ โพลีฟีนอล คาเฟอีน กรดอะมิโน และสารให้กลิ่นรส การดื่มชาเขียวเป็นประจำจะลดอัตราการเสี่ยงโรคมะเร็งกระเพาะอาหาร และตับ เพราะสารโพลีฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็ง นอกจากนี้ชาเขียวยังมีวิตามินซี บี 1 บี 2 แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม (ภัทรวดี วงษ์วาศ และคณะ, 2560) เจลาตินเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ได้มาจากเส้นใยคอลลาเจน ประกอบด้วยกรดอะมิโนทั้งหมด 19 ชนิด ต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ (peptide) เป็นสายยาวย่อยง่าย เจลาตินเป็นโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็น คือ ทรีปโตเฟน เจลาตินที่ได้มาจากแหล่งต่างชนิดจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันและใช้เป็นส่วนประกอบที่ใช้กันทั่วไปในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทลูกกวาด เจลาตินมีหน้าที่ในการขึ้นรูปและปรับปรุงโครงสร้างและสร้างความแข็งแรงให้กับเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ และมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้มีการเติมน้ำตาลซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตมีหลายชนิด (สุวรรณ สุภิมาธ, 2543; อรุณ ชาญชัยชาววิวัฒน์ และคณะ, 2560) น้ำตาล หมายถึง น้ำตาลทรายหรือซูโครส (sucrose) ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตลูกกวาดทั่วไป น้ำตาลมีคุณสมบัติ คือ เป็นสารให้ความหวาน ซึ่งเป็นลักษณะที่เด่นมากของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก ให้เนื้อและน้ำหนักแก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในส่วนผสมโดยทั่วไปจะมีการใช้น้ำตาลร้อยละ 70 ของน้ำหนักทั้งหมด กลูโคสใช้ปรับจัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตลูกกวาดทุกชนิด รองลงมาจากน้ำตาล น้ำที่ของกลูโคสใช้ปรับ คือ ทำให้น้ำตาลที่อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิมัลชันยวดยาวไม่ตกผลึกออกมาหรือเกิดผลึกข้างหรือน้อยลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษา และกรดเป็นสารปรุงแต่งที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่รสชาติดีขึ้น กรดที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดมีอยู่ประมาณ 4-5 ชนิด ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดแลกติก และกรดแอสซิดิก (Woo, 1988) ชรินทร์ อุดมเมืองคำ (2552) ศึกษากระบวนการแปรรูปสาหร่ายไคโดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทเยลลี่ โดยใช้น้ำสกัดสาหร่ายไคที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ และเพกตินที่ระดับร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 วิเคราะห์หาสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และซีลีเนียม เมื่อนำน้ำสกัดจากสาหร่ายไคผลิตเยลลี่ พบว่าเยลลี่จากสาหร่ายไคมีสารฟีนอลิกในช่วง 78.43-155.44 มิลลิกรัมต่อความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 13.25-28.28 ซีลีเนียม 0.016-0.029 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจในสี กลิ่น และรสชาติระหว่างเยลลี่สาหร่ายไคกับเยลลี่น้ำธรรมชาติพบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง พงษ์ อุบโชน (2546) ศึกษาการพัฒนาเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียว เริ่มจากการสำรวจข้อมูลของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 84 เคยบริโภคชาเขียว ชาเขียวที่ทำจากยอดชาอ่อนและใบชาแก่ของชาพันธุ์อัสสัม มีค่า a_w น้อยกว่า 0.6 ทั้ง 2 ชนิด ค่าสีของผงชาเขียวบดละเอียด และค่าสีน้ำชาที่ได้มีลักษณะเป็นสีเขียวอมเหลือง ชาเขียวยอดอ่อนจะมีปริมาณแทนนิน สาร epigallocatechin gallate (EGCG) และคาเฟอีนมากกว่าชาเขียวใบแก่ แต่ค่าฟลูออไรด์จะมีค่าน้อยกว่าชาเขียวใบแก่ ผลการศึกษาการพัฒนาสูตรของเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวจะประกอบด้วยเจลาตินร้อยละ 6.84 กลูโคสใช้ปรับร้อยละ 46.58 น้ำตาลทรายร้อยละ 19.79 น้ำชาเขียวผสมร้อยละ 25.90 ผงชาเขียวผสมร้อยละ 0.38 เมนทอลร้อยละ 0.01 และกลิ่นรสชาเขียวสังเคราะห์ร้อยละ 0.5 โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมสารละลายกลูโคสใช้ปรับและน้ำตาลทรายเท่ากับ 123 องศาเซลเซียส จากการประเมินค่าคุณภาพของเยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวทางกายผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 28.10, 0.70 และ 8.16 ตามลำดับ ค่าความแข็ง 17.88 นิวตัน ค่าความสามารถในการเกาะตัวรวมกัน 0.78 ค่าความยืดหยุ่น 1.65 มิลลิเมตร ค่าความเหนียวเท่ากับ 18.38 นิวตัน ค่าความสามารถในการเกาะติดผิวเท่ากับ 1.81 นิวตัน มิลลิเมตร และค่า a_w เท่ากับ 0.714 ค่าคุณภาพทางเคมี ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 81.05 ความชื้นร้อยละ 18.95 คาเฟอีน 0.39 มิลลิกรัม/กรัม ฟลูออไรด์ 0.01 มิลลิกรัม/กรัม และปริมาณสาร epigallocatechin gallate 0.24 มิลลิกรัม/กรัม เยลลี่เจลาตินผสมชาเขียวบรรจุในซอง OPP20/DL/ CPP VM25 ความหนา 45 ไมครอน ที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้นานกว่า 8 สัปดาห์ จากการศึกษารายรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 91 ยอมรับผลิตภัณฑ์และมีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ และคณะ (2554) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้น้ำผักชนิดต่าง ๆ

ที่มีต่อคุณภาพของเจลในผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนน โดยแปรปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 0.8 และ 1.0 น้ำมะเขือเทศ น้ำแครรอต น้ำผักทองเท่ากับ 15, 20 และ 25 และน้ำกะหล่ำปลีสีม่วงเป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 ผลการศึกษาพบว่า เยลลี่ลักษณะที่ดีที่สุดและได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบนั้นมีส่วนประกอบของคาราจีแนนร้อยละ 1 ใช้น้ำมะเขือเทศ แครรอต และผักทองร้อยละ 25 แต่ใช้น้ำกะหล่ำปลีสีม่วงเพียงร้อยละ 5 เมื่อเทียบคุณภาพของเจลกับผลิตภัณฑ์คาราจีแนนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่จากน้ำผักทั้ง 4 ชนิด จะมีความแข็งของเจลอ่อนกว่าแต่มีความยืดหยุ่นและแรงที่หยุดเกาะกันทำให้วัตถุคงรูปได้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด จากรายงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นยังพบข้อมูลการผลิตเยลลี่ผสมชาเขียว แต่ยังไม่พบข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวเดิมกลั่นน้ำผึ้งมะนาว เมื่อพิจารณาข้อดีในด้านสรรพคุณชาเขียวและน้ำผึ้งโดยการนำชาเขียวมาผสมในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวจากที่มีผู้ศึกษาก่อนหน้านี้ (พจณี อุปโกชน, 2546) โดยนำชาเขียวที่ได้มาทดแทนน้ำผลไม้บางส่วนโดยศึกษาปริมาณชาเขียว คาราจีแนน และชูโครสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย การเก็บรักษาได้นานขึ้น ปรับปรุงกลิ่นรสโดยการเติมน้ำผึ้งและกลิ่นรสมะนาวเพื่อเพิ่มรสชาติให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่ชื่นชอบการบริโภคเยลลี่มากขึ้นในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชาเขียวและน้ำผึ้ง ซึ่งเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ด้านอาหารจากชาเขียวและน้ำผึ้งต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเตรียมน้ำชาเขียวจากผงชาเขียว

นำผงชาเขียวไปชั่งตามวิธีการชงชาตามมือ (อัตราส่วนชาเขียว 2 กรัม : น้ำ 200 มิลลิลิตร) และเตรียมน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เทน้ำร้อนลงไปในผงชาที่ชั่งไว้แล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3-5 นาที จากนั้นกรองเอากากชาเขียวออกด้วยผ้าขาวบาง เก็บน้ำชาเขียวที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป (ดัดแปลงจาก ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง, 2559)

การศึกษาปริมาณคาราจีแนนและน้ำตาลชูโครสที่เหมาะสม

เตรียมน้ำชาเขียวตามวิธีการเตรียมวัตถุดิบดังกล่าวจากข้างต้น จากนั้นนำมาเติมคาราจีแนน และน้ำตาลชูโครสโดยใช้อัตราส่วนคาราจีแนนเท่ากับ 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 ตามลำดับ น้ำตาลชูโครสเท่ากับ 3.6, 3.7, 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ ดัง Table 1 ให้ความร้อนน้ำชาเขียวผสมคาราจีแนนและน้ำตาลชูโครสที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนคาราจีแนนละลายหมด จากนั้นนำมาเทลงในถ้วยพลาสติกทนร้อนแล้วนำเข้าตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้เกิดเจล (ดัดแปลงจาก พจณี อุปโกชน, 2546; กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และนัทธมน พุฒดวง, 2559)

การศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตเยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาว

เตรียมนส่วนผสมต่าง ๆ ละลายส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังรายละเอียดใน Table 1 จากนั้นนำมาต้มให้ความร้อนจนกระทั่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำจะละลายได้ทั้งหมด ทำการเติมน้ำชาเขียวที่เตรียมไว้ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการเติมน้ำผึ้ง กลูโคสไซรัป กรดมาลิก และกลิ่นมะนาว ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดโดยใช้ hand refractometer 0-32 องศาบริกซ์ ยี่ห้อ KONA MINOLTA รุ่น CM-3500d ทำการกำจัดฟองอากาศออกให้หมด บรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีจุลฝาปิด ตั้งทิ้งไว้จนเท่าอุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 30 นาที นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก พจณี อุปโกชน, 2546; กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และนัทธมน พุฒดวง, 2559)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียว

การวัด L^* , a^* และ b^* นำน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่มาวัดสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ HunterLab รุ่น ColorFlex (AOAC, 2000)

Table 1 Mixed ingredients ratio in the production of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Ingredient	Experiment			
	1	2	3	4
Carrageenan (g)	0.5	0.6	0.7	0.8
Sucrose (g)	3.9	3.8	3.7	3.6
Malic acid (g)	0.1	0.1	0.1	0.1
Honey (g)	4.3	4.3	4.3	4.3
Glucose syrup (g)	20	20	20	20
Green tea juice (ml)	60	60	60	60
Water (ml)	30	30	30	30
Lemon flavor (ml)	0.2	0.2	0.2	0.2

Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

Source: Adapted from Tungsatitporn et al. (2013).

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียว

นำน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวมาผ่านการกรองตะกอนส่วนที่ไม่ละลายออกและหาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำชาเขียว นำน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ผ่านการกรองมาหาค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu (ดัดแปลงจาก Shen et al., 2009) หาร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวและผลิตภัณฑ์เยลลี่โดยใช้วิธี DPPH (ดัดแปลงจาก Zaeoung et al., 2005) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) Ohaus รุ่น Starter 3100 โดยในการวัดจะควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เยลลี่ให้ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid content) โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดยี่ห้อ KONA MINOLTA รุ่น CM-3500d (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) ใช้วิธี 9-point hedonic scale โดยให้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน กำหนดให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุดไปจนถึงระดับคะแนน 9 หมายถึงชอบมากที่สุด โดยให้พิจารณาการให้คะแนนด้านลักษณะภายนอกที่ปรากฏ สี ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม (ดัดแปลงจาก ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2555)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในการเตรียมน้ำชาเขียว พบว่า น้ำชาเขียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 90.36 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่พบได้ในชาเขียวขึ้นอยู่กับชนิดของใบชา อุณหภูมิ น้ำร้อน เวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการแช่ชา ล้วนมีอิทธิพลต่อปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก การชงชาในอัตราส่วน 1 : 100 กรัมต่อมิลลิตรพบว่า มีสารพอลิฟีนอลิก 93.33 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และการศึกษาร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียว พบว่า น้ำชาเขียวมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระร้อยละ 92.11 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มกรดฟีนอลิกที่มาจาก

hydroxybenzoic acid กลุ่มฟลาโวนอยด์ กลุ่มสตีลพีน และกลุ่มลิกนินและโพลีเมอร์ของลิกนิน โดยชาเขียวอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ พบว่า มีค่าร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระจากการเตรียมน้ำชาเขียวในช่วง 75-90 (วัฒนา วิวิธภูมิกร, 2562) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาเขียวเริ่มต้นก่อนนำมาผสมกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ พบว่า น้ำชาเขียวมีสีเขียวเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 6.72 ค่าสีเขียว ($-a^*$) เท่ากับ -0.25 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 5.83 (ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เขื่อนมั่ง, 2559)

จากการศึกษาผลของปริมาณการเติมคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่มีต่อการผลิตเยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาว โดยทำการศึกษาผลของปริมาณการเติมคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสจำนวน 4 ชุดการทดลองดัง Table 2 ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 0.5 : 3.9 ชุดการทดลองที่ 2 0.6 : 3.8 ชุดการทดลองที่ 3 0.7 : 3.7 และชุดการทดลองที่ 4 0.8 : 3.6 เมื่อสังเกตลักษณะภายนอกผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันในด้านสี เนื้อสัมผัสความคงตัว เนื่องจากในแต่ละสิ่งทดลองใส่ปริมาณคาราจีแนนและน้ำตาลซูโครสที่ต่างกัน ผลการทดลองดังแสดงใน Table 2 จากตารางเมื่อพิจารณาจากลักษณะภายนอกสังเกตได้ว่า ค่าสีในแต่ละชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 สีเข้มที่สุด ส่วนกลิ่นในแต่ละชุดการทดลองจะเป็นกลิ่นผสมระหว่างชาเขียวและน้ำผึ้งผสมมะนาวใกล้เคียงกันมาก ความแข็งแรงของเจลตามปริมาณคาราจีแนนที่เติมโดยชุดการทดลองที่ 4 เติมน้ำคาราจีแนนมากที่สุด เมื่อวัดความแข็งแรงของเจลโดยใช้มือกดสัมผัส การเติมน้ำคาราจีแนนที่มากมีผลต่อความแข็งแรงของเจล เนื่องจากปริมาณคาราจีแนนที่เติมมีความเข้มข้นมากกว่าสูตรอื่น จึงทำให้มีโครงสร้างของเจลที่มีความแข็งแรงมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ เจลของคาราจีแนนจะมีความยืดหยุ่น (elastic) ความแข็งแรงของเจลจะมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิลดลงความแข็งแรงของเจลก็จะเพิ่มขึ้น เวลาในการเกิดเจลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคาราจีแนน ความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น (Uddin and Khanom, 1992; Sousa et al., 1997)

Table 2 Physical appearance of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Picture	Color	Odor	Gel strength
1		Pale green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Slightly gel strength
2		Dark green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Medium gel strength
3		Dark green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Hard gel strength
4		Dark green	Mixed green tea and honey lemon flavor	Strongest gel strength

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านความสว่าง ค่าสีเขียวและสีเหลืองของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาวทั้ง 4 ชุดการทดลองดัง Table 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวกลั่นน้ำผึ้งมะนาวทั้ง 4 ชุดการทดลองมีสีเขียวเข้มแตกต่างกัน ($P < 0.05$) (วัฒนา วิวิธภูมิกร, 2563) ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณคาราจีแนนที่เติมลงไป โดยเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว และสีเหลืองเพิ่มขึ้น ค่าสีเขียวและสีเหลืองที่วัดได้มีแนวโน้มการเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่พบในคาราจีแนนเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ เป็นสารที่สกัดจากพืชที่มีคลอโรฟิลล์เป็นส่วนประกอบหลักจึงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณคาราจีแนนที่เติม (Demars and Ziegler, 1996; Langendorff et al., 1999; Garcia, 2000)

Table 3 Physical properties of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Physical values		
	L*	-a*	b*
1	5.76 ^c	-0.47 ^c	4.13 ^c
2	5.90 ^b	-0.51 ^c	4.35 ^b
3	5.92 ^b	-1.90 ^b	4.39 ^b
4	6.40 ^a	-3.04 ^a	5.40 ^a

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

จากการทดลองการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาวดัง Table 4 ทั้ง 4 ชุด การทดลอง แสดงให้เห็นว่าปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครสที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี โดยเฉพาะค่าความเป็นกรดทั้งหมดและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความเป็นกรดทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงร้อยละ 0.21-0.42 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส (Xu et al., 1992) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าลดลงเล็กน้อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 10.30, 10.00, 10.50 และ 11.00 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าการเติมปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง (Glicksman, 1969) ปริมาณฟีนอลิกและร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (วัฒนา วิวิธภูมิกร, 2562) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นที่วัด ในทางทฤษฎีสามารถอธิบายได้ว่า สารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่พบในชาเขียวและปริมาณที่เติมลงไป อาจจะไม่มากพอที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด ทำให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกัน เช่น มีการสังเคราะห์ และมีการสลายตัว โดยมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น แสง และอุณหภูมิ เป็นต้น วิธีการวิเคราะห์ร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว อนุมูลอิสระ DPPH ในสารละลายมีสีม่วง เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH จะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระต่อไป ซึ่งจะเห็นเป็นสารสีเหลืองนวล ส่วน phenoxyl radical ที่เกิดขึ้นจะจับกันทำให้ปฏิกิริยาถูกใช้ของการเกิดอนุมูลอิสระหมดไป แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ อาจจะมีอิทธิพลที่เกี่ยวข้องกับรงควัตถุในพืชที่สามารถรบกวนการดูดกลืนแสงทำให้มีความแม่นยำน้อย (ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง, 2559)

Table 4 Chemical properties of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Chemical values				
	pH ^{ns}	Total acidity* (%)	Total soluble solid* (°Brix)	Phenolic (mg/g gallic acid) ^{ns}	DPPH Inhibition (%) ^{ns}
1	3.31	0.42 ^a	11.00 ^a	63.33	64.12
2	3.31	0.42 ^a	10.50 ^b	63.10	62.15
3	3.32	0.35 ^b	10.00 ^{bc}	64.33	63.23
4	3.33	0.21 ^c	10.30 ^c	62.13	62.17

*Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at the 95 percent level of significance, ns = non-significant.

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

Table 5 Sensory properties of different ratios of blended carrageenan and sucrose.

Experiment*	Attribute values					
	Appearance*	Color*	Odor ^{ns}	Taste*	Texture*	Overall acceptability*
1	5.60 ^d	6.80 ^a	7.10	6.83 ^b	5.16 ^c	4.96 ^d
2	6.17 ^c	5.96 ^b	9.06	6.60 ^b	5.46 ^c	5.36 ^c
3	6.60 ^b	5.30 ^c	6.86	5.90 ^a	6.30 ^b	6.13 ^b
4	7.26 ^a	5.40 ^c	6.86	5.56 ^a	6.90 ^a	6.80 ^a

*Different letters within a column indicate differences determined by Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) at the 95 percent level of significance, ns = non-significant.

*Experiment 1 carrageenan : sucrose ratio 0.5 : 3.9.

*Experiment 2 carrageenan : sucrose ratio 0.6 : 3.8.

*Experiment 3 carrageenan : sucrose ratio 0.7 : 3.7.

*Experiment 4 carrageenan : sucrose ratio 0.8 : 3.6.

ผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาว เตรียมโดยใช้คาราจีแนน 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 ต่อปริมาณน้ำตาลซูโครส 3.9, 3.8, 3.7 และ 3.6 แสดงดัง Table 5 ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครสมีผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มอัตราส่วนความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส ทำให้คะแนนคุณลักษณะลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนความชอบทางด้านสีลดลง แต่อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนร่วมกับน้ำตาลซูโครสไม่มีผลต่อการยอมรับทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเยลลี่ที่เตรียมโดยใช้ความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส 0.8 : 3.6 จะได้คะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.26, 5.56, 6.90 และ 6.80 ตามลำดับ และเยลลี่ที่เตรียมโดยใช้ความเข้มข้นของปริมาณคาราจีแนนต่อน้ำตาลซูโครส 0.5 : 3.9 จะได้คะแนนการยอมรับทางด้านสีมากที่สุด โดยมีคะแนนการยอมรับเท่ากับ 6.90 จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของการเติมคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณซูโครสในรูปความหวานที่ลดลง ก่อให้เกิดผลดีด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสการเกิดเจลที่ดี และการยอมรับรวมที่ดี แต่ส่งผลด้านสี กลิ่น และรสชาติ เนื่องจากความหวานที่ลดลง ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภครสชาติหวาน (สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ และคณะ, 2554; อินทิรา ลิจินทร์พร และคณะ, 2558; กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์ และคณะ, 2559; วัฒนา วิรุฒิกกร, 2562)

สรุปผลการศึกษา

ผลของปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ชาเขียวกลิ่นน้ำผึ้งมะนาวพบว่า ปริมาณคาราจีแนน และน้ำตาลซูโครสอัตราส่วน 0.8 : 3.6 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิต ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.80 และสอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ดัง Table 2, 3 และ 4 การลดปริมาณน้ำตาลซูโครสมีผลต่อคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ปริมาณฟีนอลิกและร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 62.13 มิลลิกรัมต่อกรัมกรดแกลลิก และ 62.17 ตามลำดับ จากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมีแนวคิดของการผสมด้วยสมุนไพรชนิดอื่น ๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่สมุนไพรในเชิงธุรกิจได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารชั้นปีที่ 4 เจ้าหน้าที่สาขา คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้การช่วยเหลือด้านการเตรียมตัวอย่าง การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการปฏิบัติการ ตลอดจนการสนับสนุนทุนวิจัยด้วยงบประมาณคณะฯ จนแล้วเสร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กมลพิพัฒน์ ชนะสิทธิ์, ปรัชญา แพนงค และศศิธร ป้อมเชียงพิณ. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่. ใน *การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8*. 24-26 สิงหาคม 2559. น. 63-71. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- กุสุมา ทินกร ณ อยุธยา และนันทน พุฒดวง. 2559. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชเพื่อสุขภาพ. *เทคโนโลยีอาหาร* 11(1): 13-20.
- ชรินทร์ อดิเมืองคำ. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไก่อ. *ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*.
- ชานนท์ นัยจิตร และอนุรักษ์ เชื้อมั่ง. 2559. การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสารประกอบพีนอลและนิโคตินของสมุนไพรไทย 15 ชนิด. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 24: 351-361.
- ดวงกมล ตั้งสฤตพร, ชิดชนก เอมสมร และธัญชนก จรสมร. 2556. การใช้ประโยชน์จากแกนสับปะรดและชาหญ้าในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่ม. *วิชาการและวิจัย มทร.พระนคร (พิเศษ)*: 24-35.
- พจน์ อุโภชน. 2546. การพัฒนาเจลลี่เจลาตินผสมชาเขียว. *วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.
- ไพโรจน์ วิริยจรี. 2545. *การประเมินทางประสาทสัมผัส*. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนากล้วยไม้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยจรี. 2555. *การออกแบบการตลาด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนากล้วยไม้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภัทราวดี วงษ์วาศ, วิชุดา ตาภัย และดำรงศักดิ์ ฤทธิงาม. 2560. ทศนคติและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเขียวแบบซอง. *แก่นเกษตร* 45(1)(พิเศษ): 1459-1463.
- วัฒนา วิรุฒิกร. 2562. ผลของการอบแห้งที่มีต่อคุณภาพการเก็บรักษากล้วยไม้ชาเขียวผสมกระเจียบเขียวและมะลิ. *วิทยาศาสตร์เกษตร* 50(1)(พิเศษ): 469-475.
- วัฒนา วิรุฒิกร. 2563. อัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมี่น้ำสับปะรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดผักขาว. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 38(3): 400-407.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่เหลว เยลลี่อ่อน และเยลลี่แข็ง (มผช 519/2547). http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps518_47.pdf (10 มกราคม 2557).
- สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ, ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา, ผาณิต ไทยยันโต และเบญจวรรณ ธรรมธนาภิรักษ์. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก. *วิทยาศาสตร์เกษตร* 42(2)(พิเศษ): 509-512.
- สุวรรณา สุภิมากร. 2543. *เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและซ็อกโกแลต*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุณ ชาญชัยเขาวีวัฒน์, ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ และสุวินัย เกิดทับทิม. 2560. การสร้างตูบมลูกแบ่งและการแปรรูปกัมมี่เยลลี่จากข้าวหมากผสมสมุนไพรเพื่อเป็นขนมเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและใช้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน. ใน *รายงานการวิจัยและการพัฒนาการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.
- อินทรา ลิจันทรพร, ภูรินทร์ อัครกุลธร, นพรัตน์ ปานสอาด และวิณา สวทยทอง. 2558. ปริมาณสารประกอบพีนอลและสารต้านอนุมูลอิสระของลูกเกดเสริมผงใบบัวหลวง. ใน *การประชุมวิชาการ "การพัฒนาบัวให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ครั้งที่ 12 ปทุมธานี เมืองบัว"*. 29 ตุลาคม 2558. น. 110-114. พิพิธภัณฑบัว, ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- AOAC. 2000. *Official methods of analysis*, 17th ed. USA: The Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Demars, L. L., and Ziegler, G. 1996. Texture and structure of gelatin / HM pectin-based gummy confections. *Food Hydrocolloids* 15(4): 643-653.
- Garcia, T. 2000. Analysis of gelatin-based confections. *The Manufacturing Confectioner* 80(6): 93-101.
- Glicksman, M. 1969. *Gum technology in food industry*. 1st ed. New York: Academic Press.
- Langendorff, V., Cuvelier, G., Launay, B., Michon, C., Parker, A., and Kruij, C. G. D. 1999. Casein micelle/iota carrageenan in interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids* 13(3): 211-218.
- Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., and Bao, J. S. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size, and weight. *Cereal Science* 49: 106-111.
- Sousa, I. M. N., Matias, E. C., and Laureano, O. 1997. The texture of low calorie grape juice jelly. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung (Germany)* 205(2): 140-142.
- Uddin, M. B., and Khanom, S. A. A. 1992. Comparative studies on single and mixed-fruit jelly preparation. *Nutrition Bangladesh* 5(2): 21-26.
- Woo, A. 1988. Use of organic acids in confectionery. *The Manufacturing Confectioner* 78(8): 63-70.
- Xu, S. Y., Stanley, D. W., Goff, H. D., Davidson, V. J., and Maguer, M. L. 1992. Hydrocolloid/milk gel formation and properties. *Food Science* 57: 96-102.
- Zaeoung, S., Plubrukarn, A., and Keawpradub, N. 2005. Cytotoxic and free radical scavenging activities of Zingiberaceous rhizomes. *Songklanakarin Journal Science Technology* 27: 799-812.

วันรับบทความ (Received date) : 26 มี.ค. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 29 พ.ย. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 27 เม.ย. 64

การศึกษาอัตราส่วนเนื้อสละและชนิดของยีสต์ที่เหมาะสมต่อการผลิตไวน์

Study on Ratio of Salak Fruit and Strain of Yeast Suitable for Wine Production

วาสนา สุโยธา¹ และสุรศักดิ์ บุญรุ่ง¹
Wasana Suyotha¹ and Surasak Bunrung¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการหมักไวน์สละจาก 6 สูตร โดยแต่ละสูตรมีความแตกต่างในส่วน of เนื้อสละ และสายพันธุ์ของยีสต์ที่ใช้ ซึ่งใช้เนื้อสละที่ปริมาณ 100 กรัม 250 กรัม และ 500 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร แล้วเติมยีสต์ทางการค้าสองสายพันธุ์คือ *Saccharomyces cerevisiae* K1-V1116 และ EC-1118 ผลการทดลอง พบว่า การใช้ปริมาณเนื้อสละในอัตราส่วนที่สูงนั้นส่งผลต่อการเร่งระยะเวลาในการหมักไวน์ โดยปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์จากเนื้อสละ 500 กรัม (สูตรที่ 5 และ 6) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีปริมาณสูงประมาณร้อยละ 13 ภายใน 16 วันหลังการหมัก เมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงระหว่างขบวนการหมัก พบว่า *S. cerevisiae* K1-V1116 จะมีกิจกรรมในการหมักแอลกอฮอล์ได้ดีกว่า *S. cerevisiae* EC-1118 หลังการหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน สูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ และค่าพีเอช อยู่ในช่วง 6.0-8.0 และ 3.62-3.80 ตามลำดับ สำหรับสูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณของแข็งละลายน้ำ เท่ากับ 13.0 และค่าพีเอช เท่ากับ 3.30 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ไวน์สูตรที่ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำและมีปริมาณของแข็งละลายน้ำในระดับสูงจะได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด (จากคะแนนเต็ม 9) โดยสูตรที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ สูตรที่ 2 ได้ 7.13±1.20 คะแนน เมื่อศึกษาผลปริมาณยีสต์ที่แตกต่างกันในการหมักไวน์สูตรที่ 2 ในช่วง 0.1-1.0 กรัมต่อ 1 ลิตรของน้ำมัส พบว่าไวน์ที่ใช้ยีสต์ 0.5 กรัมต่อลิตร ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ 7.21±1.03

คำสำคัญ: ไวน์ สละ หัวเชื้อ คุณภาพไวน์ การทดสอบทางประสาทสัมผัส

Abstract

This research aimed to determine the optimal formula for wine production from snake fruit (salak). Six wine formulas that differed in ratio of salak fruit to water and strain of commercial yeast were studied. 100 g, 250 g, or 500 g of salak fruits were used in 1 l fermentation setups. Commercial *Saccharomyces cerevisiae* K1-V1116 and *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 (1.0 g) were separately added to the fruit must. The results showed that high fruit content facilitated the fermentation time of wine. The alcohol content in wine from 500 g of fruit rapidly increased and reached the maximum value of 13.5% within 16 days. During the fermentation period, *S. cerevisiae* K1-V1116 produced a higher amount of alcohol than did *S. cerevisiae* EC-1118. After 30 days of fermentation, wine formulas 3, 4, 5, and 6 showed TSS values of 6.0-8.0 and pH of 3.62-3.80, whereas wine formulas 1 and 2 showed a TSS value of about 13.0 and pH of 3.30. The sensory evaluation results showed that wine with low alcohol content and high TSS value obtained low sensory scores (out of 9). The testers had the highest overall preference for wine formula 2 (7.13±1.20). Wine production using procedure of No. 2 was also produced with yeast concentration variation in the range of 0.1-1.0 g/l of fruit must. The result showed that wine using 0.5 g/l of yeast obtained the highest overall preference score of 7.21±1.03.

Keywords: wine, salak, inoculum size, wine quality, sensory evaluation

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

¹ Department of Industrial Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112

*Corresponding author, Email: wasana.suy@psu.ac.th

คำนำ

ปัจจุบันภาคใต้ของประเทศไทยมีการปลูกสละกันมากขึ้น ในส่วนจังหวัดภาคใต้ปลูกกันมากในแถบจังหวัดพัทลุง และ สุราษฎร์ธานี การปลูกสละสามารถทำรายได้ชัดเจนราคาขายพาราที่ตกต่ำ (นัตดา รัชมีแพทย์ และสุพัตรา ศรีสุวรรณ, 2560) ปัจจุบันสละจึงถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง ที่มีแนวโน้มความต้องการของลูกค้า และการส่งออกสู่ตลาดทั้งในและนอกประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามหากเกษตรกรเริ่มหันมาปลูกสละกันมากขึ้น สละก็มีโอกาสเจอปัญหาโรคาคตกต่ำ การแปรรูปสละสดเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ จึงถือเป็นแนวทางการเตรียมการเพื่อรองรับการตลาดในอนาคต (ปฐมา โพธิ์จันต์ศักดิ์ และ ปุณณมี สัจจกมล, 2558) การแปรรูปสละให้เป็นไวน์ ถือเป็นทางเลือกหนึ่งของการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าให้กับสละในช่วงที่มีผลผลิตออกสู่ตลาดจำนวนมากและรองรับการเติบโตในอนาคต เป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

เนื่องจากสละเป็นผลไม้รสชาติดี มีเนื้อนุ่ม รสหวานออกเปรี้ยวเล็กน้อย และมีกลิ่นหอมเป็นเสน่ห์ ส่วนใหญ่จึงนิยมนำสละมาบริโภคสดหรือทำการแปรรูปเป็นสละลอยแก้ว อย่างไรก็ตามผลสละที่นำมาบริโภคสดหรือนำมาทำสละลอยแก้วนั้นส่วนมากเป็นผลสละชั้นคุณภาพพิเศษ ชั้นหนึ่ง และชั้นสอง (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2557) แต่มีผลสละส่วนหนึ่งที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น สละที่มีรอยขีด สละที่เน่าเสียเล็กน้อย สละที่มีรอยปริหรือรอยฉีกที่เปลือกและผลสละที่มีรูปทรงผิดปกติ เป็นต้น สละที่ไม่ได้มาตรฐานเหล่านี้ส่วนใหญ่เกษตรกรต้องขายในราคาต่ำหรือต้องทิ้งผลสละเหล่านี้ไปอย่างเปล่าประโยชน์ อย่างไรก็ตาม สละเป็นผลไม้ที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง (Saleh et al., 2018) ดังนั้นจึงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตเป็นไวน์ผลไม้ ปัจจุบันมีการรายงานการผลิตไวน์จากผลไม้ชนิดต่าง ๆ หากแต่มีรายงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไวน์จากสละเป็นจำนวนน้อย งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาในส่วนของการหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไวน์จากผลสละ เพื่อเป็นองค์ความรู้ให้เกษตรกรผู้ปลูกสละในภาคใต้ ได้นำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับเพิ่มมูลค่าให้กับสละ และการรองรับตลาดที่คาดว่าจะเจริญเติบโตต่อไป

วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาอัตราส่วนโดยนำหนักของเนื้อสละต่อปริมาณน้ำที่ 3 อัตราส่วนและชนิดของยีสต์ที่ใช้ในการหมัก เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบ โดยการนำสละมาปอกเปลือก และเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อ ซึ่งผลสละปริมาณ 100 กรัม 250 กรัม และ 500 กรัม แล้วปั่นเนื้อสละด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด นำส่วนเนื้อปั่นละเอียดและส่วนของเมล็ดมาต้มโดยใช้น้ำสะอาด 1 ลิตร เติมน้ำตาลทรายเพื่อปรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ให้อยู่ในช่วง 22-24 องศาบริกซ์ ปรับความเป็นกรดเบสเริ่มต้นด้วยกรดซิตริกให้ได้ค่าพีเอชเท่ากับ 4.2 เติมน้ำมันเนยผงเพื่อเป็นอาหารให้กับยีสต์ร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำน้ำมาต้มให้เดือดนาน 30 นาที แล้วจึงนำไปทดลองหมักในถังหมักขนาด 2.5 ลิตร เติมห่วงเชื้อยีสต์สำเร็จรูปลงไป โดยจะศึกษาผลของชนิดของยีสต์และปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสม โดยเลือกใช้เชื้อยีสต์สำเร็จรูปทางการค้า *Saccharomyces cerevisiae* รหัส K1-V1116 และ EC-1118 ใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 1 กรัมต่อลิตร ทำการบ่มเป็นระยะเวลา 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง ทำการตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณพีเอชที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 2 วัน ทำให้ใสโดยการตกตะกอน ทำการบ่มที่อุณหภูมิต่ำ (20 องศาเซลเซียส) เพื่อให้มีรสชาติที่ดีเป็นระยะเวลา 1 เดือน แล้วนำมาทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ สี และความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ต่อผลผลิตไวน์จากผลสละ ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในการทดลองนี้จะศึกษาทั้งหมด 6 สูตร (Table 1) โดยผลผลิตไวน์จะถูกแช่ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทดสอบ 1 คืน จากนั้นเตรียมตัวอย่างปริมาณ 30 มิลลิลิตรใส่ในแก้วพลาสติกให้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน ตัดสินคะแนนระดับความชอบด้านกลิ่น รสชาติ สี และความชอบโดยรวม โดยระดับคะแนน 1 คือ ชอบน้อยที่สุด และ 9 คือ ชอบมากที่สุด และเสิร์ฟน้ำให้ผู้ทดสอบทำความสะอาดปากก่อนทดสอบชิมตัวอย่างถัดไป

Table 1 Formulas of wine production differed in ratio of salak fruit to water and strain of commercial yeast.

Formula	Ratio of salak fruit to water (g/l)	Yeast strain
1	100 g / 1 l	EC-1118
2	100 g / 1 l	K1-V1116
3	250 g / 1 l	EC-1118
4	250 g / 1 l	K1-V1116
5	500 g / 1 l	EC-1118
6	500 g / 1 l	K1-V1116

จากนั้นเลือกชุดการทดลองที่ให้ผลทางประสาทสัมผัสและลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด มาศึกษาผลของปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสม โดยทำการหมักเติมหัวเชื้อในปริมาณ 0.1-1.0 กรัมต่อลิตร ทำการหมักเป็นระยะเวลา 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง ตรวจปริมาณแอลกอฮอล์ ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าพีเอช ทุก ๆ 2 วัน ทำให้ใสโดยการตกตะกอน ทำการบ่มที่อุณหภูมิต่ำ (20 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 1 เดือน ก่อนนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค จำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scale เพื่อประเมินระดับความชอบด้านกลิ่น รสชาติ สี และความชอบโดยรวม โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาอัตราส่วนของเนื้อสละและชนิดของยีสต์ทางการค้าที่เหมาะสมสำหรับการหมักไวน์สละ จำนวน 6 สูตรตามที่แสดงไว้ใน Table 1 พบว่า ในแต่ละสูตรมีค่าแอลกอฮอล์แตกต่างกัน (Figure 1) สูตรที่ใช้อัตราส่วนเนื้อสละเยอะจะมีปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะแรกของการหมัก และปริมาณแอลกอฮอล์หลังการหมักจะสูงกว่าสูตรที่ใช้อัตราส่วนเนื้อสละน้อย อาจเนื่องมาจากปริมาณเนื้อสละที่ใช้มีผลต่อปริมาณสารอาหารด้วย จากการวิเคราะห์สารอาหารในเนื้อสละ พบว่าสละอุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญของยีสต์ (Saleh et al., 2018) หากใช้เนื้อสละปริมาณมาก ก็มีปริมาณสารอาหารมากที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนน้ำตาลและกรดอินทรีย์อื่น ๆ ให้ไปเป็นแอลกอฮอล์ได้ดี ซึ่งการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการผลิตไวน์น้ำมะม่วง (อำพรพรณ ชัยกุลเสวีวัฒน์ และปิยมาศ วงษ์ประยูร, 2548) และไวน์สับปะรดผสมแครอท (อำพรพรณ ชัยกุลเสวีวัฒน์ และสุนันทิศา สิงห์พล, 2559) ที่แสดงให้เห็นว่าการหมักไวน์ที่ใช้อัตราส่วนที่เนื้อผลไม้เจือจางสูงจะได้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่น้อยกว่าการหมักที่ใช้อัตราส่วนที่เนื้อผลไม้เจือจางที่ต่ำกว่า (ปริมาณของผลไม้มากกว่า) แต่เมื่อเปรียบเทียบชนิดของยีสต์ในสูตรที่อัตราส่วนเนื้อสละเท่ากัน พบว่า ยีสต์การค้า EC-1118 จะผลิตแอลกอฮอล์ได้ดีกว่า K1-V1116 สำหรับปริมาณของแอลกอฮอล์ที่ตรวจพบหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำที่สุดที่ร้อยละ 9.5 และ 9.4 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรการทดลองที่ 3, 4, 5 และ 6 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงใกล้เคียงกันที่ร้อยละ 13.3, 13.5, 13.3 และ 13.5 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากระยะเวลาการหมักพบว่าสูตรที่ 5 และ 6 ให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงที่สุดที่ร้อยละ 13.3 และ 13.5 หลังใช้เวลาการหมักเพียง 16 วัน โดยเฉพาะสูตรที่ 5 ที่ปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาการหมักช่วงเริ่มต้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากยีสต์ EC-1118 ต้องการออกซิเจนเพียงเล็กน้อยในการเจริญ (Aceituno et al., 2012) จึงอาจส่งผลให้สายพันธุ์นี้มีอัตราการเจริญและอัตราการผลิตที่เร็วกว่าดีกว่า K1-V1116

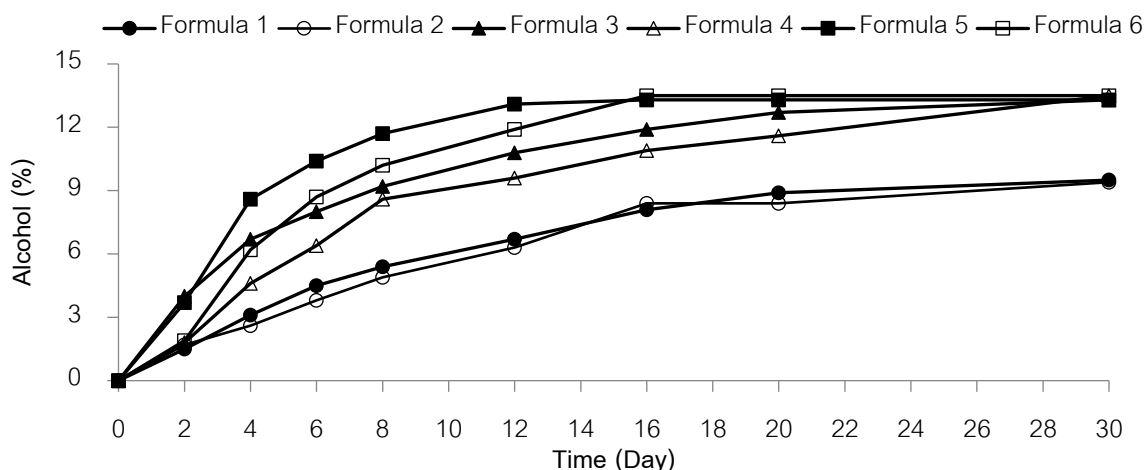


Figure 1 Variation of alcohol content observed during wine fermentation using formulas differed in ratio of salak fruit to water and strain of commercial yeast.

จากการศึกษาองค์ประกอบของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำระหว่างกระบวนการหมักไวน์ผลสะที่อุณหภูมิห้อง พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ที่ลดลง (Figure 2) จะสอดคล้องตามปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ (Figure 1) โดยสูตรที่ 1 และ 2 เหลือปริมาณของแข็งละลายได้มากที่สุดที่ 12.5 และ 13.0 องศาบริกซ์ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เหลือน้อยที่สุดที่ 6.0 องศาบริกซ์เท่ากัน จากการทดลองทำให้ทราบว่ามิกเจอร์ของยีสต์ในการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ ถึงแม้ในการผลิตไวน์จะมีการปรับปริกซ์น้ำตาลเริ่มต้นให้อยู่ที่ระดับ 22-24 องศาบริกซ์ และแหล่งไนโตรเจน ($(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$) เพื่อเป็นอาหารให้กับยีสต์ร้อยละ 0.05 หากแต่ถ้าใช้อัตราส่วนของเนื้อสะที่น้อยเกินไป (สูตรที่ 1 และ 2) ปริมาณสารอาหารอื่นอาจจะไม่เพียงพอที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ที่จะส่งผลต่อกิจกรรมในการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์

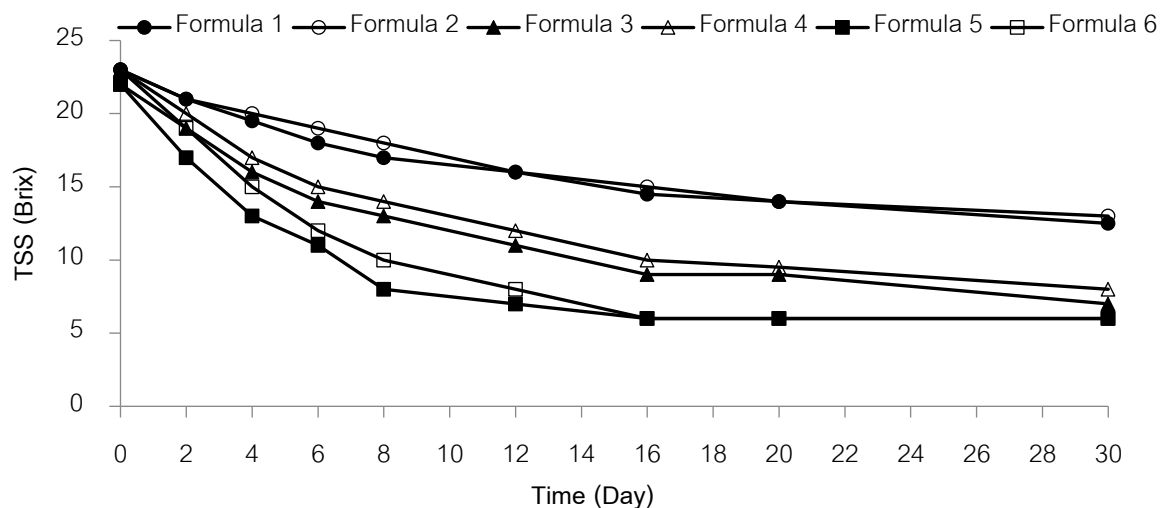


Figure 2 Variation of total soluble solid observed during wine fermentation using formulas differed in ratio of salak fruit to water and strain of commercial yeast.

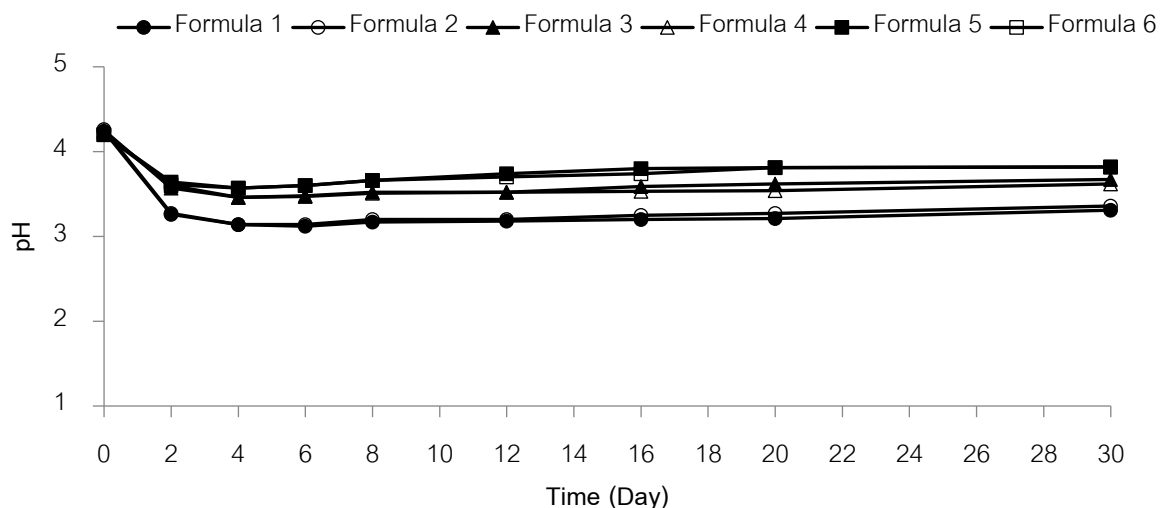


Figure 3 Variation of pH of wine production using formulas differed in ratio of salak fruit to water and strain of commercial yeast.

เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของไวน์จากผลสละ ทั้ง 6 สูตร (Figure 3) พบว่า ค่าพีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของการหมักและมีแนวโน้มคงที่หลังการหมักวันที่ 2 โดยสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.31 และ 3.36 ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าพีเอชสุดท้ายหลังการหมักเท่ากับ 3.67 และ 3.62 ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ 5 และ 6 มีค่าพีเอชหลังการหมักเท่ากับ 3.82 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชที่ตรวจวัดได้จากการผลิตไวน์ผลิตอื่น ๆ พบว่า ไวน์สูตรที่ 5 และ 6 มีค่าพีเอชใกล้เคียงกับไวน์ลิ้นจี่ (วันเพ็ญ จิตรเจริญ และคณะ, 2560) และไวน์ลูกจาก (นพดล โพธิ์กาเหน็ด และสมบุญ ประสงค์จันทร์, 2556) ที่แสดงค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.73-3.97 ไวน์สูตรที่ 1 และ 2 ค่าพีเอชใกล้เคียงกับไวน์ลูกหม่อน (ไกรยศ แซ่ลิ่ม และคณะ, 2561) ไวน์สับปะรดผสมแครรอต (อำพรพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และสุนันทิศา สิงห์พล, 2559) ที่มีพีเอชอยู่ในช่วง 3.0-3.5 สำหรับไวน์สูตรที่ 3 และ 4 พบว่ามีพีเอชใกล้เคียงกับไวน์น้ำสับปะรดผสมน้ำมะม่วงหิมพานต์ที่อัตราส่วน 50:50 และ 25:75 ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.68 และ 3.64 ตามลำดับ (ชนากานต์ แก้วชะฎา และคณะ, 2562)

จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลใน Figure 1-3 พบว่าเมื่อใช้เวลาในการหมักมากขึ้น ปริมาณแอลกอฮอล์ค่อย ๆ สูงขึ้น พร้อม ๆ กับปริมาณของแข็งและค่าพีเอชลดลง การลดลงของพีเอชนั้นเป็นผลมาจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นระหว่างที่ยีสต์ย่อยสลายน้ำตาลซูโครส ซึ่งยีสต์จะทำการผลิตแอลกอฮอล์ไปพร้อม ๆ กับการสร้างกรดเพิ่มขึ้นในระหว่างการหมัก (Chanprasartsuk et al., 2012)

จากนั้นทำการทดสอบระดับความชอบของไวน์ในแต่ละสูตร ด้านกลิ่น (odor) รสชาติ (flavor) สี (color) และความชอบโดยรวม (overall liking) จากผลการทดสอบด้านกลิ่นของไวน์สละ (Table 2) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบใกล้เคียงกันทั้ง 6 สูตร โดยระดับความชอบอยู่ในช่วง 5.4-6.4 (ชอบเล็กน้อย) แต่สูตรที่ 1 และ 2 มีแนวโน้มความชอบมากกว่าสูตรอื่น เนื่องจากได้ค่าระดับความชอบสูงสุด คือ 6.33 และ 6.40 ตามลำดับ สำหรับผลการทดสอบระดับความชอบด้านรสชาติ ผู้ทำการทดสอบให้คะแนนระดับความชอบไวน์จากผลสละมากที่สุดที่สูตรที่ 1 (6.8, ชอบเล็กน้อย) และสูตรที่ 2 (6.47, ชอบเล็กน้อย) ในขณะที่คะแนนระดับความชอบของสูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าค่อนข้างน้อยที่ 3.6 (ไม่ชอบปานกลาง), 4.23 (ไม่ชอบเล็กน้อย), 2.9 (ไม่ชอบมาก) และ 2.9 (ไม่ชอบมาก) ตามลำดับ ส่วนระดับความชอบด้านสี ผู้ทดสอบให้ระดับคะแนนความชอบสีของไวน์ผลสละสูตรที่ 1 และ 2 มากที่สุดที่ 6.83 (ชอบเล็กน้อย) และ 6.57 (ชอบเล็กน้อย) สำหรับผลการทดสอบระดับความชอบโดยรวมพบว่า ผู้ทดสอบชอบสูตรที่ 2 และ 1 มากที่สุดที่ 7.13 (ชอบปานกลาง) และ 6.63 (ชอบเล็กน้อย) ส่วนสูตรที่ 3 และ 4 ผู้ทดสอบให้คะแนนระดับความชอบที่ 4.23 และ 4.63 (ไม่ชอบเล็กน้อย) และความชอบต่อสูตรที่ 5 และ 6 อยู่ที่ 3.83 และ 3.87

Table 2 Sensory evaluation of wine produced by formulas differed in ratio of salak fruit to water and strain of commercial yeast.

Formula	Odor liking	Flavor liking	Color liking	Overall liking
1	6.33±1.42 ^b	6.80±1.97 ^a	6.83±1.12 ^a	6.63±1.77 ^a
2	6.40±1.52 ^a	6.47±1.55 ^a	6.57±1.01 ^a	7.13±1.20 ^a
3	5.43±1.72 ^e	3.60±1.71 ^{bc}	5.47±1.33 ^b	4.23±1.63 ^b
4	5.60±1.83 ^d	4.23±1.91 ^b	5.43±1.28 ^b	4.63±1.65 ^b
5	5.77±2.33 ^c	2.90±1.63 ^c	5.63±1.40 ^b	3.83±1.66 ^b
6	5.60±1.94 ^d	2.90±1.92 ^c	5.67±1.37 ^b	3.87±1.89 ^b

Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by Post Hoc Test.

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เมื่อใช้อัตราส่วนของเนื้อสละในปริมาณมาก ยีสต์จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นกิจกรรมการเปลี่ยนน้ำตาลของยีสต์ไปเป็นแอลกอฮอล์ก็จะดีไปด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ระดับความชอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบส่วนมากจะชอบไวน์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ค่อนข้างต่ำและมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ค่อนข้างสูง (รสชาติค่อนข้างหวาน) ของสูตรที่ 1 และ 2 มากกว่า อีกทั้งปริมาณกรดที่ค่อนข้างสูงของทั้ง 2 สูตร ที่บ่งบอกด้วยค่าพีเอชที่ต่ำกว่า (Figure 3) อาจส่งผลต่อความกลมกล่อม รสชาติ และกลิ่นที่ดีของไวน์ของสูตรที่ 1 และ 2 โดยคณะวิจัยได้นำสูตรที่ 2 ที่มีคะแนนระดับความชอบโดยรวมสูงสุด (7.13) ไปศึกษาผลของหัวเชื้อเริ่มต้นต่อระยะเวลาในการหมักต่อไป

เมื่อทำการทดลองหมักไวน์สูตร 2 โดยใช้หัวเชื้อเริ่มต้นที่ระดับความเข้มข้น 0.1, 0.25, 0.5 และ 1.0 กรัมต่อลิตร ผลการทดลอง (Figure 4) บ่งชี้ให้เห็นว่า ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นมีผลต่ออัตราการหมักและปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิต พบว่า กิจกรรมการผลิตแอลกอฮอล์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 1.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ปริมาณแอลกอฮอล์ประมาณร้อยละ 12 ในระยะเวลาการหมัก 20 วัน และปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ แม้จะเพิ่มระยะเวลาการหมักจนถึง 30 วัน ในขณะที่เมื่อทำการลดปริมาณหัวเชื้อ พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ โดยปริมาณของแอลกอฮอล์ที่ตรวจพบหลังจากการหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 0.1, 0.25, 0.5 และ 1.0 กรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับร้อยละ 8.4, 9.0, 10.0 และ 12.2 ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งตรวจพบที่ระดับ 13.0, 12.0, 10.0 และ 7.0 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (Figure 5)

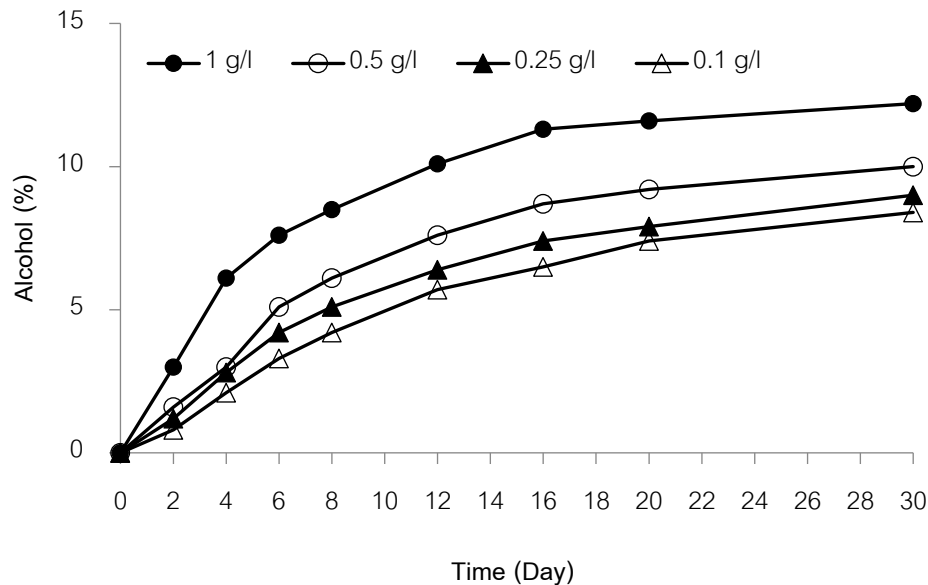


Figure 4 Effect of inoculum size on alcohol content of salak wine production using formula 2.

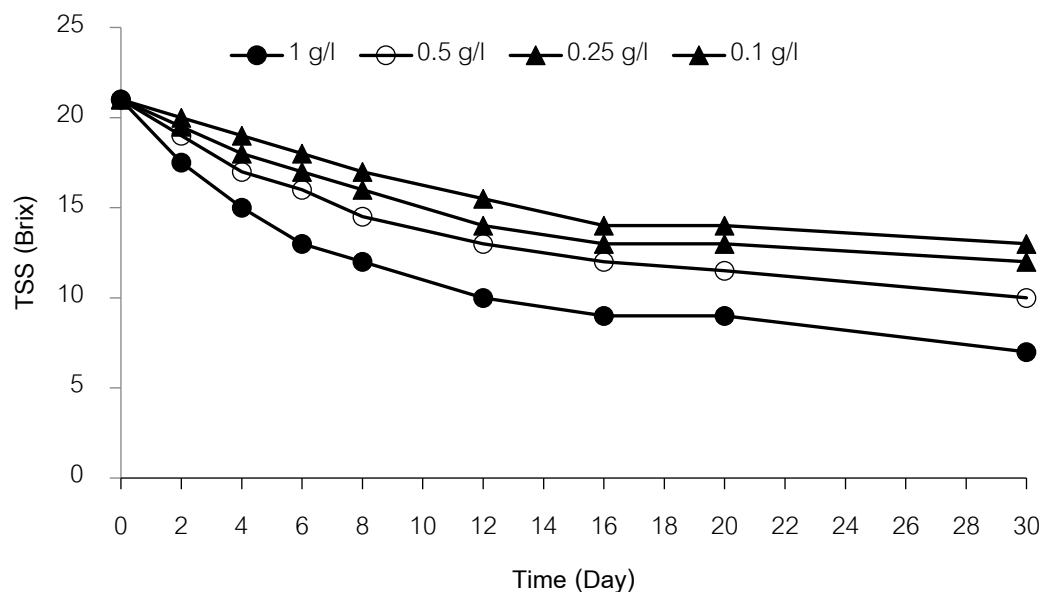


Figure 5 Effect of inoculum size on total soluble solid content of wine production using formula 2.

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช พบว่า พีเอชของน้ำหมักไวน์สละที่ใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 1.0 กรัมต่อลิตร จะลดลงอย่างรวดเร็ว จากพีเอช 4.2 เป็น พีเอช 3.48 ในช่วงวันที่ 2 ของการหมัก จากนั้นจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก สำหรับพีเอชของน้ำหมักไวน์สละที่ใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 0.5 กรัมต่อลิตร พบว่า จะลดลงจาก 4.2 เป็น 3.59 หลังการหมัก 30 วัน พีเอชของน้ำหมักไวน์สละที่ใช้หัวเชื้อเริ่มต้น 0.1 และ 0.25 กรัมต่อลิตร จะค่อย ๆ ลดลงและเริ่มคงที่หลังวันที่ 12 ของการหมัก และมีค่าเท่ากับ 3.60 และ 3.67 เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 30 วัน (Figure 6) กล่าวโดยสรุปปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นในระดับที่ทำการทดลอง (0.1-1.0 กรัมต่อลิตร) จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชมากนัก

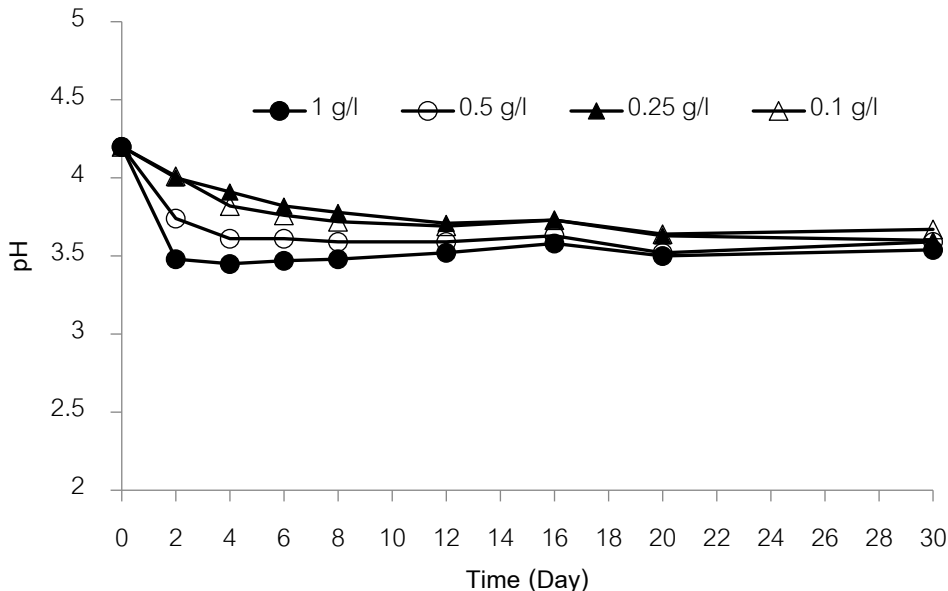


Figure 6 Effect of inoculum size on pH variation of wine production using formula 2.

จากผลการทดสอบความชอบ (Table 3) ไวน์สละที่หมักด้วยหัวเชื้อเริ่มต้น 1.0 และ 0.5 กรัมต่อลิตร จะมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นในระดับที่ใกล้เคียงกัน คือ 7.28 และมีค่ามากกว่าไวน์สละที่หมักด้วยหัวเชื้อเริ่มต้น 0.1 และ 0.25 กรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามไวน์สละที่หมักด้วยหัวเชื้อเริ่มต้น 0.1 กรัมต่อลิตร จะมีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงสุดคือ 7.24 ตามด้วยไวน์สละที่หมักด้วยหัวเชื้อเริ่มต้น 0.5 กรัมต่อลิตร ที่มีคะแนนความชอบ เท่ากับ 7.00 เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบสีและความชอบโดยรวม พบว่าไวน์สละที่หมักด้วยหัวเชื้อเริ่มต้น 0.5 กรัมต่อลิตร ได้คะแนนสูงที่สุดที่ 7.41 และ 7.21 จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้ หัวเชื้อเริ่มต้น 0.5 กรัมต่อลิตรถือเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการหมักไวน์สละ

Table 3 Sensory evaluation of wine produced by different inoculum size.

Inoculum size (g/l)	Odor liking	Flavor liking	Color liking	Overall liking
0.1	6.59±1.78 ^{ab}	7.24±1.53 ^a	7.03±1.32	6.86±1.38
0.25	6.38±1.63 ^b	6.79±1.26 ^{ab}	7.17±1.28	6.83±1.14
0.5	7.28±1.28 ^a	7.00±1.22 ^{ab}	7.41±1.02	7.21±1.03
1.0	7.28±1.83 ^a	6.41±1.91 ^b	7.14±1.28	6.59±1.65

Means in the same column followed by different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) by Post Hoc Test.

งานวิจัยนี้ใช้ปริมาณหัวเชื้อ (ร้อยละ 0.05 ของน้ำหมัก) ค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ อำพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และปิยมาศ วงษ์ประยูร (2548) ที่เลือกใช้หัวเชื้อร้อยละ 5 ของปริมาตรน้ำหมัก เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการหมักไวน์มะม่วง ซึ่งให้ปริมาณแอลกอฮอล์ 12.2 เปอร์เซ็นต์หลังหมัก 22 วัน อำพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และสุนันทิศา สิงห์พล (2559) ใช้เชื้อยีสต์ ร้อยละ 10 ของน้ำหมัก ในการผลิตไวน์น้ำส้มประดผสมแครอท ที่ได้แอลกอฮอล์ 13.70 เปอร์เซ็นต์ หลังหมัก 20 วัน บ่งชี้ได้ว่าการใช้หัวเชื้อในปริมาณมากจะเสริมส่งการผลิตแอลกอฮอล์ปริมาณมากภายในระยะเวลาหมักที่สั้นกว่า อย่างไรก็ตามปริมาณ

แอลกอฮอล์ที่มากเกินไปในบางกรณีอาจเกิดผลลบต่อรสชาติของไวน์ได้ เนื่องจากแอลกอฮอล์อาจทำให้ประสาทสัมผัสของผู้บริโภค รับรู้รสชาติและกลิ่นของสารอื่นได้น้อยลง ในทางตรงกันข้ามทำให้รับรู้รสชาติมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Escudero et al. (2007) และ Tilloy et al. (2014)

เมื่อเปรียบเทียบไวน์สละจากงานวิจัยนี้กับผลิตภัณฑ์น้ำสละหมักอื่นที่ใกล้เคียง เช่น น้ำสละอินโดหมักคอมบูชา Kombucha (Zubaidah et al., 2018) ที่ได้จากการหมักเนื้อสละในอัตราส่วน เนื้อสละต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 น้ำหนักต่อน้ำหนัก และเติมน้ำตาลอ้อยในอัตราส่วน น้ำตาลต่อน้ำสละ เท่ากับ 1:10 น้ำหนักต่อปริมาตร ใช้หัวเชื้ออัตราส่วน 1:10 น้ำหนักต่อน้ำหนัก หมักนาน 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ไวน์สละหมักคอมบูชา มีปริมาณของแข็งที่ละลายมีค่าที่ร้อยละ 11.3 และค่าพีเอช เท่ากับ 3.15 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจผลจากผลิตภัณฑ์ไวน์สละในงานวิจัยนี้

สรุปผลการศึกษา

การใช้ผลสละกับน้ำในอัตราส่วน 100 กรัมต่อลิตร และหมักด้วย *Saccharomyces cerevisiae* K1-V1116 ปริมาณ 0.5 กรัมต่อลิตร จะให้ผลิตภัณฑ์ไวน์ที่เป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดลองชิมมากที่สุด และจากผลการประเมินคุณภาพ ของไวน์และความชอบด้านประสาทสัมผัสของทั้ง 2 การทดลอง พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ และปริมาณของแข็งที่ละลายมีผล อย่างมากต่อรสชาติและความชอบโดยรวม โดยผลิตภัณฑ์ไวน์ที่ได้จากการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ในช่วงร้อยละ 8.0-10.0 ปริมาณของเหลวที่ละลายได้ในช่วง 10-13 จะได้รับคะแนนระดับความชอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติที่ค่อนข้างสูง สำหรับ ในด้านของกลิ่น พบว่าไวน์ที่ยังมีค่าพีเอชต่ำหรือความเป็นกรดสูงจะได้รับระดับความชอบด้านกลิ่นสูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการ สะสมของกรดที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว เฝื่อนฝาด และกลิ่นหอม องค์ประกอบเหล่านี้ทำให้เกิดความประทับใจและแสดงถึง คุณภาพที่ดีของไวน์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นอย่างสูงที่เป็นผู้สนับสนุนให้ทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2561 ภายใต้โครงการ การสร้างนวัตกรรม วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางด้าน เทคโนโลยีการผลิต ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าอุตสาหกรรมเกษตร (สัญญาเลขที่ AGR610-545S)

เอกสารอ้างอิง

- ไกรยศ แซ่ลี้, ศิริขวัญ จันทน์หมื่น และกัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. 2561. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการหมักไวน์ลูกหม่อนและ ความพึงพอใจของผู้บริโภค. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 49(1): 612-616.
- ชนากานต์ แก้วชะภา, ปิยนุช สุวิสิน, สุทธิษา รอดบุตร, พิธิญา กฤตวงศ์งาม และวรางคณา ทองนพคุณ. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ไวน์สับปะรดภูเก็ตผสมน้ำมะม่วงหิมพานต์. *วารสารฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป* 3(1): 69-75.
- นัตตา รัศมีแพทย์ และสุพิศรา ศรีสุวรรณ. 2560. การปลูกพืชเสริมรายได้ในสวนยางพาราของเกษตรกร อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* 35(1): 117-124.
- นพดล โพธิ์กานต์ และสมบุญ ประสงค์จันทร์. 2556. การผลิตไวน์จากลูกจากโดยใช้การหมักด้วยยีสต์ทางการค้า. *วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต* 1(2): 81-88.
- ปฐมา ไพโรจน์ศักดิ์ และปณณมี สัจจกมล. 2558. การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วในจังหวัดจันทบุรี. ใน *การประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53*. น. 711-718. อาคารวิทยาสรรณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันเพ็ญ จิตเรเจริญ, นราทิพย์ คีตครอง และวิริญา กันทวงศ์. 2560. สารให้ความคงตัวที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไวน์ลิ้นจี่. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54*. น. 757-764. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2557. มาตรฐานสินค้าเกษตร สละ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. <https://www.acfs.go.th/standard/download/SALACCA.pdf> (21 พฤษภาคม 2563).
- อำพรพรน ชัยกุลเสวีวัฒน์ และปิยมาศ วงษ์ประยูร. 2548. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์มะม่วง. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม* 2(1): 28-35.
- อำพรพรน ชัยกุลเสวีวัฒน์ และสุนันทิศา สิงห์พล. 2559. การผลิตไวน์สับปะรดผสมแครอท. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 47(2): 165-169.
- Aceituno, F. F., Orellana, M., Torres, J., Mendoza, S., Slater, A. W., Melo, F., and Agosin, E. 2012. Oxygen response of the wine yeast *Saccharomyces cerevisiae* EC1118 grown under carbon-sufficient, nitrogen-limited enological conditions. *Applied and Environmental Microbiology* 78(23): 8340-8352.
- Chanprasartsuk, O., Pheanudomkitlert, K., and Toonwai, D. 2012. Pineapple wine fermentation with yeasts isolated from fruit as single and mixed starter cultures. *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 5(2):104-111.

- Escudero, A., Campo, E., Fariña, L., Cacho, J., and Ferreira, V. 2007. Analytical characterization of the aroma of five premium red wines. Insights into the role of odor families and the concept of fruitiness of wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(11): 4501-4510.
- Saleh, S. M. M., Siddiqui, M. J., Mediani, A., Ismail, N. H., Ahmed, Q. U., Mat Soad, S. Z., and Saidi-Besbes, S. 2018. *Salacca zalacca*: A short review of the palm botany, pharmacological. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 11(12): 645-652.
- Tilloy, V., Ortiz-Julien, A., and Dequin, S. 2014. Reduction of ethanol yield and improvement of glycerol formation by adaptive evolution of the wine yeast *Saccharomyces cerevisiae* under hyperosmotic conditions. *Applied and Environmental Microbiology* 80(8): 2623-2632.
- Zubaidah, E., Dewantari, F. J., Novitasari, F. R., Sriantha, S., and Blanc, J. P. 2018. Potential of snake fruit (*Salacca zalacca* (Gaerth.) Voss) for the development of a beverage through fermentation with the Kombucha consortium. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 13: 198-203.

วันรับบทความ (Received date) : 21 พ.ค. 63

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 9 ธ.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 28 เม.ย. 64

ชนิดและปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแยมลูกหม่อน

Type and Sucrose Content on Antioxidant Activity of Mulberry Jam

ยุพรัตน์ โพธิ์เศษ¹ และเนวิชญาณี วุฒินิธิสานันท์²
Yuparat Potisate¹ and Newitchaya Wutthinithisanand²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลซูโครสในการผลิตแยมลูกหม่อน 5 สูตร ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และคะแนนความชอบโดยการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยแยมลูกหม่อนทั้ง 5 สูตร ได้แก่ สูตรไม่เติมน้ำตาล (สูตรที่ 1) สูตรที่เติมน้ำตาลทรายขาว 510 กรัม (43.81%) (สูตรที่ 2) สูตรที่เติมน้ำตาลทรายแดง 510 กรัม (43.81%) (สูตรที่ 3) สูตรที่เติมน้ำตาลทรายขาว 255 กรัม (28.17%) (สูตรที่ 4) และสูตรที่เติมน้ำตาลทรายแดง 255 กรัม (28.17%) (สูตรที่ 5) ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่ามากที่สุดในแยมลูกหม่อนสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยสูตรที่ 5 มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบความชอบ 7 ระดับ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับแยมลูกหม่อนสูตรที่ 4 และ 5 มากที่สุด ดังนั้นการเลือกใช้น้ำตาลทรายแดง 255 กรัม (ลดน้ำตาล 50%) เป็นสูตรเหมาะสมในการผลิตแยมลูกหม่อนเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาการผลิตแยมลูกหม่อนในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: แยมลูกหม่อน ลดปริมาณน้ำตาล สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก

Abstract

The objective of this research was to study the effects of sugar content of mulberry jam products on antioxidant activity and liking scores by sensory evaluation. The 5 mulberry jams variants were jam with no sugar (formula 1), jam with 510 g (43.81%) of refined sugar (formula 2), jam with 510 g (43.81%) of brown sugar (formula 3), jam with 255 g (28.17%) of refined sugar (formula 4), and jam with 255 g (28.17%) of brown sugar (formula no. 5), respectively. The results indicated that the highest total phenolic compounds occurred in the mulberry jams of formulas no. 4 and 5 ($P < 0.05$), whereas the antioxidant activity values were highest in formula no. 5. Sensory evaluation using the 7-hedonic scale method indicated that the panelists offered the highest acceptance scores for mulberry jam formulas no. 4 and no. 5. In conclusion, the research showed that for the product quantity tested, 255 g of brown sugar, which represented a 50% reduction in sugar content, proved to be the optimum amount of sugar to use, and the amount should be taken as a guideline for further development of commercial mulberry jam.

Keywords: mulberry jam, reduces sugar content, antioxidants, phenolic compounds

คำนำ

ในปัจจุบันกระแสการดูแลสุขภาพเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องมาจากการเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable Diseases, NCDs) ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการบริโภคและการใช้ชีวิตไม่สมดุล ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกายเพิ่มขึ้น โดยมีการศึกษาพบว่าผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ที่ปลูกได้ในประเทศไทยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและยังเป็นแหล่งสารสำคัญทางชีวภาพหลายชนิดที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง ด้านการอักเสบ เสริมภูมิคุ้มกันของร่างกาย และสามารถป้องกันเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระ (เนตรนภา อุ่นทิ และฉัตรภา หัตถโกศล, 2562) ลูกหม่อน (mulberry) เป็นผลไม้ที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตในเขตอบอุ่นถึงเขตร้อน และถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ลูกหม่อนมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Morus alba* L. มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) (Duthie et al., 2000) เคอร์ซีติน (quercetin) เป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีคุณสมบัติลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดระดับไขมัน ลดความดันโลหิตสูง

¹ สาขาความปลอดภัยทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ. เมือง จ. พะเยา 56000

¹ Division of Food Safety, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

² สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ. เมือง จ. พะเยา 56000

² Division of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author, Email: ypotisate@gmail.com

และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ ป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด และแอนโทไซยานิน (anthocynin) นอกจากนี้ยังพบว่าลูกหม่อนที่มีระยะผลสุกเพิ่มขึ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ จะเพิ่มขึ้น (Lazee et al., 2004; Claudin et al., 2005; Yang et al., 2010; Radojkovic et al., 2012) อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาหลายชนิด มีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อน ๆ แก้อาตุไม่ปกติ ขับร้อน ทำให้ชุ่มคอ และบำรุงไต ด้วยเหตุนี้ลูกหม่อนจึงถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น น้ำลูกหม่อนไวน์ แยม เยลลี่ หรือลูกอม (ลือชัย บุตรศุภ, 2555) ผลิตภัณฑ์แยมเป็นการถนอมรักษาและยืดอายุผลไม้ต่าง ๆ โดยอาศัยกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน คุณภาพของแยมจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สมดุลกัน 3 อย่าง คือ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และปริมาณเพกทินที่จะทำให้เกิดเจลที่แข็งแรง ซึ่งน้ำตาลและกรดจะมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างของแยม (มณัญญา คำวิระพิทักษ์ และคณะ, 2559) การผลิตแยมโดยทั่วไปมักมีส่วนผสมของน้ำตาลสูง โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 มีข้อกำหนดว่าแยมผลไม้ต้องมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 58-61% เพื่อเป็นการถนอมอาหารและการยืดอายุผลิตภัณฑ์ และกำหนดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ต้องไม่น้อยกว่า 65% โดยน้ำหนักทั้งหมด (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) การศึกษาอิทธิพลของกระบวนการผลิตเนื่องจากการใช้ความร้อนและระหว่างการเก็บรักษาต่อคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์แยมผลไม้ โดยพิจารณาจากคุณภาพ เช่น สี ความเป็นกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ เนื้อสัมผัส ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแอนโทไซยานิน เป็นต้น (Rababah et al., 2011) ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์แยม มีอัตราการบริโภคที่เพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี เพราะเป็นอาหารที่สะดวกต่อการบริโภค และมีสารสำคัญที่ส่งผลเชิงสุขภาพ (วัชรารุณ ศรีสุธรรม, 2553) อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตโดยใช้ความร้อนมักจะส่งผลทำให้สารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ถูกทำลาย เช่น โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล (Patras et al., 2011) Igual et al. (2013) ผลิตแยมองุ่นและบลูเบอร์รี่ พบว่ามีปริมาณสารฟอลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ผลิตภัณฑ์แยมแครอทและแยมส้ม พบว่ามีการเพิ่มปริมาณสารฟอลิฟีนอลภายหลังแปรรูปแยม (Howard et al., 2010) มีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยม เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น Kamiloglu et al. (2005) มีการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยมมะละกอ และได้รับการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบชิม (Teangpook and Paosantong, 2013) ปัจจุบันจะเห็นว่าการผลิตแยมลูกหม่อนมีการแปรรูปและวางจำหน่ายในท้องตลาดไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณน้ำตาลในแยมลูกหม่อนต่อคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระบางประการ เพื่อแสดงการคงปริมาณการมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระภายหลังผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนของแยมลูกหม่อน และการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการลดปริมาณน้ำตาลผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบลูกหม่อน

ลูกหม่อน (*Morus alba* L.) พันธุ์เชียงใหม่ ความสุกเต็มที่ที่มีสีม่วงแดงออกดำทั้งลูก เก็บเกี่ยวจากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงราย นำมาล้างทำความสะอาด วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใย ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2005) วัดค่าสีความสว่าง (L^*) ความเป็นสีเขียว ($-a^*$) ความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความสดสีของสี (chroma*) (Hunter Lab, Color Quest XE, USA) จากนั้นเก็บรวบรวมแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีการผลิต

การผลิตแยมลูกหม่อน

นำลูกหม่อนแช่เยือกแข็งมาทำให้ละลายที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งตวงตามสูตรต่าง ๆ ดัง Table 1 และนำไปผลิตเป็นแยมลูกหม่อนดังขั้นตอนดัง Figure 1 แยมลูกหม่อนบรรจุในขวดแก้วปิดสนิทปริมาณ 220 กรัมต่อขวด เก็บอุณหภูมิตู้เย็น ($<10^{\circ}\text{C}$) จากนั้นนำแยมสูตรต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใย ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2005) วัดค่าสีความสว่าง ความเป็นสีเขียว ความเป็นสีเหลือง (L^* a^* b^*) และค่าความสดสีของสี (chroma*) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด คุณสมบัติความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และการประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์

Table 1 Mulberry fruits jam formulations.

Formula	Type	Contents (g)			
		Mulberry fruits (% w/w)	Sugar (% w/w)	Water (% w/w)	Pectin (% w/w)
No. 1	Non	400g (61.16)	0 (0%)	250g (38.22)	4g (0.62)
No. 2	Refined sugar	400g (34.36)	510g (43.81)	250g (21.47)	4g (0.36)
No. 3	Brown sugar	400g (34.36)	510g (43.81)	250g (21.47)	4g (0.36)
No. 4	Refined sugar	400g (44.20)	255g (28.71)	250g (27.62)	4g (0.01)
No. 5	Brown sugar	400g (44.20)	255g (28.71)	250g (27.62)	4g (0.01)

การสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

การสกัดตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงวิธีของ Aydin and Gocmen (2015) โดยชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัม เติมน้ำ 60% (v/v) เมทานอล (RCL Lab Scan, Thailand) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่อง Homogenizer (Ystral, Laboratory Series X10, Germany) 2 นาที นำไปให้ความร้อนใน water bath (Memmert, WNB 14, Germany) ที่ 90°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -18°C

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ดัดแปลงวิธีของ Aydin and Gocmen (2015) โดยใช้วิธี Folin-ciocalteu โดยเจือจางตัวอย่างที่สกัด 10 เท่าด้วย 60% (v/v) เมทานอล เตรียมตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำละลาย Folin-ciocalteu เจือจางในอัตราส่วน 1:10 (v/v) ด้วยน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร จับเวลา 8 นาที เติมน้ำละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5% (w/v) 2 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืด จับเวลา 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐาน gallic acid รายงานผลในหน่วย mg GAE/100g โดยน้ำหนักแห้ง (d.b.)

การวิเคราะห์ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ปิเปตตัวอย่างที่สกัด 0.077 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 3 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่น 0.077 มิลลิลิตร ผสมกับ DPPH 3 มิลลิลิตร เป็น blank จากนั้นคำนวณและรายงานผลเป็นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) (Aydin and Gocmen, 2015)

การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน

โดยการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิม (untrained panel) ทั้งหมด 30 คน ทั้งเพศหญิง และเพศชาย อายุระหว่าง 20-50 ปี มาทำการทดสอบชิม ใช้ 7 scale ได้แก่ 7 = ชอบมาก 6 = ชอบปานกลาง 5 = ชอบเล็กน้อย 4 = เฉย ๆ 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 2 = ไม่ชอบปานกลาง และ 1 = ไม่ชอบมาก โดยให้พิจารณาลักษณะด้านสี กลิ่น ลักษณะการปาด และการชิมรส โดยเสิร์ฟเฉพาะแยมปริมาณ 30 กรัม เพื่อประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น ลักษณะการปาด และรสชาติของแยมลูกหม่อน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน โดยพิจารณาจากผลของคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์เคมีและกายภาพของลูกหม่อน โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD หรือ RBD) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ ข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

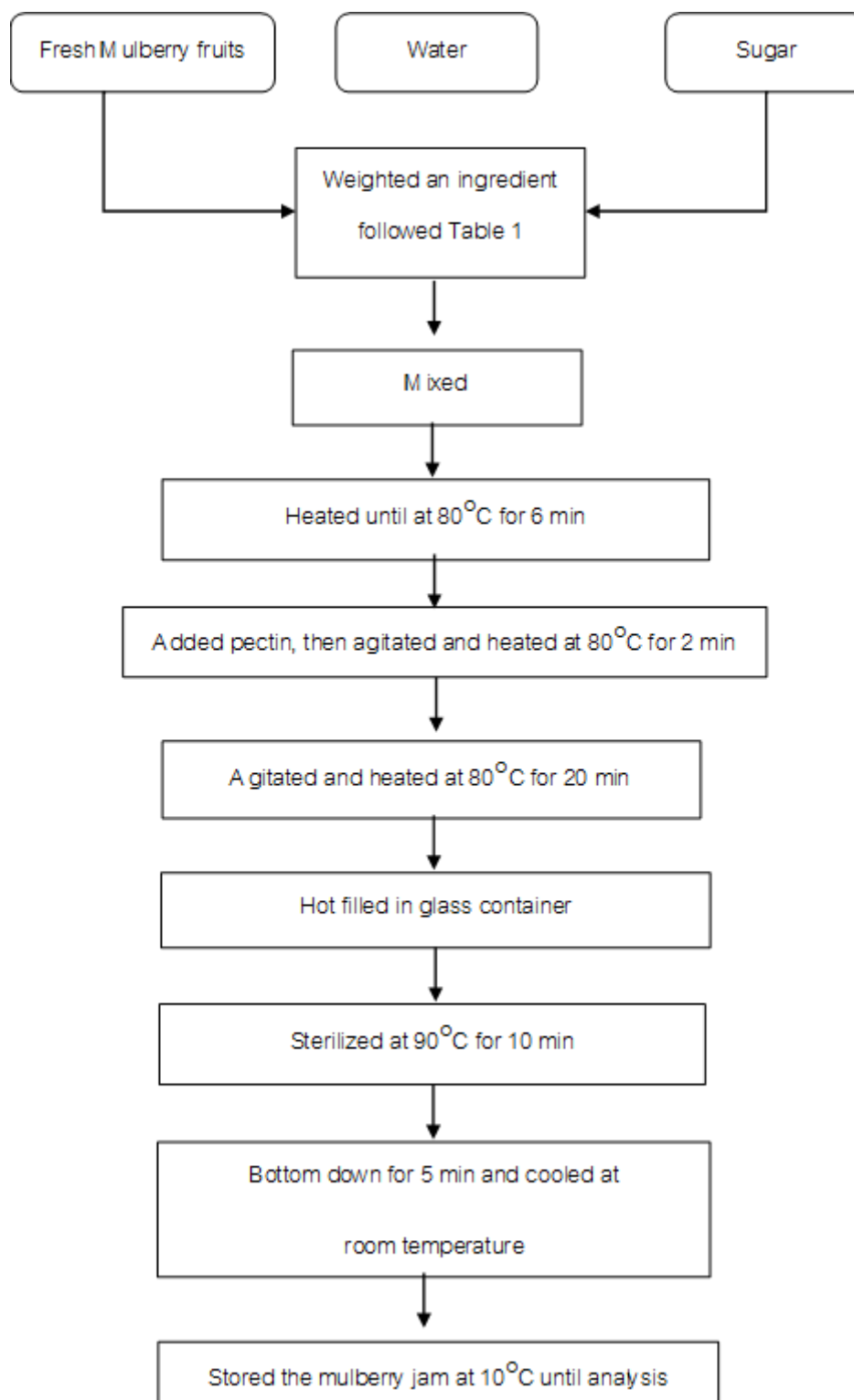


Figure 1 Processing flow diagram of mulberry jam.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลูกหม่อนสดพันธุ์เชียงใหม่เก็บเกี่ยวในระยะสุกเต็มที่ลักษณะผลสีม่วงแดงออกดำจากแหล่งปลูกเดียวกันในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ และสารสำคัญที่แสดงความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระพบว่าลูกหม่อนผลสดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.58 ไขมันร้อยละ 0.83 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15.49 ความชื้นร้อยละ 63.47 เถ้าร้อยละ 6.57 และเส้นใยหยาบร้อยละ 8.27 (Table 2) ภายหลังจากการนำลูกหม่อนไปผลิตแยมลูกหม่อนจะเห็นว่า

ผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน (สูตรที่ 5) ยังคงปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.97 ไขมันร้อยละ 0.08 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 9.45 ความชื้นร้อยละ 81.93 เถ้าร้อยละ 6.02 และเส้นใยหยาบร้อยละ 1.54 โดยที่ปริมาณขององค์ประกอบทางอาหารเหล่านี้มีปริมาณลดลงเป็นผลสืบเนื่องจากการกระบวนการผลิตเป็นการใช้ความร้อนและมีการเติมน้ำ น้ำตาล และเพกทิน ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบต่าง ๆ เป็นโครงสร้างเชิงซ้อน ทำให้ปริมาณสารประกอบหลักของอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกิดเปลี่ยนแปลงไป (Schmidt et al., 2005)

Table 2 Chemicals, physicals, and some antioxidant properties of mulberry fruits (fresh and jam).

Properties	Fresh mulberry fruits	Mulberry fruits jam (Formula no. 5)
Chemical properties and some antioxidant		
pH	2.43±0.01	3.19±0.02
Total soluble solids (^o Brix)	10.67±0.02	51.00±0.00
Protein (% w.b.)	5.58±0.10	0.97±0.05
Fat (% w.b.)	0.83±0.09	0.08±0.03
Carbohydrate (% w.b.)	15.49±1.16	9.45±2.06
Moisture content (% w.b.)	63.47±0.42	81.93±0.74
Ash (% w.b.)	6.57±1.89	6.02±2.79
Fiber (% w.b.)	8.27±1.07	1.54±0.06
Antioxidant activity (% inhibition by DPPH assay)	56.46±4.13	73.24±0.23
Total phenolic content (mg GAE/100g d.b.)	133.00±7.46	186.89±4.30
Color values		
L* (lightness)	16.73±1.05	24.04±0.28
a* (redness-greenness)	2.87±0.76	1.01b±0.06
b* (yellowness-blueness)	-0.13±0.42	-0.94±0.05
Chroma*	2.87±0.77	1.38±0.07

Mean±standard deviation.

ลูกหม่อนผลสดมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) ร้อยละ 56.46 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 133 mg GAE/100g d.b. (Table 2) และพบว่าค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน (สูตรที่ 5) มีค่า 73% และ 186.96 mg GAE/100g d.b. ตามลำดับ โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อาจเป็นผลมาจากการกระบวนการใช้ความร้อนทำลายผนังเซลล์ของโครงสร้างพืช และมีส่วนผสมของเพกทินและน้ำตาลซูโครส ซึ่งจะถูกละลายด้วยความร้อนร่วมกับสภาวะความเป็นกรดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารพฤษเคมีที่ซับซ้อนให้กลายเป็นโครงสร้างในรูปอนุพันธ์ต่าง ๆ หรือการรวมตัวเกิดโครงสร้างอนุพันธ์ของสารพฤษเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากขึ้นดังกล่าว (Howard et al., 2010; Igual et al., 2013)

สำหรับค่าสีลูกหม่อนผลสดแสดงด้วยค่า L* a* b* และ chroma* โดยที่ค่า L* คือค่าความสว่าง ค่า a* คือค่าที่แสดงสีแดง-สีเขียว ค่า b* คือค่าแสดงสีเหลือง-สีน้ำเงิน และค่า chroma* คือค่าความสดใสของสี ผลการทดลองพบว่าค่า L* เท่ากับ 16.73 ซึ่งเบนไปทางสีดำ ค่า a* เท่ากับ 2.87 เป็นค่าบวกซึ่งแสดงค่าสีแดง แสดงว่าลูกหม่อนมีลักษณะค่อนข้างไปทางสีแดง ค่า b* เท่ากับ -0.13 เป็นค่าลบซึ่งแสดงค่าสีน้ำเงิน แสดงว่าลูกหม่อนค่อนข้างไปทางสีน้ำเงิน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่า a* และ -b* จากค่า chroma* มีค่าเท่ากับ 2.87 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผลหม่อนสุกที่มีสีม่วงแดงเข้มเกือบดำ

การผลิตแยมลูกหม่อน 5 สูตร โดยสูตรที่ 1 ไม่เติมน้ำตาล สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 เติมน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดง สูตรละ 510 กรัม ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 เติมน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดง สูตรละ 255 กรัม ตามลำดับ ดัง Table 1 นั้น พบว่าคุณภาพแยมเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 ได้กำหนดไว้ว่า ควรมีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.5 โดยการใช้ น้ำตาลทรายแดง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้และค่าความเป็นกรดสูงกว่าน้ำตาลทรายขาว การใช้ น้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลทรายขาวที่ปริมาณ ต่างกัน (510 และ 255 กรัม) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้และค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ดังใน Table 3 นอกจากนี้ยังพบว่าแยมสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด ($P<0.05$) และสูตรที่ 1 มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกต่ำสุด ($P<0.05$)

Table 3 Chemical and some antioxidant properties of five mulberry fruits jam.

Properties	Results				
	Formula	Formula	Formula	Formula	Formula
	no. 1	no. 2	no. 3	no. 4	no. 5
pH	3.32 ^a ±0.05	3.11 ^{bc} ±0.03	3.23 ^{ab} ±0.05	3.05 ^c ±0.03	3.19 ^b ±0.02
Total soluble solids (°Brix)	11.00 ^d ±0.00	67.67 ^a ±0.58	64.50 ^b ±0.05	53.67 ^c ±2.08	51.00 ^c ±0.00
Antioxidant activity (% inhibition)	55.17 ^b ±1.85	49.62 ^b ±4.68	59.26 ^b ±5.32	60.86 ^b ±3.28	73.24 ^a ±0.23
Total phenolic content (mg GAE/100g d.b)	103.15 ^c ±14.52	150.60 ^b ±6.05	156 ^b ±0.05	190 ^a ±0.07	186.89 ^a ±4.30

Mean±standard deviation. The same letter in the same row are not significantly different at 5% level by DMRT.

ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนดังแสดงใน Table 4 สามารถสรุปได้ว่าผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับรวม (overall acceptability) แยมลูกหม่อนสูตรน้ำตาลทรายและน้ำตาลทรายแดง 255 กรัม ในสูตรที่ 4 และ 5 มากที่สุด

Table 4 Sensory score of mulberry fruits jam.

Mulberry fruits jam	Sensory score						
	Color	Flavor	Sweetness	Sourness	Spreadable	Thickness	Overall acceptability
Formula no. 1	5.13 ^b ±0.14	4.33 ^b ±0.13	2.67 ^c ±0.23	3.03 ^b ±0.22	3.20 ^c ±0.19	3.40 ^b ±0.19	3.00 ^c ±0.24
Formula no. 2	5.61 ^a ±0.10	4.61 ^{ab} ±0.09	3.68 ^b ±0.17	3.43 ^b ±0.16	4.76 ^b ±0.15	4.37 ^{ab} ±0.14	3.95 ^{ab} ±0.18
Formula no. 3	5.12 ^b ±0.33	4.31 ^b ±0.31	3.73 ^b ±0.55	4.16 ^b ±0.53	5.29 ^a ±0.48	5.15 ^a ±0.47	3.79 ^b ±0.58
Formula no. 4	5.93 ^a ±0.33	5.03 ^a ±0.31	5.62 ^a ±0.55	4.65 ^a ±0.53	5.87 ^a ±0.48	4.60 ^a ±0.47	4.86 ^a ±0.58
Formula no. 5	5.35 ^{ab} ±0.16	4.58 ^{ab} ±0.14	4.59 ^a ±0.26	4.46 ^a ±0.25	4.62 ^b ±0.22	4.23 ^{ab} ±0.22	4.50 ^a ±0.27

Mean±standard deviation. The same letter in the same column are not significantly different at 5% level by DMRT.

สรุปผลการศึกษา

ลูกหม่อนสดมีองค์ประกอบทางอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยหยาบ และปริมาณเถ้า มีปริมาณลดลงเมื่อผลิตแยมลูกหม่อน มีค่าสีเป็นสีม่วงเกือบดำตามลักษณะพฤกษศาสตร์ มีคุณสมบัติความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อนำลูกหม่อนสดไปผลิตเป็นแยม ผลการคัดเลือก

สูตรการผลิต 5 สูตร พบว่าสูตรที่ 5 (น้ำตาลทรายแดง 255 กรัม) เป็นสูตรที่เหมาะสม มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด และมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรการผลิตอื่น ๆ นอกจากนั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนนี้ยังเป็นที่กำหนดได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 ว่าควรมีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.5 ดังนั้นข้อมูลของงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการผลิตแยมลูกหม่อนในเชิงการค้าและยังเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าลูกหม่อนสดได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2543. แยม เยลลี่และมาร์มาเลด. นนทบุรี: สำนักงานอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.
- เนตรนา อุ่นทิ และฉัตรภา หัตถโกศล. 2562. ประโยชน์ต่อสุขภาพของผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ที่ปลูกได้ในประเทศไทย. *วารสารโภชนาการ* 54(2): 94-105.
- มนัญญา คำวิระพิทักษ์, พะยอม รอดเล็ก, มรกต กิจเจา, สุวิญา สิงห์ทอง, เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา, จุฑารัตน์ พงษ์โนรี, กนกวรรณ ปุณณะตระกูล และคณะ. 2559. ผลของสารให้ความหวานฟรุคโตสไซรัปและซูคราโลสที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของแยมผลไม้ผสม. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์* 11(2): 16-23.
- ลือชัย บุตรคุป. 2555. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในผลหม่อนสายพันธุ์ต่าง ๆ. *วารสารวิจัยเพื่อชุมชน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม* 1(2): 31-47.
- วัชรารุณ ศรีสุธรรม. 2553. *อาหารเพื่อมนุษยชาติ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 2005. *Official method of analysis of AOAC international*. 17th ed. Horwitz, William: Association of Official Analytical Chemists. Inc.
- Aydin, E., and Gocmen, D. 2015. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT-Food Science and Technology* 60: 385-392.
- Claudin, M., Andrzej, M., and Augustia, S. 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *Current Opinion in Lipidology* 16: 77-84
- Duthie, G. G., Duthie, S. J., and Kyle, J. A. M. 2000. Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *Nutrition Research Reviews* 13: 79-106.
- Howard, L. R., Castrodale, C., Brownmiller, C., and Mauromoustakos, A. 2010. Jam processing and storage effects on blueberry polyphenolics and antioxidant capacity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 25: 4022-4029.
- Igual, M., Garcia-Martinez, E., Camacho, M. M., and Martinez-Navarrete, N. 2013. Jam processing and storage effects on β -carotene and flavonoids content in grapefruit. *Journal of Functional Foods* 5: 736-744.
- Kamiloglu, S., Pasli, A. A., Ozcelik, B., Camp, J. V., and Capanoglu, E. 2015. Influence of different processing and storage conditions on in vitro bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades. *Food Chemistry* 186: 74-82.
- Lazee, M. C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A. I., Stivala, L. A., and Bianchi, L. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *Carcinogenesis* 25: 1427-1433.
- Patras, A., Brunton, N., and Tiwari, B. K. 2011. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and color in strawberry jam during storage. *Food Bioprocess Technology* 4: 1245-1252.
- Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., Kilani, I., Yang, W., Nihamad, M. N., Ereifej, K., Al-udatt, M. et al. 2010. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food Agriculture* 91: 1096-1102.
- Radojkovic, M. M., Zekovic, Z. P., Vidovic, S. S., Kocar, D. D., Pavle, Z., and Maskovic, P. 2012. Free radical scavenging activity and total phenolic and flavonoid contents of mulberry (*Morus spp.* L., Moraceae) extracts. *Hemijiska Industrija* 66: 547-552.
- Schmidt, B. M., Erdman, J. W., and Lila, M. A. 2005. Effects of food processing on blueberry antiproliferation and antioxidant activity. *Journal of Food Science* 70: s389-s394.
- Teangpook, C., and Paosantong, U. 2013. Production and shelf-life of low sucrose lime juice papaya jam. *Pakistan Journal of Nutrition* 12(9): 870-878.
- Yang, X., Yang, L., and Zheng, H. 2010. Hyperlipidemia and antioxidant effects of mulberry (*Morus alba* L.) fruit in hyperlipidemia rats. *Food and Chemical Toxicology* 48: 2374-2378.

วันรับบทความ (Received date) : 11 ต.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 24 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 2 พ.ค. 64

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

Research Articles:		Page
❑	Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Yield of Sweet Corn under Natural Conditions	Siriporn Sirichaiwetchakul, Nidchaporn Nabhadalung, Samram Malmai and Warut Krungkai 89
❑	Effects of Gibberellic acid and Benzylaminopurine on Lateral Buds Induction of Figs cv. Black Genoa	Werapat Pachai, Daruni Naphrom and Nopporn Boonplod 95
❑	Varietal Trial of Single Cross F ₁ Hybrid in American Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.)	Sarawut Nantaphoom, Sittichai Peerapassakorn and Pornpan Poomprompan 101
❑	Studies on Phosphorus Availability and Growth Promotion of Sugarcane by Phosphate Solubilizing Bacteria Under Greenhouse Condition for Biofertilizer Production	Pechrada Pinjai, Chattraporn Tongponkaew and Chanidapa Thanasrirangkul 109
❑	Factors Correlated with the Need for Skills Development of Agricultural Promotions Scholars Who Work for the Department of Agricultural Promotions	Wannaree Konkhayun, Somchai Anusontpomporn and Tanin Kongsila 119
❑	Para-rubber Farming under the Unrest Situation in Three Southern Border Provinces	Buncha Somboonsuke and Purawich Phitthayaphinant 130
❑	Development of Instant Acetic Acid Bacteria Model for Pineapple Cider Production	Sawanya Punyanunt, Wannarat Chalermpanyakorn, Chanokphat Phadungath and Laksamee MeunSritharam 141
❑	Appropriate Carrageenan and Sucrose Ratios on Quality of Green Tea and Jelly with Honey Lemon Flavor	Wattana Wirivutthikorn 148
❑	Study on Ratio of Salak Fruit and Strain of Yeast Suitable for Wine Production	Wasana Suyotha and Surasuk Bunrung 156
❑	Type and Sucrose Content on Antioxidant Activity of Mulberry Jam	Yuparat Potisate and Newitchaya Wutthinithisanand 165