มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY
คณะผลิตกรรมการเกษตร FACULTY OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ISSN (Print) 2651-2475 ISSN (Online) 2773-9929

วารสาร ผลิตกรรมการเกษตร

JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2565 VOL.4 NO.1 JANUARY - APRIL 2022

WWW.JAP.MJU.AC.TH

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
Journal of Agricultural Production

วารสารผลิตกรรมการเกษตร หรือ Journal of Agricultural Production (JAP) จัดทำโดย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อการเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านการเกษตรหรือที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ของนักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการทั้งในและนอกสถาบัน มีกำหนดตีพิมพ์เผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ โดยกำหนดออกในเดือนเมษายน สิงหาคม และ ธันวาคม ของทุกปี

นโยบายการจัดพิมพ์

รับบทความวิชาการด้านการเกษตร หรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร เช่น นวัตกรรมและเทคโนโลยีด้านการเกษตร เป็นต้น ตีพิมพ์ในรูปแบบ บทความวิจัยเต็มรูปแบบ (Full length article) แบบเนื้อหาสั้น (Short communication) รวมถึงบทความประมวลความรู้เชิงวิเคราะห์ (Review article) หรือบทความปริทัศน์ โดยบทความดังกล่าวจะต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์ หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารอื่นมาก่อน บทความอาจจะเขียนโดยใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่บทคัดย่อจะต้องมีทั้งสองภาษา บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารจะต้องส่งในรูปแบบการเขียนตามที่กำหนด (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับตีพิมพ์) ทุกบทความที่จะได้รับการตีพิมพ์จะทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่าน และเมื่อผ่านการประเมินแล้ว กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะส่งพิมพ์ตามที่เห็นสมควร และไม่รับพิจารณาต้นฉบับที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์การตีพิมพ์ของวารสาร สำหรับผู้สนใจบทความสามารถเข้าถึงเนื้อหาผลงานตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (Open access)

เนื้อหาบทความในวารสารนี้ เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน โดยผ่านความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจอ่าน คณะผู้จัดทำไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยและมิใช่ความรับผิดชอบของคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ติดต่อสอบถาม

บรรณาธิการวารสารผลิตกรรมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
อีเมล jap@mju.ac.th เว็บไซต์ http://jap.mju.ac.th
โทรศัพท์ +66 5387 3618 โทรสาร +66 5387 3628

คำบรรยายภาพปก

“อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.) หนึ่งในตระกูลอินทนิล ที่กำลังบานสะพรั่งทั่วมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในช่วงนี้”

ที่ปรึกษา

อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร
ศาสตราจารย์ ดร.สัญชัย จตุรสิทธา

บรรณาธิการอำนวยการ

คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองชัย จูวัฒนสำราญ)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ คณะผลิตกรรมการเกษตร (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศมาพร แสงยศ)
รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะผลิตกรรมการเกษตร (รองศาสตราจารย์ ดร.พุฒิสรรค์ เครือคำ)

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ

บรรณาธิการผู้ช่วย

อาจารย์ ดร.ปัทมา หาญนอก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ดนัย บุณยเกียรติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.กมล เลิศรัตน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ทศพล พรพรหม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ตันโช	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย รัตน์ชเลศ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล เศรษฐบุตร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา โพธิ์ธาภรณ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.ยศ บริสุทธิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ชิติ ศรีตนทิพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.พุฒิสรรค์ เครือคำ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.นคเรศ รังควัต	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อ่ำทอง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาท	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจน์ทินกร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะทัศน์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ พละปัญญา
นางสาวเขมินทรา ติ๊บปัญญา
นายกานต์พนธ์ ชุมภู
นางอภิชนา วงศ์วารเตชะ
นายอนุศิษฏ์ บุญทาแดง
นางสาวฐานิชสรณ์ วรรณศรี

เรื่องเล่า ... เล่มนี้

MJU
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

สวัสดีค่ะผู้อ่านทุกท่าน พบกันอีกครั้งสำหรับฉบับแรกของปีที่ 4 จากคำว่า “วารสารน้องใหม่” เมื่อปี 2562 มาถึงปัจจุบันเราเริ่มยืนหยัดและก้าวย่างด้วยตัวเองได้อย่างภาคภูมิค่ะ

ในปีนี้สิ่งที่มีการปรับปรุงแก้ไขใหม่ได้แก่ กองบรรณาธิการของวารสาร เนื่องจากคณะกองบรรณาธิการบางท่านไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน รวมทั้งบางท่านได้เสียชีวิต ทางคณะผู้ดำเนินงานของวารสาร จึงได้ขออนุมัติเสนอชื่อกองบรรณาธิการชุดใหม่ ซึ่งปัจจุบันได้รับการอนุมัติจากมหาวิทยาลัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยยังคงยึดสัดส่วนระหว่างบุคคลภายในและภาคนอกมหาวิทยาลัยให้เหมาะสมตามข้อกำหนดของมาตรฐานในระดับชาติ จึงใคร่นำเรียนไว้ให้ผู้อ่านรับทราบไว้เป็นข้อมูลเบื้องต้นด้วย นอกจากนี้ ได้มีการแต่งตั้งบรรณาธิการผู้ช่วย คือ อาจารย์ ดร.ปัทมา หาญนอก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน ขึ้นมาปฏิบัติงานดูแลบทความที่เข้ามาทางระบบออนไลน์ ซึ่งสามารถช่วยแบ่งเบาภาระงานของบรรณาธิการหลักได้เป็นอย่างดี หากการดำเนินงานในตำแหน่งบรรณาธิการผู้ช่วยดังกล่าวมีข้อบกพร่องประการใด บรรณาธิการหลักยินดีน้อมรับข้อผิดพลาดดังกล่าวแต่เพียงผู้เดียว เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขการทำงานต่อไป

เป้าหมายการพัฒนาของวารสารในปีนี้คือการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานที่เป็นระบบมากขึ้น เพราะนอกจากจำนวนบทความที่ส่งเข้ามามากขึ้นแล้ว การเพิ่มจำนวนผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อพิจารณาบทความจากบทความละ 2 คนเป็น 3 คน ทำให้ภาระงานของเจ้าหน้าที่เพิ่มมากขึ้นด้วย ระยะเวลาในการพิจารณาบทความก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงใคร่ขอความเห็นใจจากผู้ทรงบทความว่าอาจจะต้องรอการติดต่อกลับจากวารสารนานขึ้นอีกนิดนะคะ และหากเกิดความล่าช้าผิดปกติ ณ ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งก็ต้องขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย ผู้แต่งสามารถติดต่อสอบถามความก้าวหน้าของบทความได้ที่สำนักงานวารสารโดยตรงนะคะ

สำหรับบทความที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในฉบับนี้ มีจำนวน 10 บทความ ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านจะได้รับความรู้จากบทความดังกล่าวเป็นอย่างดี และหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อ่านที่สนใจส่งบทความเข้ามาร่วมตีพิมพ์เผยแพร่กับเราต่อไปค่ะ

สวัสดีค่ะ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช เจริญกิจ
บรรณาธิการ

สารบัญ

การเจริญเติบโตและพัฒนาของข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน 1
อภิสิทธิ์ ชิตวณิช รัตติกาล เสนน้อย และ ประพฤติ พรมสมบูรณ์

Farmers' Attitude on Tobacco Growing for Reducing Smog from Maize Stubble Burning, Mae Chaem District, Chiang Mai, Thailand 13
Jukkaphong Poung-ngamchuen and Tonglian Buwjoom

Effects of Different Processing Conditions on Physicochemical Properties, Bioactive Compounds and Sensory Acceptance of Betel Nut Tea 28
Unchalin Singkhum

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร ในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 40
คานตาวัน พมลาชาบุด พุฒิสรรค์ เครือคำ สายสกุล ฟองมูล และ ปิยะ พละปัญญา

ศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 53
อัมพร ผาสุก พหล ศักดิ์คะทัศน์ พุฒิสรรค์ เครือคำ และ สายสกุล ฟองมูล

การเปรียบเทียบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่าง ๆ จากข้าวสาลีบดพันธุ์แม่โจ้ 64
ภาวิณี อารีศรีสม นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ ณัฐชนก แก้วแทน และ กอบลาภ อารีศรีสม

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดและอัตราส่วนของสารสกัดที่แตกต่างกัน ต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ในกระชายดำ 77
นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ ภาวิณี อารีศรีสม กอบลาภ อารีศรีสม วิกานดา ใหม่เฟย
วรภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์ และ ศักดิ์ชัย เสถียรพีระกุล

ผลของการฉีดพ่นทางใบด้วยสารละลายแคลเซียมและโบรอนต่อคุณภาพผลผลิตของเมล่อน 91
รักษ์สุดา คำดี ธรรมธวัช แสงงาม ชัยสิทธิ์ ทองจู ศิริสุดา บุตรเพชร อาณัติ เฮงเจริญ
และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย

สารบัญ (ต่อ)

ผลของสารพาต่อประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus amyloliquefaciens* ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Rigidoporus microporus* สาเหตุโรครากขาวในยางพารา 102

พันธ์ทิพย์ จุลวรรณโณ และ อัจฉรา เพ็งหนู

ผลของการพอกเมล็ดด้วยเมทิลไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส ต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 114

เพชรรัตน์ จี้เพชร และ จักรพงษ์ กางโสภา

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ 128

Guide for Authors 133

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

การเจริญเติบโตและพัฒนาของข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน

Growth and Development of Kum Bangphra Rice Grown under Different Light Conditions

อภิสิทธิ์ ชิตวณิช[*] รัตติกาล เสนน้อย และ ประพฤติ พรมสมบูรณ์
Apisit Chittawanij[*] Rattikarn Sennoi and Praprut Promsomboon

คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110
Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chonburi 20110
* Corresponding author: apisit_ch@rmutto.ac.th

(Received: 15 June 2021; Revised: 22 September 2021; Accepted: 26 November 2021)

Abstract

The objective of this study was to determine the growth and development of Kum Bangphra rice variety grown under different lights conditions. A completely Randomized Design was used with 4 replications. Treaments were natural sun light (T1), LED white: red: blue bulb panel (T2), LED white HP4F-AL (T3), LED full spectrum grow board (T4), and fluorescent (T5). The experiment was conducted from August to December 2020 at the Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Bioresources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok. The results showed that the highest growth in terms of stem height of 156.4 cm in T3, tillers per hill of 11.9 tiller/hill in T1, fresh and dry straw weight of 252.7 and 74.0 g and the number of seeds of 353.2 seed/hill. It was found that rice plant grown under T2 had the fastest development period, booting stage at 60 days, flowering at 95 days, and harvesting at 130 days whereas those in T5 were the latest. It was found that the amylose content was between 18.02-19.32 % at a low amylose content. The T4 experiment had the largest amount of amylose at

19.32 %. Therefore, artificial light source can be an alternative solution for growing rice in low light area.

Keywords: Kum Bangphra rice, LED growth light, indoor plants

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้แสงที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มีจำนวน 5 สิ่งทดลอง คือ สิ่งทดลองที่ 1 แสงธรรมชาติ (T1) มีค่าเท่ากับ 620 ไมโครโมล/วินาที/ตารางเมตร สิ่งทดลองที่ 2 LED white: red: blue bulb panel (T2) สิ่งทดลองที่ 3 LED white HP4F-AL (T3) สิ่งทดลองที่ 4 LED full spectrum grow board (T4) และ สิ่งทดลองที่ 5 fluorescent (T5) ดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงธันวาคม 2563 ณ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ผลการทดลองพบว่า ข้าวก่ำบางพระมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงมากที่สุดใน T3 (156.4 เซนติเมตร) มีจำนวนหน่อต่อกอมากใน T1 (11.9 ต้นต่อกอ) น้ำหนักสดและฟางมากที่สุดใน T1 (252.7 และ 74.0 กรัม) และจำนวนเมล็ดดีมากที่สูงสุดใน T3 (353.2 เมล็ดต่อรวง) สำหรับระยะพัฒนาการของข้าวก่ำบางพระพบว่า ข้าวที่ปลูกใน T2 มีระยะพัฒนาการเร็วที่สุดคือระยะตั้งท้อง 60 วัน ระยะออกดอก 95 วัน และระยะเก็บเกี่ยว 130 วัน ส่วนข้าวที่ปลูกใน T5 มีระยะพัฒนาการด้านต่าง ๆ นานที่สุด ในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส พบว่า มีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 18.02-19.32 % อยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ และ T4 มีปริมาณอะไมโลสมากที่สุดเท่ากับ 19.32 % ดังนั้นจากผลการทดลองการใช้แสงเทียมสามารถปลูกพืชในพื้นที่ที่มีแสงน้อยได้

คำสำคัญ: ข้าวก่ำบางพระ แอลอีดีปลูกพืช ปลูกพืชในร่ม

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ใช้ประโยชน์ทั้งการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ (สถาบันวิจัยข้าว, 2544; กรมการข้าว, 2549) ในการพิจารณาการปลูกข้าว ควรคำนึงถึงการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตสูงสุดเป็นหลัก เนื่องจากลักษณะการเจริญเติบโต และความสามารถในการให้ผลผลิตมีความแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม เช่น แสง (Kobota and Moriwaki, 1990; Kobota *et al.*, 2000; ศานิต, 2549) ข้าวเหนียวดำ หรือ ข้าวก่ำ เป็นข้าวที่ไม่ได้รับความนิยมรับประทานเป็นข้าวหลักเหมือนกับข้าวเหนียวขาว และข้าวเจ้า เพราะเมล็ดข้าวมีสีม่วงดำ และเนื้อเมล็ดค่อนข้างแข็ง เคี้ยวละเอียดยากกว่า แต่นิยมรับประทานในรูปของขนมหวานมากกว่าข้าวอื่น ๆ อาทิ ข้าวเหนียวดำกะทิ ข้าวเหนียวดำใส่ถั่วดำ และใช้ทำข้าวหลาม (Promsomboon and Promsomboon, 2016) เป็นต้น ข้าวก่ำบางพระเป็นข้าวพื้นเมืองสายพันธุ์บางพระ 56-009 ที่ได้จากการพัฒนาพันธุ์

ด้วยวิธีการคัดเลือกเก็บรวบรวมในระหว่างปี 2554-2555 โดยคณาจารย์คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ที่ได้คัดเลือกลักษณะต้นที่ดี และมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต และในปี 2556 ได้นำมาทดสอบพันธุ์ในไร่นาของเกษตรกรในจังหวัดชลบุรี พบว่า กอตั้ง ลำต้นแข็งแรง สูงประมาณ 130 เซนติเมตร ต้านทานต่อโรค และแมลง เป็นข้าวที่มีความไวต่อแสง จึงปลูกได้ในฤดูนาปี และนาปรัง ปลูกได้ทั้งในสภาพนาดำ และนาไร่ (Promsomboon and Promsomboon, 2019)

แสงเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยการควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางด้านสัณฐานวิทยา (Drozdova *et al*., 2001; Li and Kubota, 2009) รวมทั้งกระบวนการเผาผลาญสารต่าง ๆ ในพืช ในการศึกษาชีววิทยาทางแสง แหล่งกำเนิดแสงเทียมหลอด LED (แอลอีดี) ให้แสงที่มีการกระจายตัวของสเปกตรัมที่แคบ ทำให้สามารถปรับช่วงแสงให้มีความใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติที่พืชต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้มีรายงานการศึกษาอิทธิพลของแสงจากหลอดแอลอีดีต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัณฐานวิทยาของพืช (Li and Kubota, 2009; Yorio *et al*., 2001) แต่ยังไม่มีการศึกษาอิทธิพลของแสงเทียมต่อการเจริญเติบโตของข้าวก่ำ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้แสงที่แตกต่างกัน 5 ชนิดต่อการเจริญเติบโตในระยะพัฒนาการต่าง ๆ และผลผลิตของข้าวก่ำบางพระ ซึ่งการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้ผู้เกี่ยวข้องเลือกใช้แสงไฟที่เหมาะสมกับการปลูกข้าวมากยิ่งขึ้น และหวังว่าการทดลองนี้น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยการปลูกข้าวในร่มต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ข้าวก่ำบางพระปลูกภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน โดยจัดหน่วยทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 5 สิ่งทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ สิ่งทดลองที่ 1 คือ แสงธรรมชาติ (T1) สิ่งทดลองที่ 2 คือ LED Grow Light 1000W Full spectrum, 10W×100 double chips ประกอบด้วย Red: 65 pcs, Blue: 17 pcs, Orange: 4 pcs, White: 12 pcs, IR: 1 pcs และ UV: 1 pcs จากร้านค้าออนไลน์ ledgrowlightthailand.lnwshop.com (T2) สิ่งทดลองที่ 3 คือ หลอด LED แสงสีขาว-HP4F-AL 48 W จาก บริษัท เจแอนด์พีสเปรย์เยอร์ จำกัด (T3) สิ่งทดลองที่ 4 คือ LED Grow Light 240W Samsung LM301M chips จากร้านค้าออนไลน์ ledgrowlightthailand.lnwshop.com (T4) และสิ่งทดลองที่ 5 คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T18 Cool Daylight ของ PHILIPS (T5)

สภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกข้าวก่ำบางพระ

ในการศึกษาอิทธิพลของชนิดแสงไฟที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวก่ำบางพระ สำหรับความเข้มแสง PPFD จากค่าเฉลี่ยของแสงธรรมชาติ ใน T1 มีค่าเท่ากับ 620 ไมโครโมล/วินาที/ตารางเมตร ส่วนความเข้มแสงของสิ่งทดลองที่ T2, T3, T4 และ T5 ถูกกำหนดความเข้มแสงที่ระดับใบเท่ากันที่ 250 ไมโครโมล/วินาที/ตารางเมตร ในการศึกษานี้ได้กำหนดเวลาเปิด-ปิดไฟในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มปลูกถึงอายุ 60 วัน เปิดไฟ 14 ชั่วโมง ปิดไฟ 8 ชั่วโมง และหลังจากนั้นจะเปิดไฟ 11.30 ชั่วโมง ปิดไฟ 12.30 ชั่วโมง จนกระทั่งข้าวออกดอกจึงเปิดไฟ 14 ชั่วโมง ปิดไฟ 8 ชั่วโมง จนถึงเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต ในการ

บันทึกอุณหภูมิพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิด้านในมีค่าระหว่าง 30.3-32.9 องศาเซลเซียส สำหรับความชื้นสัมพัทธ์พบว่ามีค่าเฉลี่ยระหว่าง 74.4 ถึง 76.6 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

Table 1 PPFD, Temperature out, Temperature in and RH

Treatments[1/]	PPFD (umol/s/m^2)	Temp.out (°C)	Temp. in (°C)	RH (%)
T1	620	34.6	34.6	74.6
T2	250	34.6	30.6	75.9
T3	250	34.6	30.3	76.6
T4	250	34.6	32.9	75.3
T5	250	34.6	31.3	74.4

[1/] T1 (sun light) T2 (LED white: red: blue bulb panel) T3 (LED white HP4F-AL) T4 (LED full spectrum grow board) and T5 (fluorescent)

การเพาะปลูก การบันทึกผล และวิเคราะห์ผล

ปลูกข้าวในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ที่บรรจุดินปลูกผ่านการตากแห้งน้ำหนัก 10 กิโลกรัมต่อกระถาง โดยปลูกข้าวกระถางละ 3 กอ กอละ 1 ต้น หลังจากปลูก 15 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 (ตรากระต่าย ของบริษัท เจียไต๋ จำกัด) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวอายุได้ 60 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (ตราเรือใบไวกิ้ง ของบริษัท ไฮโดรไทย จำกัด) อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ (ก่อนข้าวออกดอก) กำจัดวัชพืชโดยใช้มือถอนอย่างสม่ำเสมอ มีการจัดการน้ำในสภาพปกติที่ระดับขอบกระถางตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะที่ข้าวสุกแก่แล้วจึงงดการให้น้ำ โดยมีการบันทึกผลการทดลองด้านการเจริญเติบโตที่อายุหลังปลูก 15, 30, 60 และ วันที่เก็บเกี่ยว จำนวน 8 ลักษณะ คือ ความสูง จำนวนหน่อ ความเข้มสีใบ และบันทึกระยะพัฒนาการ จำนวน 3 ระยะ คือ ระยะตั้งท้อง ออกดอก และเก็บเกี่ยว จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักฟางสดและแห้ง

การวิเคราะห์อะไมโลส (Juliano *et al*., 1971) มีลำดับขั้นตอนดังนี้ ชั่งตัวอย่างข้าวจำนวน 0.1 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ (บริษัท พี.ไว จำกัด) จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (บริษัท พี.ไว จำกัด) ความเข้มข้น 2 นอร์มัล จำนวน 9 มิลลิลิตร นำตัวอย่างวางบนเครื่องผสมโดยใช้แท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร นำขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรใบใหม่เติมมาน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร เติมกรดอะซิติก (บริษัท พี.ไว จำกัด) เข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ดูดตัวอย่างสารละลายน้ำแป้งที่เตรียมไว้แล้วจำนวน 5 มิลลิลิตร และปรับปริมาตร ด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ทำ blank ตามวิธีเตรียมตัวอย่างแต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่างสารละลายน้ำแป้ง นำตัวอย่างไปวัดความเข้มข้นของสารละลายด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น

620 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาปริมาณอะไมโลสของตัวอย่างกับกราฟมาตรฐานของอะไมโลส

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ค่า DMRT ที่ $P \leq 0.05$

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวก่ำบางพระ

จากการศึกษาหาค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน 15 วันหลังปลูก พบว่าความสูงเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวก่ำบางพระที่ปลูกใน T1 ให้ความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 60.4 เซนติเมตร รองลงมาคือ T3, T2, T5 และ T4 มีความสูงเท่ากับ 58.4, 56.3, 53.9 และ 53.6 4 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ 30 วันหลังปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน โดย T3 ให้ความสูงมากที่สุดเท่ากับ 100.6 เซนติเมตร รองลงมาคือ T5, T2 และ T4 มีความสูงเท่ากับ 96.8, 94.3 และ 93.5 4 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะ T1 มีความสูงน้อยที่สุดเท่ากับ 89.8 เซนติเมตร ส่วน 60 วันหลังปลูก พบว่าความสูงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย T5 ให้ความสูงมากที่สุดเท่ากับ 158.1 เซนติเมตร รองลงมาคือ T3, T2, T4 และ T1 มีความสูงเท่ากับ 156.4, 147.6, 145.6 และ 137.2 4 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2 และ Figure 1) จากการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของ Promsomboon and Promsomboon (2016) พบว่าข้าวก่ำบางพระเมื่อปลูกในที่ลุ่มมีความสูงเท่ากับ 143.08 เซนติเมตร ซึ่งมีความสูงใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าการปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีแสงน้อยด้วยแสงแอลอีดีไม่มีผลทำให้ความสูงแตกต่างไปจากลักษณะประจำพันธุ์

ในส่วนของการแตกกอของข้าวก่ำบางพระ 30 วันหลังปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย T1 มีการแตกกอสูงที่สุดเท่ากับ 4.9 หน่อต่อกอ รองลงมาคือ T4, T3, T5 และ T2 มีจำนวนหน่อเท่ากับ 2.9, 2.3, 2.3 และ 2.2 หน่อต่อกอ ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนหน่อ 60 วันหลังปลูก พบว่าข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้แสงธรรมชาติ T1 ให้จำนวนหน่อสูงที่สุดเท่ากับ 11.9 หน่อต่อกอ รองลงมาคือ T2, T3, T4 และ T5 มีจำนวนหน่อเท่ากับ 7.7, 5.7, 5.5 และ 3.5 หน่อต่อกอ ตามลำดับ (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบการแตกกอเฉพาะข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพแสงเทียม ข้าวที่ปลูกในสภาพ T2 มีการแตกกอมากที่สุด ซึ่งพิจารณาสีของแสงเทียมแต่ละชนิดพบว่าแสงเทียมจาก T2 มีปริมาณสีแดงที่มากกว่าแสงเทียมอื่น สอดคล้องกับรายงานของ Monostori *et al*. (2018) การปลูกข้าวสาลีภายใต้สภาพแสงเทียมสีแดงมีการแตกกอที่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแสงเทียมสีชมพู สีน้ำเงิน และสีขาว ชนิดของแสงที่แตกต่างกันมีผลต่อการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาของพืช เช่น การแตกกอ ลำต้นยืดยาว และการชักนำให้ออกดอก (De Salvador *et al*., 2008) นอกจากนี้ พืชที่ปลูกภายใต้แสงที่ความเข้มสูงส่งผลให้พืชสามารถรับแสงเพียงพอสำหรับการพัฒนาของตาเพื่อเจริญขึ้นเป็นหน่อได้ (Gautier *et al*., 1999) เนื่องจากการแตกหน่อจะถูกยับยั้งเมื่อตาหน่อได้รับความเข้มแสงต่ำหรือถูกบดบังแสงด้วยใบส่งผลให้มีการแตกกอน้อย (Smith and Whitelam, 1997)

Table 2 Stem height and number of tillers per plant at 15, 30 and 65 days after transplanted of Kum Bangpra rice grown under different light conditions

Treatments[1/]	Stem height (cm)			Tillers/plant	
	15 days	30 days	60 days	30 days	60 days
1	60.4	89.8	137.2b[2/]	4.9a	11.9a
2	56.3	94.3	147.6ab	2.2b	7.7b
3	58.4	100.6	156.4a	2.3b	5.7bc
4	53.6	93.5	145.6b	2.9b	5.5bc
5	53.9	96.8	158.1a	2.3b	3.5c
F-test	ns	ns	**	*	**
CV (%)	8.5	8.7	4.7	17.5	20.7

* significantly at 0.05 %

** significantly at 0.01 %

ns: not significantly

[1/] T1 (sun light) T2 (LED white: red: blue bulb panel) T3 (white LED HP4F-AL) T4 (LED full spectrum grow board) and T5 (fluorescent)

[2/] In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at 0.05 %

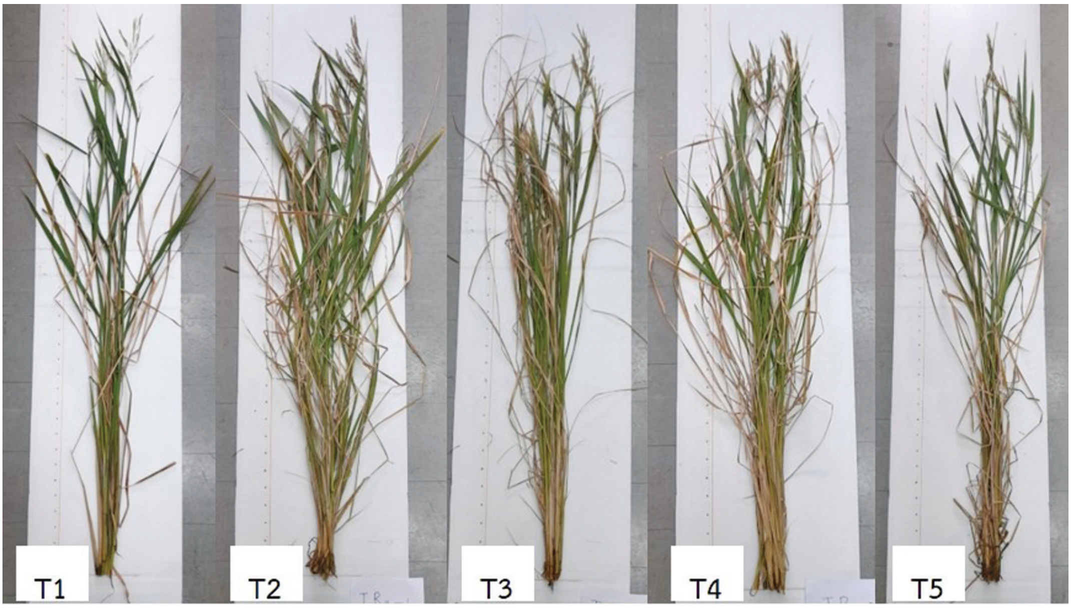


Figure 1 Characteristics of rice plants grown under different light conditions

ความเข้มสีใบของข้าวก่ำบางพระเปรียบเทียบโดยใช้ค่า SPAD ที่ 30 วันหลังปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย T2 ให้ความเข้มสีใบสูงที่สุด เท่ากับ 37.9 รองลงมาคือ T3, T4, T5 และ T1 มีความเข้มสีใบเท่ากับ 35.5, 34.8, 34.5 และ 32.2 ตามลำดับ ส่วนความเข้มสีใบ 60 วันหลังปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ข้าวโดย T4 มีความเข้มสีใบสูงที่สุดเท่ากับ 41.2 รองลงมาคือ T3, T5, T1 และ T2 มีความเข้มสีใบเท่ากับ 40.6, 39.9, 39.1 และ 38.6 ตามลำดับ (Table 3) ความเข้มสีใบเป็นตัวบ่งบอกได้ว่าถ้าพืชมีความเข้มสีใบสูงจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูง จากการเปรียบเทียบความเข้มสีใบในสภาพแสงเทียม T3 ซึ่งเป็นแอลอีดีสีขาวมีความเข้มสีใบสูงกว่าแสงอื่น สอดคล้องกับการศึกษาของ Tran and Jung (2017) ที่พบว่าต้นกล้าข้าวที่ได้รับแสงแอลอีดีสีขาวมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าแสงแอลอีดีสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง

เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวแล้วนำฟางมาชั่งน้ำหนักสด พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักสดฟางที่ปลูกใน T1 มีน้ำหนักสดฟางมากที่สุดเท่ากับ 252.7 กรัม รองลงมาคือ T2, T3, T5 และ T4 มีน้ำหนักสดฟางเท่ากับ 181.9, 132.4, 64.5 และ 59.0 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์หนักฟางแห้งพบว่า T1 ให้น้ำหนักฟางแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 74.0 กรัม รองลงมาคือ T2, T3, T4 และ T5 มีน้ำหนักฟางแห้งเท่ากับ 39.2, 29.3, 20.3 และ 16.8 กรัม ตามลำดับ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตชีวมวลของพืชที่ปลูกภายใต้แสง เกิดจากอัตราการดูดซึมปริมาณไนโตรเจนสุทธิของใบสูงขึ้น ส่งผลต่อองค์ประกอบของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Keiko *et al*., 2006)

ในส่วนของจำนวนเมล็ดรวมและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อกอของข้าวก่ำบางพระหลังเก็บเกี่ยว พบว่า T2 มีจำนวนเมล็ดรวมมากที่สุดเท่ากับ 534.1 เมล็ดต่อกอ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ T3 และ T1 ที่มีจำนวนเมล็ดรวมเท่ากับ 503.2 และ 463.6 เมล็ดต่อกอ และ T4 มีจำนวนเมล็ดรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 63.2 เมล็ดต่อกอ เมื่อคัดแยกเมล็ดดีออกจากเมล็ดรวมพบว่า T3 มีแนวโน้มที่ให้เมล็ดดีมากกว่ามีค่าเท่ากับ 70.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับ T2 และ T5 ที่มีเมล็ดดีเท่ากับ 54.8 และ 37.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ T1 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีน้อยที่สุดเท่ากับ 5.2 เปอร์เซ็นต์ (Table 3 และ Figure 2) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของ T1 ที่มีค่าต่ำ เนื่องจากปลูกในสภาพแสงธรรมชาติทำให้ต้องการน้ำในปริมาณมาก สังเกตได้จากการที่ต้องเติมน้ำบ่อยครั้งขึ้นในระยะ reproductive พบว่าบางวันเติมน้ำในเวลาเช้าพอตกเย็นน้ำแห้ง ซึ่งการขาดน้ำมีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารอาหารจากลำต้นและใบไปยังผลผลิต (เมล็ดข้าว) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพวกธัญพืชจะยังคงมีการสังเคราะห์แสงและเคลื่อนย้ายสารอาหารในระยะออกรวง (current photosynthesis) Rahman *et al.* (2002) รายงานว่า การขาดน้ำที่ระยะตั้งท้องและระยะออกดอกมีผลทำให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำ และยังมีรายงานว่าการขาดน้ำที่ระยะดังกล่าวส่งผลให้เกิดเมล็ดลีบ (unfilled grain) มาก ทั้งนี้เพราะการเคลื่อนย้ายถ่ายเทสารอาหารมาที่ผลผลิตไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ผลผลิตต่ำ (Wopereis *et al.,* 1996)

ระยะพัฒนาการของข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน 5 ชนิด พบว่า ข้าวที่ปลูกใน T2 มีระยะพัฒนาการเร็วที่สุดคือ ระยะตั้งท้อง 60 วัน ระยะออกดอก 95 วัน และระยะเก็บเกี่ยว 130 วัน ข้าวที่ปลูกใน T1 มีระยะตั้งท้อง

72 วัน ระยะออกดอก 102 วัน และระยะเก็บเกี่ยว 135 วัน ข้าวที่ปลูกใน T3 พบว่า มีระยะตั้งท้อง 65 วัน ระยะออกดอก 96 วัน และระยะเก็บเกี่ยว 130 วัน และ T4 มีระยะตั้งท้อง 70 วัน ระยะออกดอก 98 วัน และระยะเก็บเกี่ยว 132 วัน ส่วนข้าวที่ปลูกใน T5 มีระยะพัฒนาการด้านต่าง ๆ ยาวนานที่สุด (Table 4) มีการศึกษาอายุเก็บเกี่ยวของข้าวก่ำบางพระทั้งในที่ลุ่มและที่ดอนมีอายุเท่ากันที่ 110.60 วัน (Promsomboon and Promsomboon, 2016) ซึ่งเร็วกว่าการทดลองในครั้งนี้ เนื่องจากข้าวก่ำบางพระเป็นข้าวไวแสง ระยะเวลาการได้รับแสงในช่วงวันสั้นจึงมีความสำคัญต่อเวลาการออกดอกและส่งผลต่อการสุกแก่ของข้าว การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้ข้าวได้รับช่วงแสงสั้นที่อายุ 60 วันหลังปลูก ซึ่งอาจชักนำการออกดอกที่ล่าช้าและส่งผลให้เกิดการสุกแก่ช้ากว่าปกติ ดังนั้น การปลูกข้าวสายพันธุ์ไวแสงด้วยแสงเทียมต้องคำนึงถึงช่วงแสงที่เหมาะสมกับระยะการพัฒนาของข้าว

Table 3 Chlorophyll, Rice straw and Number of seeds of Kum Bangphra rice grown under different light conditions

Treatments[1/]	Chlorophyll (SPAD)		Straw weight (g)		Number of seeds (seed/hill)	
	30 days	60 days	Fresh	Dry	Total seed	% Good seed
1	32.2	39.1	252.7a	74.0a	463.6ab	5.2bc
2	37.9	38.6	181.9b	39.2b	534.1a	54.8a
3	35.5	40.6	132.4b	29.3bc	503.2a	70.2a
4	34.8	41.2	59.0c	20.3bc	63.2b	19.6b
5	34.5	39.9	64.5c	16.8c	103.2b	37.7ab
F-test	ns	ns	*	**	**	**
CV (%)	7.4	6.6	31.5	36.3	33.6	42.1

* significant at 0.05 %

** significant at 0.01 %

ns: not significantly

[1/] T1 (sun light) T2 (LED white: red: blue bulb panel) T3 (LED white HP4F-AL) T4 (LED full spectrum grow board) and T5 (fluorescent)

[2/] In the same column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5 %

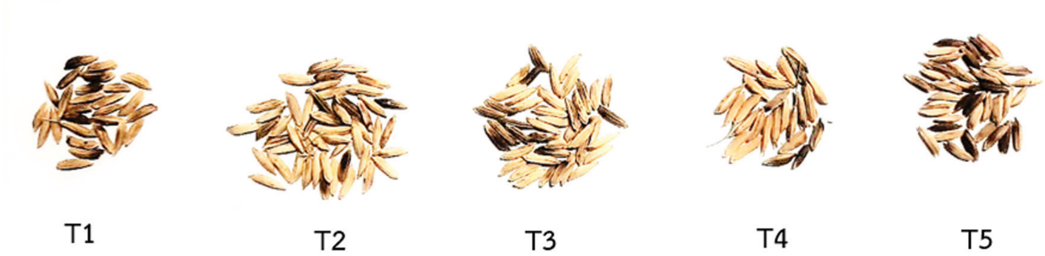


Figure 2 Grain characteristics of rice grown under different light conditions

Table 4 Days to Booting stage, flowering stage and harvesting stage of Kum Bangphra rice grown under different lights

Treatments[1/]	Development stages		
	Booting stage (day)	Flowering (day)	Harvesting (day)
1	72	102	135
2	60	95	130
3	65	96	130
4	70	98	132
5	75	96	140

[1/] T1 (sun light) T2 (LED white: red: blue bulb panel) T3 (LED white HP4F-AL) T4 (LED full spectrum grow board) and T5 (fluorescent)

จากผลการศึกษาการปลูกข้าวก่ำบางพระภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้เมื่อปลูกภายใต้แสงเทียม จากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้านการเจริญเติบโต มีตัวชี้วัดบางตัวที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกข้าวในแสงธรรมชาติ ยิ่งไปกว่านั้นการปลูกข้าวด้วยแสงเทียมโดยเฉพาะใน T3 พบว่ามีผลผลิตที่มีคุณภาพมากกว่าการปลูกข้าวในสภาพอื่นอย่างไรก็ตามแสงเทียมจากหลอดไฟแอลอีดีปลูกพืชสามารถนำไปใช้ทดแทนแสงธรรมชาติเพื่อการปลูกพืชในร่มได้ อย่างเช่นในฤดูฝนที่มีแสงไม่เพียงพอสำหรับการปลูกข้าวในบางพื้นที่ การเลือกชนิดแสงเทียมควรเลือกชนิดของแสงที่ส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีคุณภาพ

การศึกษาปริมาณอะไมโลส

ในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสของข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้แสงต่าง ๆ แสดงใน Table 5 พบว่าข้าวก่ำบางพระ มีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 18.02-19.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ (low amylose content) โดยสิ่งทดลอง T4 มีปริมาณอะไมโลสมากที่สุดเท่ากับ 19.32 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ T5, T3, T2 และ T1 มีค่าเท่ากับ 19.23, 19.13, 19.04 และ 18.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณอะไมโลเพกทินอยู่ระหว่าง 80.68-81.98 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนระหว่างอะไมโลส/อะไมโลเพกทินอยู่ระหว่าง 0.219-0.239

Table 5 Amylose, amylopectin and amylose/amylopectin content in Kum Bangphra rice grown under different light conditions

Treatments[1/]	Amylose (%)	Amylopectin %	Amylose/Amylopectin
T1	18.02	81.98	0.219
T2	19.04	80.96	0.235
T3	19.13	80.87	0.236
T4	19.32	80.68	0.239
T5	19.23	80.77	0.238

[1/] T1 (sun light) T2 (LED white: red: blue bulb panel) T3 (LED white HP4F-AL) T4 (LED full spectrum grow board) and T5 (fluorescent)

สำหรับความแตกต่างของข้าวเจ้า (non-glutinous) และ ข้าวเหนียว (glutinous) สามารถสังเกตได้จากปริมาณของอะไมโลสที่อยู่ในข้าวสายพันธุ์นั้น ๆ โดยเฉพาะข้าวที่มีลักษณะเหนียวนุ่มมักจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำ ส่วนข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมักจะมีลักษณะแข็งและร่วน ซึ่งไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค Coffman and Juliano (1987) ได้แบ่งพันธุ์ข้าวออกเป็น 5 กลุ่ม ตามปริมาณของอะไมโลสคือ (1) ข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 1-2 เปอร์เซ็นต์ (2) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำมาก (very low amylose content) มีค่าอยู่ระหว่าง 2-12 เปอร์เซ็นต์ (3) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสระดับต่ำ (low amylose content) มีค่าอยู่ระหว่าง 12-20 เปอร์เซ็นต์ (4) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสระดับปานกลาง (intermediate amylose content) มีค่าอยู่ระหว่าง 20-25 เปอร์เซ็นต์ และ (5) ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสระดับสูง (high amylose content) มีค่าอยู่ระหว่าง 25-33 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส ในข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้แสงต่าง ๆ พบว่าสิ่งทดลอง T4 มีปริมาณอะไมโลสมากที่สุด รองลงมาคือ T5, T3, T2 และ T1 ตามลำดับ โดยมีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง 18.02-19.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณที่อยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ สอดคล้องกับ Promsomboon and Promsomboon (2019) รายงานว่า ข้าวก่ำบางพระเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสในระดับต่ำ จัดอยู่ในประเภทข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะนุ่ม-เหนียวและหุงแฉะง่าย (อรอนงค์, 2550)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาข้าวก่ำบางพระที่ปลูกภายใต้แสง T3 (LED white HP4F-AL) มีการเจริญเติบโตในด้านความสูง จำนวนหน่อต่อกอ น้ำหนักฟาง และจำนวนเมล็ดดี มากที่สูงสุด สำหรับระยะพัฒนาการของข้าวก่ำบางพระพบว่า ข้าวที่ปลูกใน T2 (LED white: red: blue bulb panel) มีระยะพัฒนาการเร็วที่สุดคือ ระยะตั้งท้อง 60 วัน ระยะออกดอก 95 วัน และระยะเก็บเกี่ยว 130 วัน สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในข้าวก่ำบางพระ พบว่าข้าวก่ำบางพระมีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่าง

18.02-19.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผู้สนับสนุนทุนวิจัยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก สำหรับสถานที่ดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2549. องค์ความรู้เรื่องข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศานิต สวัสดิกาญจน์. 2549. การเจริญเติบโตของข้าวในสภาวะที่มีความเข้มแสงต่างกัน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. พระนครศรีอยุธยา.

สถาบันวิจัยข้าว. 2544. ความรู้เรื่องข้าว. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 หน้า.

Coffman, W. R. and B. O. Juliano. 1987. Rice. In R. A. Olson, & K. J. Frey. (Eds). Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement (vol. 5) (pp.101-131). Madison: American Society of Agronomy.

De Salvador, F.R., G. Scarascia Mugnozza, G. Vox, E. Schettini, M. Mastrorilli, and M. Bou Jaoudé. 2008. Innovative photoselective and photoluminescent plastic films for protected cultivation. Acta Hortic. 801(PART 1): 115-121.

Drozdova, I.S., V.V. Bondar, N.G. Bukhov, A.A. Kotov, L.M. Kotova, S. N. Maevskaya and A.T. Mokronosov. 2001. Effects of light spectral quality on morphogenesis and source-sink relations in radish plants. Russ. J. Plant Physiol. 48: 415-420.

Gautier, H., C. Varlet-Grancher, and L. Hazard. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. Ann. Bot. 83: 423-429.

Juliano, B.O., B. Ricardo and G.E. Luiz. 1971. Evaluation of the protein quality and milled rices differing in protein content. J. Agric. Food Chem. 19(5): 1028-1034.

Keiko O.K., M. Ryo, G. Eiji, F. Kazuhiro and K, Kenji. 2006. Growth of rice plants under red light with or without supplemental blue light. Soil Science and Plant Nutrition 52: 444-452.

Kobata, T. and N. Moriwaki. 1990. Grain growth rate as a function of dry matter production rate: An experiment with two rice cultivars under different radiation environments. Jpn. J. Crop Sci. 59: 1-7.

Kobata, T., M. Sugawara and S. Takatu. 2000. Shading during the early grain filling period does not affect potential grain dry mater increase in rice. Agron. J. 92: 411-417.

Li, Q. and C. Kubota. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. Environ. Exp. Bot. 67: 59-64.

Monostori, I., H. Márk, K. Gábor, R. Marianna, A. Mohamed, B.A. Susan, S. Gabriella, P. Magda, T. Dávid, S.S. Livia, H. Noémi, G. Gábor, and D. Éva. 2018. LED Lighting – Modification of Growth, Metabolism, Yield and Flour Composition in Wheat by Spectral Quality and Intensity. Frontiers in Plant Science. 9 Article 605.

Promsomboon, P., and S. Promsomboon. 2016. Collection and Evaluation of Local Thai Rice Varieties (*Oryza sativa* L.). Journal of Life Sciences 10: 371-374.

Promsomboon, P., and S. Promsomboon. 2019. Environmental responsibility of rice var. Kum Bangpra and riceberry in lowland and upland conditions. International Journal of Agricultural Technology 15: 747-752.

Rahman, M.T. and M.T. Islam. 2002. Effect of water stress at different growth stages on yield and yield contributing characters of transplanted aman rice. Pak. J. Biol. Sci. 5: 169-172.

Smith, H. and G.C. Whitelam. 1997. The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. Plant Cell Environ. 20: 840-844.

Tran, L.H. and S. Jung. 2017. Effects of Light-Emitting Diode Irradiation on Growth Characteristics and Regulation of Porphyrin Biosynthesis in Rice Seedlings. Int. J. Mol. Sci. 18: 641. 1-11.

Wopereis, M.C.S., M.J. Kropff, A.R Maligaya and T.P. Tuong. 1996. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. Field Crop Res. 46: 21-39.

Yorio, N.C., G.D. Goins, H.R. Kagie, R.M. Wheeler and J.C. Sager. 2001. Improving spinach, radish, and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. Hort. Sci. 36: 380-383.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

Farmers' Attitude on Tobacco Growing for Reducing Smog from Maize Stubble Burning, Mae Chaem District, Chiang Mai, Thailand

Jukkaphong Poung-ngamchuen[1]* and Tonglian Buwjoom[2]

[1] Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
[2] Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai 50290
* Corresponding author: jukkaphong.mju@gmail.com

(Received: 27 July 2021; Revised: 27 November 2021; Accepted: 1 March 2022)

Abstract

Thailand is facing severely problem of smog from maize stubble burning. Negative impact in peoples' health was happened as its effect. So, plant exchanging for cultivation such as tobacco, is one of the good alternatives for the mentioned problem solving. However, the study of farmers' attitude on plant exchanging for cultivation is primary needed. Thus, this research was attempted to find out truly farmers' attitude in Mae Chaem district which is the most animal feed maize growing area in Thailand, including impact analysis to Thai animal feed industry. Interview schedule was employed for data collection from 378 of animal feed maize growing farmers. A set of question was used for qualitative data collection from 4 administrators of private organization in animal feed industry. Obtained data were analyzed by descriptive and inferential statistics as well as rationale content analysis. The results reveal that, 62.70% of farmers were male with 47.39 years old on average age. Farmers more than one-half reached primary school with average income from animal feed maize growing was 52,912.70 baht per year in growing area of 1.55 hectares on average. Most of farmers had growing area with soil fertility but 67.72% of farmers have not enough natural water resource and had good level in knowledge of tobacco growing (69.58%). In terms of farmers' attitude, farmers had moderate level in readiness of tobacco growing. While had high level in needs of tobacco growing and had low level in possibility of tobacco growing instead of animal feed maize. Furthermore, the study found 6 main factors significantly correlating farmers' needs as follows: educational attainment, income from animal feed maize growing, animal feed maize growing area, soil fertility, adequate water, and farmers' readiness. In terms of effect, negatively impact to need of raw material and animal feed production might be happened by private sector action measures and government policy.

Keywords: Attitude, smog, tobacco, maize stubble burning

Introduction

Thailand has been promoting maize cultivation for a long time, since it is an important cash crop needed by domestic markets. Meanwhile, many provinces of northern Thailand are now facing the problem in forest encroachment for animal feed maize growing. This is because of its good price and the private sector promotes animal feed maize and sweet maize growing in the form of contract farming (Poung-ngamchuen and Poonnoy, 2018) (Figure 1). In addition, maize still be needed inside and outside the country (Chiang Mai Agricultural Office, 2017) making a lot of famers turn to grow maize.

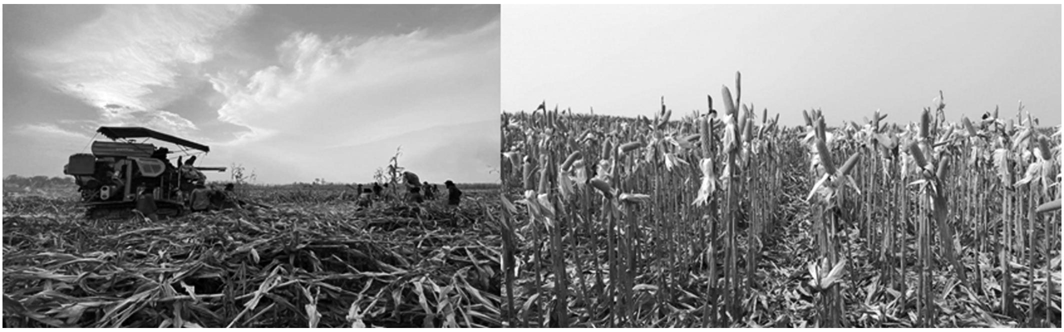


Figure 1 Animal feed maize growing in Mae Chaem district, Chiang Mai

Animal feed maize growing under contract farming helps ensure a certain income of farmers. However, maize stubble burning after the harvest season causes the smog problem (Poung-ngamchuen and Poonnoy, 2018). That is, farmers prefer to burn maize stubble after harvest because, it is the easiest method without expenses (Tantiwittayapit, 2015). According to the initial data obtained, found that the yield of maize growing is only the shuck of an ear of maize which can be sold. Part of maize stubble can be used for compost and the rest are burned. Besides, maize stubble burning to wait for the first rain involves culture of farmers. That is, they believe that Melientha suavis and hygroscopic earthstar will grow and be harvested for consumption or selling. However, maize stubble burning results in the severe problem of smog happening for years. BBC News (2019) supported that, Chiang Mai ranks number one in terms of the highest air quality index in the world which surely harms human health.

Mae Chaem Agricultural Office (2017) reported that Mae Jam district is the biggest animal feed maize production place in Chiang Mai covering an area of 15,492.04 hectares. Besides, it is the highest hotspot area raised from burning in Chiang Mai on it is the biggest origin of smog (Promtha, 2018). According to Office of Disease Control and Prevention, Region 10, there are 70,000 patients using service of 85 hospitals per day. In Chiang Mai, there are 2,000–3,000 patients and their ailments can be sorted into 4 main groups: 1) heart disease and vascular disease, 2) respiratory disease, 3) inflammatory eye disease, and 4) skin disease. And with an increase rate at 5–10% (Prachachat Business, 2015). Smog harms the health and livelihoods of people in Chiang Mai. A good way to solve this problem in a long term is to grow such as tobacco.

Tobacco is a short-stemmed plant and has large leaves. So, there will have only a few stem fragments left after harvesting, which can be plowed to prepare the soil for next crop. More importantly, there will be no longer smog from incineration of post-harvest scraps (Figure 2).

Figure 2 Tobacco growing in Thailand
Source: Thairat online (2012)

Aside from helping the alleviation of the smog problem but tobacco also support Thai tobacco industry which generates an annual income for more than 20,000 million baht (Tobacco Authority of Thailand, 2015). Indeed, domestic tobacco consumers prefer Thai cigarettes rather than the imported ones (Post Today, 2018). Moreover, the study of Poung-ngamchuen and Promtha (2021) confirmed that farmers in upper northern Thailand had high and moderate levels of needs and readiness for tobacco growing instead of animal feed maize. Therefore, the researchers agree to conduct this study to help indirectly solve the smog problem by growing another kind of plant-tobacco and it is hoped to be successful. Also, this study contains an analysis of impacts which may happen to feed industry of Thailand.

Objectives of the Study

Specifically, this study aimed to investigate attitudes of the farmers based on 2 aspects: readiness and needs. Also, there was a study on the possibility of tobacco growing to replace maize and reduce the problem of smog or maize stubble growing. Minor objectives included the investigation of personal factors, social factors, economic factors, environmental factors, factors on knowledge and understanding about tobacco growing of the farmers, and factors effecting needs for growing tobacco of the farmers.

Research Methodology

This survey research was conducted in Mae Chaem district, Chiang Mai, Thailand. Population in this study were 7,004 farmers maize grower with a total maize cultivation area of 15,492.04 hectares (organic/ chemical systems) in 7 sub–districts as follows: 1) Chang Khoeng 2) Tha Pha 3) Ban Thap 4) Mae Suck 5) Mae Na Chon 6) Pang Hin Fon and 7) Kong Khaek (Mae Chaem Agricultural Office, 2017). The sample group for quantitative data collection consisted of 378 maize growing farmers and they were obtained by formula of Taro Yamane (Thaweerat, 1997), Slovin's formula (Poung–ngamchuen and Namviset, 2012), and simple random sampling. Besides, another administers of private organizations on feed industry, northern Thailand were included in the sample group for qualitative data collection. Interview schedule was used for the maize farmers. It consisted of 3 parts: 1) the basic information of farmers (personal, economic, social, environmental information, and knowledge/understanding about tobacco growing); 2) attitudes of the maize farmers based on readiness in tobacco growing and needs for maize growing. Focus group discussion and in-depth interview were conducted with the 4 administrators of private feed industry. Fifteen question items were created for the measurement of knowledge/understanding about tobacco growing (true or false) with the criteria as followed: 0-9=Fair, 10-12=Rather high, and 13-15=High.

Regarding attitudes of the maize farmers based on readiness in tobacco growing, it was on the basis of 5 levels: 1) highest, 2) high, 3) not sure, 4) low, and 5) not ready. In the case of needs for tobacco growing, it was in terms of 3 aspects: 1) environmental conservation, 2) promotion by the public sector and 3) rate of return. Obtain data were analyzed by descriptive statistics. For the possibility of tobacco growing, it was based on maize growing area reduction and cancellation of maize growing. The question items were in the form of Likert 5 rating scale: highest, high, moderate, low, and lowest. The determination of score interval for the consideration of a level of needs for tobacco growing of the maize farmers are shown in Table 1 (Poung–ngamchuen, Poonnoy and Buwjoom, 2016).

This study was composed of 2 steps: 1) documentary review and field study and 2) data analysis by descriptive and inferential statistics such as percentage, mean, standard deviation, minimum score, maximum score, and Chi-square test were used for the consideration of factors relating to farmers' needs for tobacco growing. Qualitative data gained from focus group discussion and in-depth interviews were analyzed by rationale content analysis.

Table 1 Score interval for consideration of farmers' readiness, needs, and possibility for tobacco growing

Score range	Level of readiness/needs and possibility
4.50-5.00	Highest/Highest
3.50-4.49	High/High
2.50-3.49	Not sure/Moderate
1.50-2.49	Low/Low
1.00-1.49	Not ready/Lowest

Results and Discussion

Basic information of the farmers growing animal feed maize

It was found that, about two-thirds of the maize farmer respondents (62.70%) were made and 47.39 years old on average. More than half of the maize farmer informants (55.56%) were elementary school graduates. Most of the maize farmer informants (84.13%) were married and they had 4.08 family members on average and 2.98 persons were household workforce. Each maize farmer informants had 1.55 hectares of maize growing area and they earned an income from it for 52,912.70 baht per cropping on average. However, they had debts due to maize growing for 4,637.57 baht on average. They perceived the information about tobacco growing 0.58 time and attended training 0-50 time on overage in 2017. Almost all the maize farmer informants' land (91.53%) had fertile soil, but 67.72 percent did not have enough water for growing tobacco throughout the year.

Many pieces of research on agriculture fix farmers to be unit of analysis. It is often found that the number of male farmers participating in agriculture activities is more than female and it is the same as this study. This might be because males in the Thai agricultural society usually play social roles more than females such as community leaders and farmer representatives. So, they have more chances to learn gain experience (Sompakdi, Phonprapai and Sindecharak, 2014). Besides, it is found that males have good instinct in decision making to do various tasks (Poung-ngamchuen, Supa-udomlerk and Leerattanakorn, 2015).

Knowledge/understanding of farmers in tobacco growing

The results revealed that, more than two-thirds (69.58%) of the maize farmer informants had a high level of knowledge/understanding about tobacco growing and only 2.65 percent were found at the moderate level (Table 2). Regarding knowledge about the organic farming system, most of the maize farmer respondents (95.24%) perceived that tobacco can be used as a traditional medicine and it can eliminate insects. They also perceived that tobacco can be propagating by cuttings. After the harvest of tobacco, the leaves are dried in the sunlight for 15-20 days (84.39% of the maize farmer informants). However, 57.94 percent did not know that it takes about 150 days of tobacco growing by or harvest.

Table 2 Knowledge/understanding of farmer in tobacco tree growing

Level of knowledge and understanding	F	%
High	262	69.58
Rather high	105	27.78
Fair	10	2.64
Total	**378**	**100.00**

Findings showed that the maize farmers had knowledge and understanding about tobacco growing at a high, rather high, and moderate level, respectively. This implied experience in growing diverse crops of the maize farmers. That was, some maize farmers used to grow tobacco and some of them used to do organic farming. This was in the same direction of a study of Poung-ngamchuen, Poonnoy and Buwjoom (2016) which found that farmers had knowledge and understanding about organic standards at a moderate and high level due to their experience in growing diverse crops for more than 20 years. Regarding 3 aspects of the maize farmers' attitude, it was found that they were ready in cultivation area, plant varieties, and production costs which were found at a moderate level. For their needs, the maize farmers needed for growing tobacco at a high level. Besides, they needed for upstream forest and conservation chemical free water sources.

Attitudes of the maize farmers towards tobacco tree growing to replace maize

This was on the basis of readiness and needs for tobacco growing of the maize farmer informants.

Readiness in tobacco growing

Findings showed that the maize farmer informants had readiness in tobacco growing at a moderate lever ($\bar{x}$=2.85). Based on its details, they had a moderate level in terms of 1) plantation area, 2) tobacco varieties, and 3) costs ($\bar{x}$=3.30, 2.61, and 2.64 respectively) (Table 3). It was found that the plantation area was sandy loam soil most ($\bar{x}$=3.80). They are mostly ready to grow tobacco varieties having appropriateness with climate and topographic conditions ($\bar{x}$=2.94). But they did not have tobacco varieties to grow ($\bar{x}$=2.17). However, they were confident that could find a capital source for growing tobacco ($\bar{x}$=2.87).

Table 3 Farmers' readiness of tobacco growing

Readiness	$\overline{x}$	SD	Description
Growing area	3.30	0.74	Not sure
Plant varieties	2.61	0.74	Not sure
Capital source	2.64	0.76	Not sure
Total	**2.85**	**0.75**	**Not sure**

Needs for tobacco growing

In general, it was found that the maize farmer informants had high level of needs for tobacco growing ($\overline{x}$=3.73) in three aspects: environmental conservation ($\overline{x}$=4.02); promotion by personnel of the public sector ($\overline{x}$=3.43); and incomes/returns ($\overline{x}$=3.74)(Table 4). Besides, the maize farmer informants did not destroy upstream forest most ($\overline{x}$=4.26). This was followed by did not want water sources to have chemical contamination ($\overline{x}$=4.26). The maize farmer informants wanted training about tobacco growing most ($\overline{x}$=3.58). They also needed concern personnel to always supervise and monitor tobacco growing ($\overline{x}$=3.46). Regarding incomes and benefits, the maize farmer informants wanted to have assurance of tobacco price most ($\overline{x}$=4.08) as well as a certain price ($\overline{x}$=4.02).

Table 4 Need of farmers in tobacco growing

Needs	$\overline{x}$	SD	Description
Environmental conservation	4.02	0.82	High
Government support	3.34	0.70	High
Benefit and income	3.74	0.70	High
Total	**4.10**	**0.74**	**High**

Possibility of the maize farmer informants to grow tobacco

There was a low level of the possibility in tobacco growing ($\overline{x}$=2.55). Based on its details, the reduction of maize growing area was found at a moderate level ($\overline{x}$=3.28) and the cancellation of maize growing was found at a low level ($\overline{x}$=1.82) (Table 5). However, the maize farmer informants were confident that they could reduce maize growing area in order to grow tobacco ($\overline{x}$=3.13). Meanwhile, few of them had an idea to cancel maize growing to grow another kind of crop ($\overline{x}$=1.93).

Table 5 The possibility of farmers in tobacco growing

Possibility	$\overline{x}$	SD	Description
Reduction of maize growing area	3.28	0.74	Moderate
Cancellation of maize growing area	1.82	0.72	Low
Total	**2.55**	**0.72**	**Low**

Factors relating to needs for growing tobacco to replace maize of the maize farmers

According to the study, there were 6 main factors found to have relationship with needs for growing tobacco to replace maize of the maize farmer informants with a statistical significance level. This included the following: educational attainment, income from animal feed maize growing, animal feed maize growing area, soil fertility, adequate water, and farmer readiness of tobacco growing. In general, all of these had a high level of relationship with needs for tobacco growing of the maize farmer informants (Table 6).

According to an interview about the farmers' needs on tobacco farming in three aspects (environmental conservation, government support, and benefit and income), there were eight factors relating on needs for tobacco growing of the farmer informants based on environmental conservation with a statistical significance level. This included the following: gender, age, educational attainment, marital status, incomes earned from maize growing, animal feed maize growing area, debts due to maize growing, and informational perception about tobacco growing.

The informants wanted to grow tobacco although these people had certain incomes and a large area of maize growing they wanted to use part of it for growing tobacco. They also stated that tobacco growing could help reduce the smog problem caused by maize stubble burning. This was in the same direction with a study of Japichom and Tongdeelert (2015) which found that farmers had readiness most in terms of economy, since they used a small piece of land for vegetable production based on land rotation and household workforce. Meanwhile, there were 2 main factors relating on needs for the promotion by the public sector: incomes from maize growing and adequate water throughout the year. According to an interview, it was found that in case of a satisfactory level of incomes earning from maize growing, the maize farmer informants used part of the incomes for the investment of tobacco growing. However, they were worried about lack of rain which would influence tobacco and maize growing.

Table 6 Factors' relating to needs of farmers in tobacco growing in general

Independent Variables	Farmers' Needs of Tobacco Growing in General	
	Chi-square	Sig.
Gender	1.413	0.493
Age	8.112	0.423
Educational attainment	26.185**	0.010
Marital status	1.665	0.797
Number of household members	5.790	0.215
Number of household workforce	5.408	0.248
Income from animal feed maize growing	14.756**	0.005
Debt due to animal feed maize growing	9.677	0.288
Animal feed maize growing area	14.243**	0.007
Information perceiving of tobacco growing	3.395	0.758
agricultural training and educational tour	2.609	0.856
Soil fertility	7.440*	0.024
Adequate water throughout the year	15.498**	0.000
Level of knowledge and understanding of tobacco growing	3.697	0.449
Farmers' readiness of tobacco growing	7.941*	0.035
Farmers' possibility of tobacco growing	5.620	0.233

In terms of income and benefits, there was statistically significant relationship between needs for tobacco growing and the level of knowledge/understanding of tobacco growing. This was in the same direction with results of a study of Kananit, Prapatigul and Wongsamun (2017) which reported that farmers having high educational attainment or knowledge/understanding on agriculture tended to want to be developed themselves about good agricultural practice rather than those having low educational attainment or knowledge/understanding about agriculture. Furthermore, the study of Sujaritturakarn and Tanapanyaratchawong (2010) confirmed that, knowledge about organic fertilizer production and utilization had an effect on the adoption of organic fertilizer production and utilization and this could motivate farmers to grow new crop varieties. Likewise, a study of Kaewpipop, Yothakong and Kaewwan (2012) supported that, a level of educational attainment and an income earned from the agricultural sector had relationship with need for the promotion of farmers to participate in rubber growing project.

An analysis of impacts of tobacco growing to replace maize and reduce the smog problem on Thai feed industry

According to an in-depth interview with administrators of private companies (Thai feed industry) and secondary data, it was found that an amount of feed in the world had increased to reach more than 1,000 million tons or with the growth rate of 2.5 percent per year on average (Figure 3). Recently, Alltech's e-newsletters (2018) had collected data from 144 countries and found that this growth rate was due to an increase in the needs for meat, egg, and milk consumption by 3 percent. Meanwhile, growth of feed for pigs in China is inadequate following a number of yields each year. Interestingly, the growth of feed for pig in Russia increased due to an increase in the amount of pig production under the policy of the government on pig rearing extension to replace imported pork (National Swine Farmers Association, 2018). According to these data, it could be concluded that the feed production of Thailand drastically decreased due to the decrease in domestic and foreign markets.

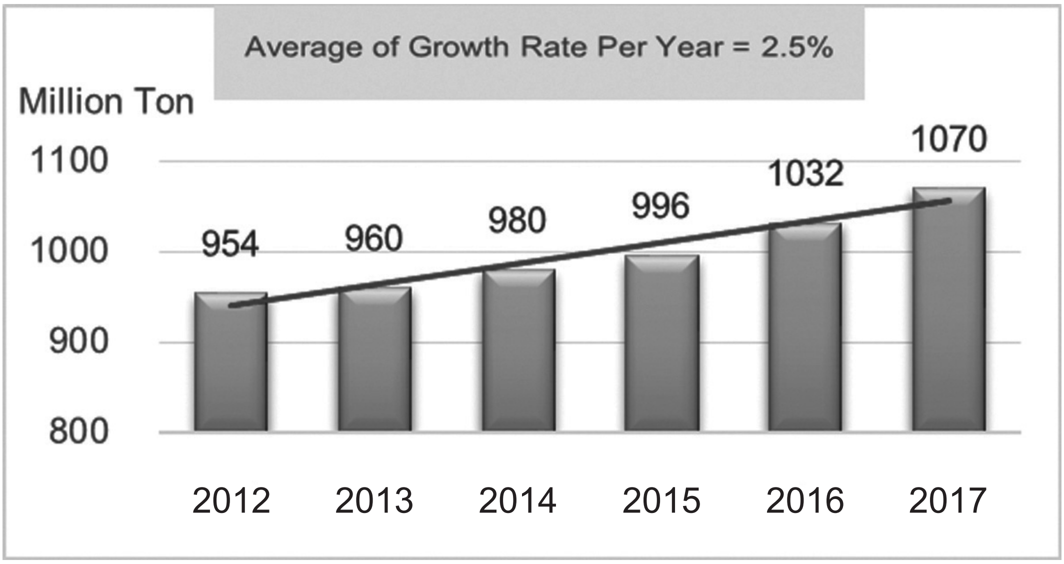


Figure 3 World situation of animal feed production during the year of 2012-2017

Feed mill plants in Thailand produce 3 feed types based on nutrition components: 1) complete feed, 2) concentrates, and 3) pre-mixtures (Animal Feed and Veterinary Product Control, 2015), but only complete feed needed as much maize as possible. Regarding animal feed maize production in Thailand, it is found that this production is somewhat problematic. The National Swine Farmers Association (Alltech's e-newsletter, 2018) reported that there was a decline in an area of animal feed maize from 1.16 million hectares in 2014-2015 to 1.08 million hectares in 2018-2019 (1.29% per year). This was because of a low price of animal feed maize and most of animal feed maize farmers turned to grow other field crops such as cassava and sugar cane. Besides, the private sector had measures not to purchase animal feed maize grown in the area having no right document. Meanwhile, the public sector had a policy on the promotion of animal feed maize growing in the dry season for increased its production. However, it was still not enough, so Thailand had to import animal feed maize from neighboring countries along with alternative finding such as wheat (Kantanamallakul, 2019). Since maize is an important energy source for animal feed, so it is expected that the reduction of maize growing area for growing tobacco will harm maize growing for animal feed industry of the country.

Conclusion

In general, it can be concluded that farmers could grow tobacco to replace animal feed maize, but it depends on soil fertility of the cultivation area, adequate water, and a good price of tobacco leaves. However, the reduction of maize growing was may harm the animal feed industry in terms of an amount of raw material and instant animal feed, therefore, concerned public and private agencies should acceleratory seek advice for the determination of measures to cope with crop varieties changing of farmers as well as the curation of confidence in a good yield price. Nevertheless, all concerned parties should be aware of readiness preparation of farmers particularly on production factor in the case of high tendency to grow tobacco to replace maize.

References

Alltech's e-newsletters. 2018. 2018 Alltech global feed survey estimates world feed production in excess of 1 billion metric tons for second consecutive year. Available https://www.alltech.com/press-release/2018-alltech-global-feed-survey-estimates-worldfeed-production-excess-1-billion (April 1, 2021)

Animal Feed and Veterinary Product Control. 2015. Feed permission and registration manual. Department of livestock. Available http://pvlo-sms.dld.go.th/webnew/images/stories/63/ita/ita1002.pdf (March 17, 2021)

BBC News. 2019. Dust: smog pollution crisis in Chiang Mai, the unresolved national agenda for 12 years. Available https://www.bbc.com/thai/thailand-47550696 (April 6, 2021)

Chiang Mai Agricultural Office. 2017. Maize growing area in Chiang Mai. Chiang Mai: Chiang Mai Agricultural Office.

Japichom, J. and Tongdeelert, P. 2015. Readiness of farmers toward organic vegetable production system of farmers in Wangnamkhiao district, Nakhonratchasima Province. Agricultural Science Journal 46 Suppl. (3), 65-68. Available http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202015/CRDC9/data/65-68.pdf (February 14, 2021)

Kaewpipop, S., Yothakong, S., and Kaewwan, B. 2012. Farmers' needs for para rubber tree growing in Nonsang sub-district, Nongbuwlamphu province. Proceeding, 2nd Sukhothai Thammathirat graduate study conference, Nontaburi: Sukhothai Thammathirat Open University.

Kananit, S., Prapatigul, P., and Wongsamun, C. 2017. Farmers' needs for agricultural development from Wathong sub-district administrative organization Phuwiang district, Khon Kaen province. Khon Kaen Agricultural Journal 45 suppl. (1),1515-1521. Available https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=P144%20Ext20. pdf&id=2856&keeptrack=3 (February 14, 2021)

Kantanamallakul, J. 2019. Thai animal feed industry. Available http://agri.stou.ac.th/UploadedFile/ (February 26, 2021)

Maejam Agricultural Office. 2017. Maize growing area in Maejam. Chiang Mai: Maejam Agricultural Office.

National Swine Farmers Association. 2018. The world and Thailand situation of animal feed and raw material for animal feed. Retrieved from https://www.swinethailand.com/17051877/ (February 20, 2021)

Post Today. 2018. Tobacco contests lower market share. Available https://www.posttoday.com/finance-stock/news/542673?fbclid=IwAR2Ti_cpWdrmm5MLLT3Vnvp6W7Hy3W2LBG1FQy3UqFzIEjWTOp2JsL54GmI (February 20, 2021)

Poung-ngamchuen, J., and Namviset, K. 2012. People's Participation in Dong Na Tham Community Forest

Management Project, Ubon Ratchathani, Thailand. Kasetsart Journal Social Sciences. 33(3), 486-498. Available https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/246863/167755 (February 14, 2021)

Poung-ngamchuern, J. and Poonnoy, P. 2018. The comparison of hemp growing instead of maize in highland of northern Thailand. Research Report. Chiang Mai: Maejo University.

Poung-ngamchuen, J., Poonnoy, P., & Buwjoom, T. 2016. Readiness and needs of farmers for the promotion of organic animal feed plant growing for organic animal feed plants in Upper Northern Thailand. Journal of agricultural research and extension. 33(3), 35-45. Available https://erp.mju.ac.th/openFile.aspx?id=MjE2ODkz&method=inline. (February 16, 2021)

Poung-ngamchuen, J., and Promtha, W. 2021. Tobacco growing for reducing smog effect from maize stubble burning in upper northern Thailand. Journal of MCU Social Science Review, 10(3), 184-197. Available https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jssr/article/view/254335/170549. (27 November 2021)

Poung-ngamchuen, J., Supa-udomlerk, T. S., and Leerattanakorn, N. 2015. A Study on People's Sustainability of Quality of Life in Accordance with Philosophy of Sufficiency Economy in Aomkoi District, Chiang Mai, Thailand. Journal of Marketing and Management. 6(2), 1-10. Available https://www.questia.com/ library/journal/1P3-3874562961/a-study-on-people-s-sustainability-of-quality-of-life (February 14, 2021)

Prachachat Business. 2015. Forest Encroachment in 9 provinces of Northern Thailand. Available http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1427692337 (February 14, 2021)

Promtha, W. 2018. Farmers' Readiness and Needs for Tobacco Growing instead of Maize to Reduce Smog Problem, Maejam District, Chiang Mai. Bachelor Independent Study. Maejo Univertsity.

Sompakdee, C., Phonprapai, C., and Sindecharak, T. 2014. Readiness and Requirements of Dairy Farmers in the Operational area (Northern Region) of the Dairy Farming Promotion Organization of Tha9iland in Approaching Thai Agricultural Standard /for Organic Livestock. Thai Journal of Science and Technology. 3(3), 182-195.

Available https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjst/article/view/21055/18254?fbclid=IwAR3K _VT-vq3yuyX_ckGf0uZVSShbWgABgJ8rPCzh6OL8UHTNFe1jcQ6T6Qk (February 20, 2021)

Sujaritturakarn, W., and Tanapanyaratchawong, J. 2010. Factors influencing the adoption of production tecniques and applications of organic fertilizer for farmers in Hatyai District, Songkhla Province. Suranaree Journal Social Science 4(1), 29-43. Available https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=P144%20Ext20.pdf&id=2856&keeptrack=3 (February 14, 2021)

Tantiwittayapit, w. 2015. Maize: the reason of deforestation and smog pollution. Available https://gatemagazine.blogspot.com/2019/03/blog-post_19.html?fbclid=IwAR2zSQR4UAOvBO6m44QkN 1IplU_aDlsayHTh0UEH4FfUyeT04DkANxpCoWc (February 20, 2021)

Thairat online. 2012. Breath of tobacco, the way of sufficiency at Phetchabun. Available https://www. thairath.co.th/content/273883 (February 14, 2021)

Thaweerat, P. 1997. Research methodology in behavior and social science. 7th edited. Bangkok: Bureau of Educational Testing and Psychology, Srinakarinwirot University Prasanmit.

Tobacco Authority of Thailand. 2015. The smoking and the discovery. Available https://www.thaitobacco.or.th/th/2015/01/006812.html?fbclid=IwAR30D4MFWVwHKDUG6QpVuk9H9c8aWdAsiD_8GWjIRkIhttps://www.thaitobacco.or.th/th/2015/01/006812.html?fbclid=IwAR30D4MFWVwHKDUG6QpVuk9H9c8aWdAsiD_8GWjIRkIVSyen_tHu6p1y4BYVSyen_tHu6p1y4BY (February 20, 2021)

28 ว. ผลิตกรรมการเกษตร 4(1):28-39
J. Agri. Prod. 2022

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Effects of Different Processing Conditions on Physicochemical Properties, Bioactive Compounds and Sensory Acceptance of Betel Nut Tea

Unchalin Singkhum*

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

* Corresponding author: anchalins_s@rmutt.ac.th

(Received: 3 August 2021; Revised: 26 October 2021; Accepted: 16 December 2021)

Abstract

The effects of various roasting-rolling temperatures (40-50, 50-60, 70-80 °C), rolling times (10, 15, 20 minutes), and drying temperatures (60 and 80 °C) on water activity (aw), color values (L*, a*, b*), total phenolic content, antioxidant activity by DPPH, and ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) in Betel nut tea were studied. The total phenolic content and antioxidant activity decreased when the roasting-rolling and drying temperatures increased ($p \leq 0.05$). As a result, the tea processing condition that produced the most bioactive compounds (roasting-rolling temperature of 50-60 °C, 15 minutes of rolling time, and drying temperature of 60 °C for 3 hours) was chosen to investigate the amount of water (60 and 80 milliliters) and water temperature (80, 90, and 100 °C) needed to make tea. The water and the water temperature did not affect the bioactive compounds ($p > 0.05$). Sensory evaluation with 50 panelists using a 9-point hedonic scale showed differences in preference scores in the taste ($p \leq 0.05$), but there was no significant difference in terms of color, odor, and overall liking for Betel nut tea ($p > 0.05$). Thus, the appropriate formula for Betel nut tea making was 5 grams of tea, 60-80 milliliters of water, and 80-90 °C water temperature.

Keywords: Betel nut, Betel nut tea, Herbal tea, Bioactive compound

Introduction

According to the Notification of the Ministry of Public Health (No. 280) B.E. 2547 (2004), certain therapeutic plants can be processed into herbal teas. Thai medicinal plants, such as mulberry leaf tea, fragrant pandan tea, bael tea, roselle tea, and safflower tea, are currently more popular to be processed into herbal teas. Because most herbal teas are caffeine-free, they are excellent for seniors and caffeine-allergic individuals.

The color, fragrance, and taste of tea are all influenced by the chemical content of the leaves. Polyphenols, which account for approximately 10-25 percent of the dry weight of all fresh tea leaves, are the compounds that influence tea flavor. These compounds have an astringent flavor. The majority of polyphenol chemicals are flavonoids, which have antioxidant characteristics (Agartvipart, 2015). People commonly consume tea from the Camellia Sinensis Plant Family, including polyphenol chemicals with natural antioxidant effects. Herbal tea is made from plants or fruits that contain polyphenols, which have antioxidant effects. Depending on the processing, the type and concentration of polyphenol compounds in tea will vary. Chemical processes and biochemistry in tea leaves, which produce different polyphenol chemicals, are affected by different processing methods. Therefore, herbal teas are suitable for health-conscious consumers (Yuan *et al*., 2011; Theppakorn, 2012).

The Betel Nut, also known as the Betel Palm, is a palm tree belonging to the Arecaceae family with the scientific name *Areca catechu* Linn. The fruit of the immature betel nut is dark green, whereas the adult betel nut is yellow-orange. Betel nuts are spherical or elliptical with an average diameter of 2-2.5 centimeters, betel nut bunches, and 10-15 fruits per bunch. The diuretic qualities of betel nut seed aid to relieve gastrointestinal pain, distension, dysentery, infected wounds, and parasites (Plansangkate and Promrak, 2008). The total phenolic content in betel nut rough extracts was 54.38 milligrams/milliliter, total tannin content was 87.74 milligrams/milliliter, and antioxidant activity was determined using the DPPH Radical technique with an IC50 value of 7.32 micrograms/milliliter (Sinsaior, 2012).

In accordance with the properties of bioactive substances in betel nuts; the researcher had an idea to use the betel nut and process it into herbal tea products by studying the physical properties, chemical properties, and bioactive substances in fresh betel nut flesh, developing a suitable tea making process and studying the appropriate conditions of tea making to get a nutritious betel tea rich in antioxidants with a unique taste and flavor, thereby increasing choices for consumers. It also makes the products more valuable. Moreover, it promotes the development of food products from plants, vegetables, and local herbs to be more widely acknowledged.

Materials and Methods

Raw material preparation

The betel nuts were purchased in Si Mum Mueang market, Pathum Thani, Thailand. Betel nuts with a fire-colored peel and no insect punctures or rotting symptoms were chosen. The betel nuts needed to be cleaned and dried first. Next, remove only the betel nut peel, powder it, collect the sample in clean glass vials, and seal it for further physical and chemical analysis.

The process of making herbal tea from betel nut

Temperature for roasting and rolling and appropriate oven drying temperature for preparing herbal tea made from betel nut

The temperature for roasting and rolling, as well as the temperature for oven drying, were modified from the herbal tea production process (Khonsarn *et al.*, 2018) as follows: roasting-rolling temperatures (40-50, 50-60, 70-80 °C), rolling time (10, 15, 20 minutes), and drying temperatures (60 and 80 °C), drying time 3 hours. The final moisture level of the betel nut flesh must be less than 8%. The dried betel nuts were then placed in bags and stored in desiccators for quality testing.

Appropriate conditions for making betel nut herbal tea

The appropriate amount of water and water temperature for making betel nut herbal tea were studied

In the second phase, betel nut tea was selected from the best formulae to determine the amount of water and appropriate water temperature for brewing betel nut tea. The researcher took 5 grams of betel nut tea, brewed it with hot water in the amount and temperature stated in the six formulas experiment, with the water amount (milliliter): temperature (°C) in tea brewing as follows: For 5 minutes, alternate 60:80, 80:80, 60:90, 80:90, 60:100, 80:100. Then, set the tea temperature to 65-70 (°C) for physical, chemical, and bioactive compound analysis, as well as sensory acceptance.

Physical properties and bioactive compound analysis

Color value; Color value analysis refers to the lightness (lightness: L*), redness (redness: L*), and yellowness (yellowness: L*) of betel nut tea by using a colorimeter (Hunter Lab Model Colourflex45/0, USA) to make three replicate measurements.

Water Activity (aw); Water activity (aw) in the betel nut tea recipe was measured using the water activity (aw) meter by Aqua Lab, Model CX2.

pH; The potential of pH was measured by a pH meter (Sartorius, PB-20, Germany).

Determination of bioactive compounds

Betel nut tea extract; Bioactive compounds of Betel nut tea extract were measured with modified methods from Pumtes *et al*. (2012) and Taokaenchan *et al*. (2018).

Bioactive compounds; Total phenolic content was determined by Folin-Ciocalteu's reagent method, modified methods from Namjooyan *et al*. (2010); Kubola and Siriamornpun (2008). Antioxidant activity by radical scavenging activity: This value was measured using the modified DPPH method from Mao *et al*. (2006) and Singh *et al.* (2002), and antioxidant activity was measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), Antioxidant activity was measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP) modified from the methods of Benzie and Strain (1996); Kubola and Siriamornpun (2008).

Sensory evaluation of betel nut tea

The sensory evaluation of betel nut tea was examined by 50 taste panelists using a liking scale to measure preference, the 9–point hedonic scale, to select a condition of betel nut tea they liked the most. The test variables are color, odor, taste, and overall liking, with betel nut tea temperatures controlled at 65–70 °C. Three samples were tested, followed by a one-minute interval, then three more samples were tested.

Statistical analysis

Physical properties and bioactive compound data were analyzed using the Completely randomized design (CRD). Sensory evaluation was analyzed using the Random complete block design (RCBD). The obtained data with Analysis of variance (ANOVA) and difference of means between experimental groups compared with Duncan's new multiple range test at $p \leq 0.05$ was considered.

Results and Discussion

The study on the production process of herbal tea from betel nut

For betel nut tea production, the temperature and time for roasting, rolling, and oven drying were examined. Betel nut tea from all six formulae had significantly different aw value and color values of L*, a*, and b* ($p \leq 0.05$) but did not affect the pH value in betel nut tea ($p > 0.05$). The maximum aw value was 0.72 for betel nut tea roasted and rolled at 40-50 °C for 10 minutes and dried at 60 °C for 3 hours, and the lowest aw value was 0.72 for betel nut tea roasted and rolled at 50-80 °C for 10 minutes and dried at 70-80 °C for 3 hours.

Herbal teas are of high quality and standard, according to the Notification of the Ministry of Public Health. (No. 280) B.E. 2547 (2004). Specifically, the moisture content must not exceed 10 percent by weight, pathogenic microorganisms must not be present, and toxic compounds from microorganisms, pesticides, or other hazardous substances must not be present in proportions that may be harmful to customers. The water activity (aw) of the betel nut teas in all six recipes was 0.62-0.72, which was the value within the herbal tea product standard that required moisture content of less than 10% by weight because there was enough water content for microbes such as bacteria, yeast, or fungi to grow and destroy the food, it was designated as a risky food group if the water activity was greater than 0.85. Food will have a longer shelf life if the aw value is lower than the amount of water activity that the microorganisms can live in (Khonsarn *et al.*, 2018).

Color analysis of betel nut tea products revealed that all six formulations had significantly different betel nut teas ($p \leq 0.05$). The lightness, redness, and yellowness qualities of roasted-rolled and dried foods tend to increase as the temperature rises. Unsuitable drying circumstances cause product quality loss, such as taste, color, nutrition, and rehydration capability, making drying difficult to control (Maskan, 2000).

Analysis of total phenolic content: Antioxidant activity as measured by DPPH radical scavenging activity; DPPH and Ferric reducing/antioxidant power; and FRAP techniques for all six betel nut tea formulations (Table 1). The total phenolic content and antioxidant activity were found to be substantially different ($p \leq 0.05$). When the overall phenol concentration of a roasted-rolled product is affected by increasing the temperature and drying time, antioxidant activity diminishes.

Table 1 Physical properties and bioactive compounds of betel nut tea

Formulas	Physical properties					Bioactive compounds		
	L*	a*	b*	aw	pH	TPC (mgGAE/g)	DPPH (% inhibition)	FRAP (mg TE/g)
1	13.72^{f}	45.64^{d}	20.04^{e}	0.72^{a}	5.72	54.46^{bc}	7.20^{a}	2.58^{a}
2	14.74^{d}	46.32^{c}	21.86^{c}	0.72^{a}	5.74	57.32^{a}	7.43^{a}	1.92^{b}
3	14.04^{e}	46.65^{a}	24.24^{a}	0.69^{a}	5.74	58.48^{a}	5.54^{ab}	1.76^{ab}
4	15.22^{c}	43.91^{e}	20.51^{d}	0.65^{b}	5.72	57.30^{a}	5.07^{ab}	1.61^{ab}
5	15.52^{b}	42.53^{f}	22.62^{b}	0.62^{b}	5.74	53.88^{c}	4.30^{b}	1.13^{b}
6	16.52^{a}	46.46^{a}	20.03^{e}	0.63^{b}	5.77	56.86^{ab}	4.18^{b}	1.06^{b}

[a-f] Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$), TPC: Total phenolic content

Formulas 1-6 = Temperature, time for roasting and rolling and drying; 1= 40-50 °C 10 min and drying 60 °C 3 h, 2= 40-50 °C 20 min and drying 80 °C 3 h, 3= 50-60 °C 15 min and drying 60 °C 3 h, 4=50-60 °C 15 min and drying 80 °C 3 h, 5=70-80 °C 10 min and drying 60 °C 3 h, 6= 70-80 °C 10 min and drying 80 °C 3 h

The total phenolic content and antioxidant activity of betel nut tea with roasting and rolling temperatures of 40-50 °C for 10 minutes and drying temperatures of 60 °C for 3 hours were found to be the highest by FRAP and DPPH, with 54.46 milligrams of gallic acid equivalents/gram, 2.58 milligrams of Trolox equivalents/gram, and 7.20% inhibition. The lowest total phenolic content and antioxidant activity are obtained by roasting and rolling at 70-80 °C for 10 minutes and drying at 80 °C for 3 hours. As a result, roasting-rolling and drying at high temperatures for an extended period reduce the beneficial components in betel nut tea.

The following crucial processes in the tea production process, such as withering, are included. The process of withering causes the water in the tea leaves to evaporate, causing the tea leaves to wither and the permeability of various substances inside and outside the cell to increase. Polyphenol oxidase catalyzes oxidation and polymerization, which chemically reacts with polyphenols to produce new components that change the betel nut tea's color, aroma, and flavor. The following crucial processes in the tea production process, such as withering, are included.

The process of withering causes the water in the tea leaves to evaporate, causing the tea leaves to wither and the permeability of various substances inside and outside the cell to increase and the roasted-rolled method is to press down on the tea leaves and crush them to break the cells. When cells are destroyed, various substances leak out of the cells and coat various areas of the tea leaves. while polyphenol oxidase catalyzes oxidation and polymerization, which chemically reacts with polyphenols to produce new components that change the tea's color, aroma, and flavor. Different colors are produced when the various substances that flow out of the cell are subjected to heat during drying. Fermentation is a continuous process that begins with withering and rolling and ends with the deactivation of polyphenol oxidase by steaming or burning. Polyphenol oxidase catalyzes the oxidation reaction that causes polyphenol to oxidize and polymerize in this process. It forms a complex compound of polyphenols with bigger molecules, which results in variations in the tea's scent, color, and flavor, depending on the chemical composition of the tea and the manufacturing process. Drying is the process of lowering the moisture content of tea leaves to less than 5 percent in order to extend the shelf life of the tea (Chuamchamp *et al*., 2020). As a result, the color of betel nut tea products is affected by roasting–rolling temperature and time, total phenolic concentration in raw materials, and drying temperature. The obtained products would have a darker hue if the drying temperature was exceedingly high, as opposed to the low temperature in roasted-rolled and dried.

The high temperature of the drying process affects antioxidants, and total phenolic content has decreased. Molecules of total phenolic content vaporize and decay into a carboxylic acid carboxaldehyde, which evaporates with the vapor (Jackman and Smith, 1996). Furthermore, high temperatures cause antioxidants to be degraded. As a result, applying high temperatures in food processing alters the antioxidant activity of the food (Pokorn and Schmidt, 2001). Seewaeng and Siriamornpun (2019) explored how drying temperatures (60, 70, and 80 °C) affected phytochemical components and antioxidant activity in *Bambusa beecheyana*. Total phenolic compounds, total flavonoids, antioxidant activity as measured by DPPH radical scavenging activity, and antioxidant activity in *Bambusa beecheyana* all decreased as the dried temperature increased.

To explore the water quantity and acceptable temperature of betel nut tea making, the researcher chose the tea making process of the betel nut in formulations 3, which involves roasting–rolling at 50–60 °C for 15 minutes and dryer at 60 °C for 3 hours, based on the consideration of bioactive chemicals. Six formulas were used to specify the conditions for brewing tea (water (milliliters): temperature (°C)) for making tea. This experiment used 60:80, 80:80, 60:90, 80:90, 60:100, 80:100, 60:100, 80:100, and 5 grams of betel nut tea. The total phenolic content, antioxidant activity by DHHP, and FRAP techniques were not affected by the water content or water temperature in tea brewing ($p>0.05$) (Table 2).

The greatest total phenolic content was 18.668 milligrams of gallic acid equivalents/gram when tea was made with 60 milliliters of water at 100 °C. Phenolic compounds tended to increase as the water temperature for tea manufacturing increased. Furthermore, betel nut tea brewed with 60 milliliters of water at 80 °C was found to have antioxidant activity of 2.451% inhibition by using the DHHP method and 0.753 milligrams of Trolox equivalents/gram by using the FRAP method. So, the temperature of the tea water rises, the antioxidant activity tends to decrease.

The heating process causes bioactive substances to degrade or change their structure, resulting in cellular integrity loss or oxidative breakdown, which is catalyzed by O_2, enzymes, and light. The disruption of cell structure can occur during processing procedures such as blanching, drying, and crushing, as well as other pre-processing processes that affect the antioxidant potential of fruits and vegetables, such as rolling and fermentation. The total phenolic components in jack fruit tea rise after fermentation (Davey *et al.*, 2000). The rolling and fermentation processes apply mechanical strain to the plant cell walls, which encase the phenolic chemicals, and diseased cell walls are more easily damaged. When the plant cells are cooked with hot water, the phenolic compounds dissolve more easily (Nicoli *et al*., 1997).

The heating procedure influences the bioactive chemicals, which is in line with the findings of Nayak *et al*. (2011), who looked at the effects of temperature and duration (0-60 minutes) at 100 °C on the DPPH radical scavenging activity and ABTS+ of Purple Potato. The DPPH radical scavenging activity dropped when the duration was prolonged, but the ABTS+ radical scavenging activity rose in the first 5 minutes. As time passed, the DPPH radical scavenging activity decreased. Next, Jirarattanarangsri and Budprom (2017) investigated the effects of several methods on total phenolic content, anthocyanin content, and antioxidant activity by setting the temperature at 50 °C and 60 °C for 24 hours and dry roasting at 175 °C and 250 °C for 5 minutes. The researchers discovered that drying and roasting did not affect total phenolic chemicals. When the temperature process was increased, the antioxidant activity measured by the DPPH technique was reduced significantly ($p \leq 0.05$). Furthermore, Singkhum (2021) investigated the effects of the manufacturing process on the physical, chemical, and biological constituents in Karanda tea. The study found that the amount of water used to make tea (80 and 90 milliliters) and the temperature of the water (70 and 90 milliliters) did not affect bioactive compound. When the temperature of the water used to make tea is raised, bioactive compound tend to rise.

The sensory evaluation of the amount of water and water temperature in all six formulas for making betel nut tea found that the water and temperature did not significantly affect the color, odor, and overall liking of betel nut tea ($p > 0.05$). Nevertheless, the satisfaction value point of taste was a significant difference ($p \leq 0.05$) (Table 2).

Table 2 Bioactive compound and hedonic score of sensory evaluation of betel nut tea brewing

water:water temperature	Bioactive compound			Score of sensory evaluation			
	FRAP (mgTE/g)	DPPH (%inhibition)	TPC (mgGAE/g)	Color	Odor	Taste	Overall liking
60 ml:80 °C	0.842	2.615	18.335	7.16	6.54	6.88^{b}	7.32
80 ml:80 °C	0.799	2.558	18.496	7.40	6.80	6.92^{b}	7.18
60 ml:90 °C	0.759	2.504	18.434	7.20	6.76	7.04^{ab}	7.24
80 ml:90 °C	0.757	2.480	18.564	7.06	6.98	7.16^{ab}	7.14
60 ml:100 °C	0.753	2.451	18.668	7.28	6.84	7.22^{ab}	7.20
80 ml:100 °C	0.721	2.317	18.620	7.14	6.88	7.38^{a}	7.14

Note: $^{a, b, c}$ Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$), TPC: Total phenolic content

The tea made with 5 grams of betel nut tea, 80 milliliters of water, and 100 °C received the highest average score for flavor. However, there were no differences in taste between preparing tea with 60 milliliters of water and a water temperature of 90 °C and 60 milliliters of water and a water temperature of 100 °C, respectively. The taste of betel nut tea will change as the amount of water and the temperature of the water rises. The taste satisfaction of the panelists was affected significantly by increasing water and temperature. The amount of water and the temperature of the water used to make betel nut tea, o

On the other hand, did not affect the overall liking. As a result, making betel tea requires 60-80 milliliters of water and a water temperature of 80-100 °C.

Making good quality tea is both a science and an art. The critical factor for the quality of tea's quality is the quality and quantity of tea leaves. When tea leaves are immersed in hot water, they gradually loosen. Still, adding many tea leaves will make it difficult to relax, which affects the flavor of tea and is not the standard of that type of tea. Once the tea leaves become entirely loosened, they should contain 90% of the tea waste. The water temperature for making tea depends on the type of tea. Tea-making equipment should be made of baked clay because it can retain heat. The long or short duration of making tea can determine whether the tea has a mild or intense taste.

Conclusions

Betel nut with temperatures and time for roasting and rolling at 50-60 °C for 15 minutes and drying temperature at 60 °C for 3 hours was an acceptable tea production method of betel nut tea with high bioactive components, according to the study of the tea production process. The bioactive chemicals are affected by the roasting and rolling temperatures, as well as the drying temperature. Customers choose to create a tea with 5 grams of betel nut tea and 60-80 milliliters of water at 80-100 °C of water temperature to obtain bioactive substances that are useful to consumers in the appearance of color, flavor, and taste. Another strategy to improve the nutritional content of beverage products and promote food products made from plants, vegetables, and local herbs is to design a beverage that mimics herbal tea made from local herbs.

Acknowledgements

The authors gratefully thank Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala Technology University of Thanyaburi for their financialsupport.

References

Agartvipart. P, T. Foo, T. Sirisukchaitavorn, N. Awakulpaish, R. Chongcharoen and B. Thumthanaruk. 2015. Use of reusable tea leaves for tea drink production. J. Applied Science. 14(1), 45-57. (In Thai)

Benzie, I. and J. Strain. 1996. The Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant power”: The FRAP assay. Analytical Biochemistry. 239(1): 70-76.

Chuamchamp, P., J. Raiputta, T. Ayanan. 2020. Tea production, Tea and coffee institute of Mae Fah Luang University, Available : https://teacoffee.mfu.ac.th/tc-teacoffeelink/tc-4625.html (October 5, 2020.)

Davey, M. W., M. V. Montagu, I. Dirk, M. Sanmartin, A. Kanellis, N. Smirnoff, I. Benzie, J. Strain, D. Favell and J. Fletcher. 2000. Plant L-ascorbic acid: Chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. J. Sci. Food Agric. 80(7): 825-860.

Jackman, R. L. and J. L. Smith. 1996. Anthocyanins and betalains. In: Hendry, G. A. F. and J. D. Houghton. Natural Food Colorants. 2nded. Blackie Academic & Professional. Glasgow, UK.

Jirarattanarangsri, W. and P. Budprom. 2017. Effect of different processing on phenolic content, anthocyanin content, antioxidant capacity and consumer acceptance of black glutineous rice leaf tea. Srinakharinwirot University J. Science and Technology. 9(17): 91-93. (In Thai)

Khonsarn, N., A. Chaiyabot, N. Chairak and S. Lawan. 2018. Effect of drying on total phenolic contents and antioxidant activities in herbal infusions. KHON KAEN AGR. J. 46(SUPPL.1): 1395-1400. (In Thai)

Kubola, J. and S. Siriamornpun. 2008. Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. Food chemistry. 110(4): 881-890.

Mao, L. C., X. Pan, T. Que and X. H. Fang. 2006. Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freeze-dried daylily flowers. J. Eur Food Res Technol. 222(1): 236-241.

Maskan, M. 2000. Microwave air and microwave finish drying of banana. J. Food Eng. 44(2): 71-78.

Namjooyan, F., M. Azemi and V. Rahmanian. 2010. Investigation of antioxidant activity and total phenolic content of various fractions of aerial parts of Pimpinella Barbata (DC.) Boiss. Jundishapur J. Nat Phar Prod. 5(1): 1-5.

Nayak, B., J. D. J. Berrios, J. R. Powers and J. Tang. 2011. Thermal degradation of anthocyanins from purple potato (Cv. Purple Majesty) and Impact on Antioxidant Capacity. J. Agric. Food Chem. 59(20): 11040-11049.

Nicoli, M.C., M. Anese, M. T. Parpinel, S. Franceschi, C. R. 1997. Lerici. Loss and/or formation of anti- oxidants during food processing and storage. Cancer Letters. 114(1): 71-74.

Plansangkate, W. and P. Promrak. 2008, Antimicrobial activity and effectiveness in precipitation with metal irons of tannin extract from some plant. Research project. Thaksin University. Thailand.

Pokorn, J. and S. Schmidt. 2001. Effects of processing and storage on antioxidant efficacy in foods. In: Decker, E. A., R. J. Elias, D. J. McClements (Eds.). Oxidants in foods and beverages and antioxidant applications. Woodhead Publishing. Cambridge, UK.

Pumtes, P., T. Kongbangkerd, K. Rojsuntronkitti and N. Jitrepottch. 2012. Effect of extraction conditions on antioxidant activities of some Thai herbs. Processing of the 4th Science Research Conference. Naresuan University, Thailand, pp. 52-60. (In Thai)

Seewaeng, P. and S. Siriamornpun. 2019. Effect of drying temperature on phytochemicals and antioxidant activities of *Bambusa beecheyana*. KHON KAEN AGR. J. 47 (SUPPL.1): 1385-1392. (In Thai)

Singh, R. P., K. N. Chidambara and G. K. Jayaprakasha. 2002. Studies on the activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. J. Agric. Food Chem. 50(17): 81-86.

Singkhum, U. 2021. Effect of production process on physicochemical properties and bioactive compound in Karanda (*Carissa carandas*) tea. Int. J. Agri. Technol. 17(3): 1121-34.

Sinsaior, K. 2012. Efficiency studies of crude extract from Areca catechu Linn. As an Antioxidant. M.S. Thesis in Science and technology, Valaya alongkorn Rajabhat university under the royal Patronage, Thailand.

Taokaenchan, N., P. Areseesom and R. Kawaree. 2018. Antioxidant activities and sensory acceptability of herbal tea of *Caesalpinia sappan* L. obtained by different Infusion process. Thai Science and Technology. J (TSTJ). 26(8): 1411-1421. (In Thai)

Yuan, J. M., C. Sun and L. M. Butler. 2011. Tea and cancer prevention: Epidemiological studies. Pharmacol Res. 64(2): 123-135.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหาร ในระดับครัวเรือนของเกษตรกร ในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Factors Affecting Food Security Capacity Building in the Household Levels of Farmers in Muang Kham, Xiengkhouang Province, Lao People’s Democratic Republic

คานตาวัน พมลาชาบุด พุฒิสรรค์ เครือคำ[*] สายสกุล ฟองมูล และ ปิยะ พละปัญญา
Khantavanh Phlasaboud Phutthisun Kruekum[*] Saisakul Fongmul and Piya Palapanya

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Major of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production Maejo University, Chiang Mai 50290
[*] Corresponding author: rungsun14@hotmail.com

(Received: 4 September 2021; Revised: 16 November 2021; Accepted: 28 January 2022)

Abstract

This study was conducted to investigate: 1) socio-economic attributes of farmers; 2) level of food security creating practice at the household level of the farmers; and 3) factors effecting food security creating at the household level of the farmers. The sample group consisted of 279 farmers in Muang Kham, Xiengkhoung province, Laos P.D.R. A set of questionnaires was used for data collection and analyzed by using descriptive statistics and multiple regression.

Results of the study revealed that most of the respondents were female, 42.93 years old on average, married and elementary school graduates on below. They had 6 household members and 3 household work force on average. The respondents had 10.66 rai of farm land with an income earned from the agricultural sector for 30,252.46 baht per year on average. They had an income earned from the non-agricultural sector for 11,059.13 baht per year. The respondents had household expenses for 25,802.92 baht per year and debts for 2,179.82 baht on average. Most of the respondents had no social position but they were group member in the community for 4 groups on average. They attended a training or joined an educational trip for 1.32 time on average. They perceived news or information about farming for 19.22 time per month on average. The respondents had a moderate level of knowledge about food security creating but they had a high level of an agreement or attitude towards food security creating. As a whole, the respondents performed food security creating at the household level at a moderate level ($\bar{x}$=3.46). Based on its details, they had a high level of practices in terms of food utilization ($\bar{x}$=3.53), access to food ($\bar{x}$=3.52), adequate food ($\bar{x}$=3.40), and food stability ($\bar{x}$=3.40), respectively. The following had positive statistically significant relationship with food security creating practice at the household level: educational attainment, an income earned from the agricultural sector, an income earned from the non-agricultural sector, participation in activities related to food security, knowledge about food security creating, and attitude towards food security creating. Two factors were found to be negative: household expenses and debt burden.

Keywords: Food availability, food access, food utilization, food stabilization

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร 2) เพื่อศึกษาระดับการปฏิบัติการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกร และ 3) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรในพื้นที่เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ เกษตรกรเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 279 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติพรรณนา และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 42.93 ปี มีสถานภาพสมรส สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 6 คน มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 10.66 ไร่ มีรายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 30,252.46 บาทต่อปี มีรายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 11,059.13 บาทต่อปี มีรายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ย 25,802.92 บาทต่อปี มีหนี้สินเฉลี่ย 2,179.82 บาท ส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม เป็นสมาชิกกลุ่มในชุมชนเฉลี่ย 4 กลุ่ม เข้าร่วมฝึกอบรมหรือศึกษาดูงานเฉลี่ย 1.32 ครั้งต่อปี ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรเฉลี่ย 19.22 ครั้งต่อเดือน เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหารอยู่ในระดับปานกลาง และ

มีทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.46) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยการปฏิบัติมาก คือ ด้านการใช้ประโยชน์จากอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3.53) รองลงมา ได้แก่ ด้านการเข้าถึงอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3.52) โดยด้านการมีอาหารเพียงพอ และด้านความมีเสถียรภาพของอาหารมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 3.40 ตามลำดับ ในส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีจำนวน 8 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกจำนวน 6 ตัวแปร ได้แก่ ระดับการศึกษา รายได้จากภาคการเกษตร รายได้นอกภาคการเกษตร การได้เข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร ความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และทัศนคติของเกษตรกรเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบมีจำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ รายจ่ายในครัวเรือน และภาระหนี้สิน

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์จากอาหาร การเข้าถึงอาหาร การมีอาหารเพียงพอ ความมีเสถียรภาพด้านอาหาร

คำนำ

ความไม่มั่นคงทางอาหาร ถือเป็นปัญหาสำคัญที่ประเทศกำลังพัฒนากำลังเผชิญอยู่ โดยเฉพาะการประสบกับปัญหาทุพโภชนาการที่ประชาชนไม่ได้รับอาหารที่มีโภชนาการเพียงพอกับที่ร่างกายต้องการ อย่างไรก็ตามปัญหาความไม่มั่นคงทางอาหารยังได้ประสบกับประเทศที่พัฒนาแล้วด้วยเช่นกัน คือ การขาดความสมดุลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพของอาหารและน้ำที่เพียงพอและเหมาะสมกับประชากรที่กำลังเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาให้ องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO) ได้ยกประเด็นความไม่มั่นคงทางอาหารมาพิจารณาเพื่อให้ทุกประเทศเล็งเห็นความสำคัญของการสร้างความมั่นคงทางอาหาร โดยให้มีการพัฒนาและหนุนเสริมทุกองค์ประกอบของกระบวนการผลิตอาหาร โดยเริ่มจากการผลิต การทำเป็นอาหาร การบริโภค และผลกระทบที่เกิดจากการบริโภคภายใต้หลักการสำคัญของความมั่นคงทางอาหารทั้ง 4 มิติ คือ 1) การมีอาหารเพียงพอ (Food Availability) 2) การเข้าถึงอาหาร (Food Access) 3) การใช้ประโยชน์จากอาหาร (Food Utilization) และ 4) การมีเสถียรภาพด้านอาหาร (Food Stability) (สุพรรณี, 2560)

ตามทิศทางแผนพัฒนาประเทศของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ในส่วนของการสร้างหลักประกันความมั่นคงทางด้านอาหารและการบริโภคที่ได้มาตรฐานทางโภชนาการได้ให้ความสำคัญในการมุ่งเน้นให้เกิดการสร้างความปลอดภัยของผู้ผลิตและผู้บริโภค เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและยกระดับประสิทธิภาพการผลิตสินค้าทางการเกษตรให้ได้คุณภาพและปริมาณและเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการส่งเสริมให้ประชาชนมีสุขภาพที่ดี ทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ทั้งนี้การมีอาหารที่เพียงพอซึ่งส่วนสำคัญในการสร้างความมั่นคงทางอาหารยังเป็นการช่วยเหลือกลุ่มผู้ด้อยโอกาส เด็ก เยาวชน และสตรีวัยชรา

ให้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาความยากจน เป็นการลดภาวะการขาดอาหารและขาดโภชนาการได้อีกทางหนึ่ง (Ministry of Planning and Investment, 2016)

เมืองคำ อยู่ในเขตจังหวัดเชียงขวาง มีหมู่บ้านทั้งหมด 90 หมู่บ้าน มีประชากร 51,716 คน มีจำนวนครัวเรือน 8,192 หลังคาเรือน และมีหมู่บ้านที่ยากจนจำนวน 24 หมู่บ้าน ประชาชนส่วนมากทำการเกษตรเป็นอาชีพหลัก คิดเป็นร้อยละ 91 และมีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาหรือพื้นที่สูงถึง 2 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งหมด ในสภาพเศรษฐกิจพบว่าประชาชนส่วนมากประสบปัญหากับความยากจน มีรายได้ต่ำ มีรูปแบบการยังชีพที่ขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ภายใต้ระบบสังคมชนบทที่มีหมู่บ้านตั้งอยู่กระจายกันหรือเป็นหย่อมบ้านเล็ก ๆ ที่อยู่ห่างไกลจากพื้นที่ที่เป็นเขตเมือง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ประชาชนไม่สามารถเข้าถึงแหล่งอาหารได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากระบบการคมนาคมยังมีการสัญจรที่ค่อนข้างลำบาก การติดต่อสื่อสารไม่สะดวก และมีความล่าช้าในการรับข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ (Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham, 2019) เนื่องจากประชาชนในเขตเมืองคำประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่และมีแนวโน้มที่จะเผชิญกับปัญหาการขาดความมั่นคงทางอาหาร ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร รวมกับการศึกษาถึงระดับการปฏิบัติในการสร้างความมั่นคงทางอาหาร เพื่อนำไปสู่การหาปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารของเกษตรกร เพื่อให้เป็นข้อมูลในการดำเนินงานการสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนเกษตรกรให้สอดคล้องไปกับแผนพัฒนาประเทศ และเตรียมความพร้อมต่อการเผชิญกับความท้าทายของความไม่มั่นคงทางอาหารในอนาคตของครัวเรือนเกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยในการสุ่มตัวอย่างครั้งนี้มีการสุ่มตัวอย่างทั้งหมดสองขั้นตอน (Tow-stages sampling) (ประชุม, 2541) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการสุ่มหมู่บ้าน ที่ตั้งอยู่ใน 4 กลุ่มบ้านที่เป็นพื้นที่ดำเนินโครงการเกษตรโภชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยกำหนดให้มีการสุ่มหมู่บ้านในแต่ละกลุ่มบ้านจำนวน 3 หมู่บ้าน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ได้หมู่บ้านตัวอย่างจำนวน 12 หมู่บ้าน โดยแต่ละหมู่บ้านมีจำนวนเกษตรกรรวมทั้งหมด 925 คน จากนั้นคำนวณจากสูตร (Yamane, 1973) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และยอมให้มีความคลาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 279 คน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสุ่มเกษตรกรในแต่ละหมู่บ้านตัวอย่าง โดยได้ทำการเทียบสัดส่วนของจำนวนเกษตรกรทั้งหมดแต่ละหมู่บ้านตัวอย่างกับขนาดตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ เพื่อหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้าน เมื่อได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้านแล้วจึงทำการสุ่มเกษตรกร โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการใช้ตารางเลขสุ่มตามรายชื่อเกษตรกรแต่ละหมู่บ้าน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 279 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีจำนวน 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร และตอนที่ 2 การปฏิบัติของเกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนมีองค์ประกอบจำนวน 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการมีอาหารเพียงพอ 2) ด้านการเข้าถึงอาหาร 3) ด้านการใช้ประโยชน์ของอาหาร และ 4) ด้านความมีเสถียรภาพของอาหาร

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลในเครื่องมือแล้ว ได้กำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คือ

1) ข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม และการปฏิบัติของเกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์การปฏิบัติของเกษตรกรในการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนกำหนดให้เกษตรกรระบุคะแนนการปฏิบัติออกเป็น 5 ระดับ คือ 5=ปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด 4=ปฏิบัติอยู่ในระดับมาก 3=ปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง 2=ปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย และ 1=ปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยสุด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและแบ่งช่วงสำหรับการพิจารณาระดับการปฏิบัติของเกษตรกร ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	**ระดับการปฏิบัติ**	
4.51-5.00	หมายถึง	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	หมายถึง	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมาก
2.51-3.50	หมายถึง	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย
1.00-1.50	หมายถึง	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยสุด

2) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสร้างความมั่นคงทางอาหารระดับครัวเรือนของเกษตรกรใช้สถิติการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ซึ่งใช้โปรแกรมสถิติเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ในการวิเคราะห์ ทั้งนี้การวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป กับตัวแปรตาม 1 ตัว ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีระดับความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรอิสระจากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด 17 ตัวแปร ได้แก่ 1) เพศ 2) อายุ 3) สถานภาพสมรส 4) ระดับการศึกษาสูงสุด 5) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 6) จำนวนแรงงานในครัวเรือน 7) จำนวนพื้นที่ทำการเกษตร

8) จำนวนรายได้จากภาคการเกษตร รายได้เสริม 9) จำนวนรายจ่ายในครัวเรือน 10) ภาระหนี้สิน 11) การมีตำแหน่งทางสังคม 12) การเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มของชุมชน 13) จำนวนครั้งในการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร 14) การเข้าร่วมโครงการเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร 15) จำนวนครั้งในการรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร 16) ความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และ 17) ทัศนคติของเกษตรกรเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) พบว่า ไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีค่าความสัมพันธ์ (r) สูงกว่า 0.80 ที่จะทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองสูง (Multicollinearity) และส่งผลให้เกิดการละเมิดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (สุชาติ, 2546)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 42.93 ปี มีสถานภาพสมรส สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา หรือต่ำกว่า มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 6 คน มีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 10.66 ไร่ มีรายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 30,252.46 บาทต่อปี มีรายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 11,059.13 บาทต่อปี มีรายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ย 25,802.92 บาทต่อปี ผู้ที่รับผิดชอบในการใช้จ่ายในครัวเรือนส่วนใหญ่เป็นแม่บ้านหรือภรรยา มีภาระหนี้สินเฉลี่ย 2,179.82 บาท ส่วนใหญ่ไม่มีตำแหน่งทางสังคม ได้เป็นสมาชิกกลุ่มในชุมชนเฉลี่ย 4 กลุ่ม ส่วนใหญ่ไม่ได้ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร เข้าร่วมฝึกอบรมหรือศึกษาดูงานเฉลี่ย 1.32 ครั้งต่อปี ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรเฉลี่ย 19.22 ครั้งต่อเดือน เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับแนวทางการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนอยู่ในระดับปานกลาง และมีทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

ระดับการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีค่าเฉลี่ยระดับการปฏิบัติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.46) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยการปฏิบัติมากสุด คือ ด้านการใช้ประโยชน์จากอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3.53) รองลงมา ได้แก่ ด้านการเข้าถึงอาหาร (ค่าเฉลี่ย 3.52) โดยด้านการมีอาหารเพียงพอและด้านความมีเสถียรภาพของอาหารมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ 3.40 ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Levels of food security capacity building at the household levels of farmers in Muang Kham, Xiengkhouang province, Lao People's Democratic Republic

(n=279)

Levels of food security capacity building in the household levels	$\bar{x}$	S.D.	Description
1. Food availability	3.40	.631	Moderate
2. Food access	3.52	.589	High
3. Food utilization	3.53	.480	High
4. Food stability	3.40	.509	Moderate
Total	**3.46**	**.462**	**Moderate**

Remarks 4.51-5.00 = Highest 3.51-4.50 = High 2.51-3.50 = Moderate 1.51-2.50 = low 1.00-1.50 = Lowest

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติในการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาว่าตัวแปรอิสระใดมีผลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่ามีทั้งหมด 8 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกจำนวน 6 ตัวแปร ได้แก่ รายได้จากภาคการเกษตร ระดับความรู้ ทัศนคติของเกษตรกร ระดับการศึกษาสูงสุด รายได้นอกภาคการเกษตร และการเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ ได้แก่ รายจ่ายในครัวเรือน และภาระหนี้สิน (Table 2) โดยตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กับตัวแปรทั้งหมด สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม (การสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร) อยู่ร้อยละ 47.20 (R^2 =.472) ซึ่งสามารถวิจารณ์ผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ระดับการศึกษาสูงสุด พบว่า ถ้าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาที่สูงกว่าระดับประถมศึกษาจะมีแนวโน้มในการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารในครัวเรือนมากขึ้น (Sig.=.013) เนื่องจากการศึกษาถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกษตรกรมีพื้นฐานความรู้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างความเข้าใจในการวางแผนการสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือน เช่น การเลือกซื้ออาหารหรือวัตถุดิบประกอบการทำอาหารที่มีคุณภาพ และการหารายได้เพื่อการเข้าถึงอาหาร เป็นต้น (Mishra, 2005)

2. จำนวนรายได้ในภาคการเกษตร (Sig.=.000) สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าเกษตรกรที่มีรายได้ในภาคการเกษตรที่สูงขึ้นจะส่งผลทำให้มีการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากรายได้จาก

ภาคการเกษตรถือเป็นรายได้หลักและอาจเป็นรายได้ทางเดียวที่เกษตรกรใช้สำหรับในการซื้อหรือหาอาหารที่มีคุณภาพ รวมถึงการจัดหาอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง และอาหารที่ตนเองหรือครอบครัวไม่สามารถผลิตได้มาให้เหล่าสมาชิกในครอบครัวได้บริโภคได้อย่างเพียงพอและทั่วถึง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ทัตภณ และคณะ (2559) ที่พบว่า รายได้ของครอบครัวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับความมั่นคงทางอาหารด้านการปริมาณอาหารของวัยรุ่นในชุมชนชนบทภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. จำนวนรายได้นอกภาคการเกษตร (Sig.=.017) โดยอธิบายผลการศึกษาได้ว่า ถ้าเกษตรกรมีรายได้นอกภาคการเกษตร หรือรายได้เสริมนอกเหนือจากการทำเกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เกษตรกรมีแนวโน้มสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนในระดับที่สูงขึ้น โดยแหล่งรายได้เสริมของเกษตรกรนอกเหนือจากการทำเกษตรกรรมในพื้นที่เมืองคำ คือ การเก็บของป่า และการทอผ้า (Kham District Agriculture and Forestry Office, 2019) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านอกเหนือจากเกษตรกรจะมีรายได้หลักจากการทำเกษตรกรรมแล้ว เกษตรกรยังมีการหารายได้เสริมจากแหล่งอื่นด้วย อันเป็นการบ่งชี้ถึงการมีโอกาสหรือมีศักยภาพที่จะเข้าถึงแหล่งอาหารที่จำเป็นและการมีปริมาณอาหารที่เพียงพอของครัวเรือนเกษตรกร และสอดคล้องกับการศึกษาของ จันทร์ตนาพร (2557) ที่พบว่า ความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติทำให้ชาวชุมชนเพียลาด อำเภอสังทอง นครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวมีความมั่นคงด้านอาหารได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งได้จากการหาผักพื้นบ้านในป่า การหาปลาตามแหล่งน้ำธรรมชาติ รวมถึงการเป็นปัจจัยหลักในสนับสนุนการทำนา การเพาะปลูกอื่น ๆ และการทำปศุสัตว์ที่ส่งผลให้ผู้คนในชุมชนมีอาหารเพียงพอ

4. จำนวนรายจ่ายในครัวเรือน (Sig.=.005) สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าเกษตรกรมีรายจ่ายในครัวเรือนสูงขึ้นจะมีผลทำให้การสร้างความมั่นคงทางอาหารลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากภาระค่าใช้จ่ายในครัวเรือนของเกษตรกรส่วนมากเป็นไปเพื่อการลงทุนในการทำการเกษตรหรือค่าอุปการะทางการศึกษาให้แก่บุตรหลาน ประกอบกับในปัจจุบันการผลิตในภาคการเกษตรยังประสบกับปัญหาดินเสื่อมโทรม การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช และการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตร ซึ่งทำให้เกษตรกรต้องให้เงินทุนในการบำรุงดูแลรักษาผลผลิตของตนเองให้ได้คุณภาพและปริมาณตามความต้องการของตลาด จึงทำให้ขาดหรือมีทุนทรัพย์ไม่เพียงพอในการจัดหาหรือเข้าถึงแหล่งอาหารที่มีประโยชน์ให้แก่สมาชิกในครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังผลการศึกษาของ คำสุกขะ และคณะ (2562) ที่พบว่า การเกิดปัญหาภัยธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง และน้ำท่วมเป็นอีกหนึ่งในสาเหตุทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อการบริโภค และถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อครัวเรือนยากจน เมืองบัวละพา แขวงคำม่วน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

5. จำนวนหนี้สินในครัวเรือน (Sig.=.032) สามารถอธิบายได้ว่าเกษตรกรที่มีภาระหนี้สินในครัวเรือนที่สูงมากขึ้นจะมีแนวโน้มที่จะสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนลดลง สำหรับครอบครัวประกอบอาชีพเกษตรกรรมส่วนมากต้องแบกรับภาระหนี้สินจากการกู้ยืมเงินเพื่อใช้ในกิจกรรมทางการเกษตรของตนเอง ซึ่งทำให้มีเงินทุนไม่เพียงพอและเกิดความยากลำบากในการเข้า

ถึงอาหารสำหรับเลี้ยงดูสมาชิกในครัวเรือน ผลการศึกษาสามารถเทียบเคียงได้กับการศึกษาของ ปุณณดา และคณะ (2559) ที่พบว่า ครัวเรือนเกษตรกรไทยที่มีหนี้สินจะมีโอกาสที่จะตกเป็นครัวเรือนมีความไม่มั่นคงด้านอาหารสูงขึ้นตามไปด้วย

6. การเข้าร่วมการฝึกอบรมที่เกี่ยวกับการทำเกษตรกรรม (Sig.=.011) สามารถอธิบายได้ว่า เกษตรกรที่ได้เข้าร่วมการฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นจะมีการสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนในระดับที่สูงขึ้น โดยการเข้าร่วมฝึกอบรมในด้านการเกษตรเป็นช่องทางหนึ่งในการเพิ่มองค์ความรู้ หรือเทคโนโลยีใหม่และทันสมัยที่เกษตรกรสามารถนำมาปรับใช้กับการดำเนินการทำเกษตรกรรมของตนเอง โดยเฉพาะการยกระดับคุณภาพและปริมาณผลผลิตทางการเกษตรเพื่อให้ได้มาซึ่งกำไรหรือรายได้ที่สูงขึ้น หรือการได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับการวางแผนในการทำเกษตร ตลอดจนการผลิตสินค้าเกษตรที่มีความปลอดภัยจากสารเคมีสำหรับเป็นแหล่งอาหารเพื่อการบริโภคมาบริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นิคม และคณะ (2560) ที่พบว่า การถ่ายทอดองค์ความรู้เพิ่มศักยภาพการผลิตอาหารตามหลักเกษตรอินทรีย์เป็นหนึ่งในองค์ประกอบของรูปแบบการสร้างความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือนด้วยกระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษาในชุมชนริมน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ที่สมาชิกในครัวเรือนควรได้รับเพื่อนำไปสู่การสร้างอาหารได้ปลอดภัย เพียงพอและพึ่งตนเองได้อย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

7. ความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร (Sig.=.000) อธิบายผลการวิเคราะห์ได้ว่า เกษตรกรที่มีความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับที่สูงขึ้นจะมีแนวโน้มสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้การที่เกษตรกรมีความรู้นั้นจะสามารถช่วยให้การนำเอาแนวคิดวิทยาการ หรือเทคโนโลยีต่าง ๆ เกี่ยวกับการหนุนเสริมความมั่นคงทางอาหารมาประยุกต์ใช้เพื่อการปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมและเป็นไปตามหลักวิชาการ เช่น ความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชในระบบเกษตรปลอดภัยหรือเกษตรอินทรีย์ ความรู้เกี่ยวกับการวางแผนการตลาดเพื่อการจำหน่ายผลผลิตให้เกิดรายได้สูงสุด ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันและกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช และความรู้เกี่ยวกับโภชนาการด้านอาหาร เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนแต่เป็นองค์ความรู้ที่สามารถสนับสนุนการสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนของเกษตรกรได้ทั้งสิ้น ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาการสร้างความมั่นคงทางอาหารของเกษตรกรอินทรีย์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของ เพชรบุญ และคณะ (2559) ที่พบว่า กลวิธีการสร้างความมั่นคงของเกษตรกรอินทรีย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างให้มีความมั่นคงทั้งด้านการบริโภค ด้านการผลิต และด้านทรัพยากรส่วนหนึ่งมาจากใช้ความรู้และเทคโนโลยี จนได้ผลผลิตอาหารที่มีความหลากหลาย ปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการ

8. ทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหาร สามารถอธิบายได้ว่า (Sig.=.000) เกษตรกรที่มีทัศนคติต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในเชิงบวกหรือเห็นด้วยที่จะมีการสร้างความมั่นคงทางการอาหารในครัวเรือนเพิ่มสูงขึ้น โดยผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นถึงการที่เกษตรกรมีมุมมองหรือมีแนวความคิดที่ดีต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารถือเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เกษตรกรมีการปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะการปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่ไม่ใช้สารเคมีที่ทำลายสิ่งแวดล้อม มีการรักษา

คุณภาพของผลผลิต ตลอดจนการคัดเลือกพันธุ์พืชหรือสัตว์ที่ให้คุณค่าทางอาหารสูงสุดมาผลิตเพื่อเป็นสินค้าและอาหารเพื่อการบริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ รณิดา และคณะ (2560) ที่พบว่าปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กิจกรรมการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพสู่ความมั่นคงทางอาหารของชาติพันธุ์ในลุ่มน้ำกก-ลุ่มน้ำโขง: กรณีศึกษา จังหวัดเชียงรายประสบผลสำเร็จ คือ การที่ประชาชนในชุมชนมีความรัก หวงแหนแหล่งทรัพยากรธรรมชาติของตนเอง และมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของคนกับป่าที่ต้องอาศัยและพึ่งพิงในด้านทรัพยากรน้ำ และแหล่งอาหารเพื่อใช้ในการดำเนินชีวิต

Table 2 Factors effecting food security capacity building in the household levels of farmers in Muang Kham, Xiengkhouang province, Lao People’s Democratic Republic

Independent variables	Dependent variable		
	Creating Food Security of Farmers in Household Levels		
	B	t	Sig.
1. Educational attainment	.167	2.488	.013*
2. Agricultural income	5.671E-06	5.134	.000**
3. Non-agricultural income	3.734E-06	2.410	.017*
4. Household Expenses	-2.902E-06	-2.835	.005**
5. Debt burden	-6.864E-06	-2.159	.032*
6. Participating in a training	.027	2.576	.011*
7. Knowledge about food security	.063	7.763	.000**
8. Attitudes about food security	.176	4.407	.000**
Constant	1.649	8.101	.000**
R^2 = .477 (47.70%) F = 13.693 Sig. F = 0.000**			

Remarks *Statistically significant level at 0.05 **Statistically significant level at 0.01

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรในเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวอยู่ในระดับการปฏิบัติปานกลาง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงบวก ได้แก่ ระดับการศึกษาสูงสุด จำนวนรายได้จากภาคการเกษตร จำนวนรายได้นอกภาคการเกษตร ความรู้เกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และทัศนคติของเกษตรกรเกี่ยวกับการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และการเข้าร่วมโครงการหรือกิจกรรมเกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหาร ในขณะที่ปัจจัยที่ส่งผลให้การสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนของเกษตรกรที่ลดลง ได้แก่ จำนวนรายจ่ายในครัวเรือน และจำนวนหนี้สินของเกษตรกร โดยตัวแปรทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของการสร้างความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนเกษตรกร (ตัวแปรตาม) อยู่ร้อยละ 47.20 (R^2 =.472)

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงระดับการศึกษาและความรู้มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกต่อการสร้างความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนของเกษตรกร ดังนั้นห้องการเกษตรและป่าไม้ และโครงการเกษตรโภชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ควรมีการถ่ายทอดองค์ความรู้หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนการผลิตพืชและสัตว์ในระบบเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาทิ ระบบเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agricultural Practice: GAP) ระบบเกษตรอินทรีย์ หรือระบบเกษตรปลอดภัยจากสารพิษ เพื่อให้ได้มาซึ่งอาหารและสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพไร้สารเคมี สามารถให้เป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารเพื่อการบริโภคในครัวเรือนและจำหน่าย

2. ห้องการเกษตรและป่าไม้ และโครงการเกษตรโภชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ควรส่งเสริมและสนับสนุนงบประมาณในการจัดทำโครงการร่วมกับโรงเรียนในพื้นที่ให้มีการบูรณาการหรือสร้างเครือข่ายสำหรับรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกรที่มีการผลิตพืชหรือสัตว์ในระบบเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อนำผลผลิตดังกล่าวมาเป็นวัตถุดิบสำหรับทำอาหารกลางวันของโรงเรียน ตลอดจนมีการปลูกฝังค่านิยมและสร้างเสริมพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ปลอดภัยเพื่อนำไปสู่การสร้างคนรุ่นใหม่ที่คำนึงถึงความสำคัญของความมั่นคงทางอาหารที่เป็นพื้นฐานสำคัญของการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน

3. ห้องการเกษตรและป่าไม้ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ควรสนับสนุนให้มีโครงการ หรือกิจกรรมที่มีกระบวนการสาธิตหรือฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพและปลอดภัยจากสารเคมีที่อาจทำอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ เช่น โครงการจัดทำผลิตภัณฑ์บำรุงดินสำหรับการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร ได้แก่ การผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชและมูลสัตว์ การทำผลิตภัณฑ์ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชแบบอนุรักษ์ธรรมชาติ ตลอดจนการจัดทำ

โครงการที่สร้างผลิตภัณฑ์เพื่อการปศุสัตว์ เช่น การผลิตอาหารเลี้ยงสัตว์โดยใช้วัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่น การจัดทำโรงเรือนการเลี้ยงและแปรรูปที่ได้มาตรฐานและสะอาด เป็นต้น

4. หน่วยงานภายใต้กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้ ตลอดจนโครงการเกษตรโภชนาการในเขตเมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ควรมีการพัฒนาสื่อรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงช่องทางสำหรับการประชาสัมพันธ์องค์ความรู้เกี่ยวกับความมั่นคงทางอาหารให้แก่เกษตรกร เพื่อการปลูกฝังและสร้างทัศนคติที่ดี อันนำไปสู่การยอมรับแนวคิดความมั่นคงทางอาหารมาปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมสำหรับสมาชิกในครัวเรือนที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม โดยเฉพาะองค์ความรู้ทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์จากอาหารที่หลากหลาย องค์ความรู้ด้านการบริหารปัจจัยการผลิตภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์หรือการเพาะปลูกที่ไม่ใช้สารเคมีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม องค์ความรู้ด้านการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรเพื่อเพิ่มมูลค่า องค์ความรู้ด้านการตลาด เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือจากเกษตรกร ผู้นำชุมชนและเจ้าหน้าที่ห้องการเกษตรและป่าไม้ และโครงการเกษตรโภชนาการ เมืองคำ แขวงเชียงขวาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือในการให้ข้อมูลและร่วมดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

คำสุกขะ ทำมะวง ชนินทร์ วะสีนนท์ ละมัย ร่มเย็น และศุภชัย สิงห์ยะบุศย์. 2562. ปัจจัยที่ส่งผลต่อครัวเรือนยากจน เมืองบัวละพา แขวงคำม่วน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. มนุษยสังคมสาร (มสส.) 17(2): 239-253.

จันทร์ตนาพร วงศ์ชัย ประสงค์ ตันพิชัย สันติ ศรีสวนแตง และวีระฉัตร สุปัญโญ. 2557. ความหลากหลายของทรัพยากรธรรมชาติสู่ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนเพียลาด อำเภอสังทอง นครหลวงเวียงจันทน์. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal 7(2): 156-172.

ทัตภณ พละไชย นพวรรณ เปียซื่อ และสุจินดา จารุพัฒน์ มารุโอ. 2559. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความมั่นคงทางอาหารของวัยรุ่นในชุมชนชนบท ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารการพยาบาลและการดูแลสุขภาพ 34(2): 142-151.

นิคม สีเงิน สุวารีย์ ศรีปูณะ อนัญญา โพธิประดิษฐ์ และผมหอม เชิดโกทา. 2560. รูปแบบการสร้างความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือนด้วยกระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษาในชุมชนริมน้ำพอง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิชาการสถาบันวิทยาการจัดการแห่งแปซิฟิค 4(1): 120-132.

ประชุม สุวัตถี. 2541. การสุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัย. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ 38(3): 103-130.

ปุณณดา มาสวัสดิ์ ประพิณวดี ศิริศุภลักษณ์ และอิสริยา นิติทัณฑ์ประภาศ บุญญะศิริ. 2559. ปัจจัยที่มีผลต่อความมั่นคงด้านอาหารของครัวเรือนเกษตรไทย. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ 11(2): 347-356.

เพชรบุญ ฟักเกตุ ชมพูนุท โมราชาติ และ อุทัย อันพิมพ์. 2559. การสร้างความมั่นคงทางอาหารของเกษตรกรอินทรีย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม 6(2): 96-104.

รณิดา ปิงเมือง มาลี หมวกกุล วาสนา เสภา และ ธงชัย ลาหุนะ. 2560. ความหลากหลายทางชีวภาพสู่ความมั่นคงทางอาหารของชาติพันธุ์ในลุ่มน้ำกก-ลุ่มน้ำโขง: กรณีศึกษา จังหวัดเชียงราย. วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ 10(2): 25-45.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2546. ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 12. สามลดา, กรุงเทพฯ.

สุพรรณี ไชยอำพร. 2560. ความมั่นคงทางอาหาร: สิ่งบ่งชี้ต่างวัฒนธรรมในสังคมไทย. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ 57(1): 200-223.

Kham District Agriculture and Forestry Office. 2019. Report on the export of the non-timber forest products of Muang Kham, Xieng Khwang Province Lao People’s Democratic Republic. Xieng Khwang. Kham District Agriculture and Forestry Office.

Ministry of Planning and Investment. 2016. Socio-economic development plan National 5-Year Eighth (2016-2020) At the National Assembly, Vientiane Capital.

Mishra, B. P. 2005. Factors Affecting Food Insecurity at Household Level in Kailali District of Nepal. Doctoral dissertation, Chiang Mai: Graduate School, Chiang Mai University.

Sub-Committees of the General Assembly of Mueang Kham. 2019. Report on the 5-Year Economic and Social Report of Mueang Kham, Xieng Khwang Province Lao People’s Democratic Republic. Xieng Khwang. Mueang Kham Governor’s Office.

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

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 4(1):53-63
J. Agri. Prod. 2022
53

ศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Potential of Raising Native Chicken According to Good Agricultural Practices (GAP) of Farmers in La District, Udomxay Province, Lao People’s Democratic Republic

อัมพร ผาสุก พหล ศักดิ์คะทัศน์* พุฒิสรรค์ เครือคำ และ สายสกุล ฟองมูล

Amphone Phasouk Phahol Sakkatat* Phutthisun Kruekum and Saisakul Fongmul

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Department of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production
Maejo University, Chiang Mai 50290
* Corresponding author: Phahol@mju.ac.th

(Received: 5 August 2021; Revised: 15 December 2021; Accepted: 1 March 2022)

Abstract

This study aimed to explore potential good agriculture practice focus on knowledge and practical of local farmers in La district, Udomxay province, Lao People’s Democratic Republic. A set of questionnaires was used for data collection administered with a group population of 319 local farmers who rearing native chicken in La district. Obtained data were analyzed by using descriptive statistics i.e. frequency, percentage, standard deviation, Maximum score and Minimum score. Results revealed that the respondents were female with age average of 31.07, education were elementary school or lower, and marital state, the respondents had a moderate level of knowledge and understanding about native chicken rearing (average score was 10.6 of 21). Regarding guidelines for good agriculture practice for the native chicken farm, using 5 level measurement based on Likert’s scale, it was found that the overall was moderate score (2.89), the score of water management, farm components, environmental management, and feed management were 3.50, 3.43, 3.22 and 3.00, respectively. However, the farm management, animal health care, and animal welfare scores were low at 2.40, 2.39 and 2.19, respectively

Keywords: Good agriculture practice, native chicken, knowledge of native chickens

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) โดยทำการศึกษาศักยภาพใน 2 ประเด็นคือ ความรู้ และการปฏิบัติได้ ของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเมืองหลา แขวงอุดมซัย จำนวน 319 คน โดยใช้แบบทดสอบเพื่อวัดความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง และใช้แบบสอบถามเพื่อศึกษาแนวทางการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองของเกษตรกร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่อหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 31.07 ปี สำเร็จการศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า อยู่ในสถานภาพสมรส เกษตรกรมีระดับของความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 10.6 คะแนน จากทั้งหมด 21 คะแนน) ในด้านแนวทางการปฏิบัติตามแนวทางเกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมือง โดยใช้การวัด 5 ระดับตามแบบของ Likert’s scale พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านอยู่ระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 2.89) โดยเรียงค่าเฉลี่ยแต่ละด้านจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ด้านการจัดการน้ำ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และด้านการจัดการอาหาร อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.50, 3.43, 3.22 และ 3.00 ตามลำดับ) ด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ และด้านสวัสดิภาพสัตว์ อยู่ในระดับน้อย ($\bar{x}$ = 2.40, 2.39 และ 2.19 ตามลำดับ)

คำสำคัญ: การปฏิบัติตามเกษตรที่ดี ไก่พื้นเมือง ความรู้ในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

คำนำ

ไก่พื้นเมืองเป็นสัตว์ปีกที่มีขนาดตัวเล็กโดยทั่วไปไก่ที่มีน้ำหนักตัว 1.5 กิโลกรัม จะให้เนื้อประมาณ 800 กรัม และใช้อาหาร 3.5 กิโลกรัม นอกจากนั้น มูลไก่ที่ได้จากการเลี้ยงยังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน และสามารถลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์น้ำได้อีกด้วย (Livelihood Improvement Project for Southern Mountainous and Plateau Areas of Lao PDR, 2014) โดยในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวพบว่าไก่พื้นเมืองเป็นอาหารที่ให้โปรตีนคุณภาพที่ดี เป็นเนื้อที่ย่อยได้ง่าย เหมาะแก่การเป็นอาหารให้ผู้อายุสูงและเด็กเล็ก ซึ่งปัจจุบันมีการบริโภคเนื้อไก่พื้นเมืองกันมากขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์การบริโภคเนื้อทั้งหมดของคนลาวจะมีเนื้อสัตว์ปีกถึงร้อยละ 35-40 (Agricultural and Forestry Office La District, 2019) จึงทำให้ไก่พื้นเมืองมีราคาค่อนข้างแพง

การเกษตรโดยรวมในปัจจุบันของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวกำลังมีการขยายตัวมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 3.4 ต่อปี ซึ่งส่วนมากเป็นการเกษตรแบบผสมผสาน ที่มีการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ควบคู่กันไป หรือการเกษตรแบบครัวเรือนที่ประชาชนทำมาหากินพอเลี้ยงครอบครัวเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการเลี้ยงสัตว์และการประมงมีการเติบโตไปในทางที่ดีขึ้น เนื่องจากมีความต้องการของตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยการผลิตส่วนมากเพื่อเป็นอาหารมนุษย์ เช่น ปลา ไก่ หมู โค และกระบือ ซึ่งการเลี้ยงสัตว์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของเกษตรกร ซึ่งรายได้เกือบร้อยละ 50 ได้มาจากการเลี้ยงสัตว์ (Bountong, 2000) สัตว์ปีกนับว่ามีบทบาทสำคัญอีกชนิดหนึ่งในการตอบสนองความต้องการด้านเนื้อ โดยนโยบายถึงปี พ.ศ. 2568 ต้องผลิตสัตว์ปีกให้ได้ 114,000 ตัน และไข่ 78,000 ตัน เพื่อทำให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว จำต้องตระหนักถึงการส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ปีกในเขตชนบท เพื่อตอบสนองต่อความต้องการอาหารที่การส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ให้ถูกต้องตามเทคนิค มีการป้องกันพยาธิ และปฏิบัติตามหลักการความปลอดภัยด้านชีวภาพ

แผนพัฒนากสิกรรม ป่าไม้ และพัฒนาชนบท ปี พ.ศ. 2562 ของแขวงอุดมซัยได้กำหนดไว้ 3 ด้าน โดยเฉพาะด้านการกสิกรรม ได้แก่ การเลี้ยงสัตว์และการรับประกันความมั่นคงทางด้านเสบียงอาหาร โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์และการประมงได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ทั้งด้านการเปลี่ยนให้เป็นระบบรูปแบบ และวิธีการเลี้ยง จากการเลี้ยงแบบธรรมชาติไปสู่การเลี้ยงที่นำใช้เทคนิคที่ทันสมัยเข้าช่วย และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม 5 ปี ครั้งที่ 2 ระยะที่ 10 (2558-2562) ของเมืองหลา ด้านงานการเลี้ยงสัตว์และสัตวแพทย์ได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นเป็นลำดับ มีการเปลี่ยนรูปแบบและวิธีการเลี้ยงจากการเลี้ยงแบบธรรมชาติสู่การเลี้ยงที่นำเทคนิคที่ทันสมัยมาใช้ เลี้ยงเป็นกลุ่ม เลี้ยงเป็นฟาร์ม มีการปลูกพืชอาหารสัตว์ และมีการใช้ยาป้องกันพยาธิ โดยทั่วเมืองมีสัตวแพทย์ประจำในหมู่บ้านจำนวน 45 คน มีตู้ยาสัตวแพทย์ 1 แห่ง และสามารถป้องกันพยาธิสัตว์ได้ทั้งหมด 51,799 ตัว สามารถตอบสนองความต้องการเนื้อและไข่เพื่อบริโภคภายในเมืองได้ 489.23 ตัน เฉลี่ย 29 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (Planning and Investment Office La District, 2019)

เมืองหลาเป็นเมืองที่มีเกษตรกรเลี้ยงสัตว์ปีกมากที่สุดในแขวงอุดมซัย มากถึงร้อยละ 90 ของจำนวนครอบครัวทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงสัตว์ปีกในเมืองหลาส่วนมากเป็นการเลี้ยงขนาดเล็กเลี้ยงแบบใช้เป็นอาหารในครอบครัว พออยู่พอกินมีขายเป็นสินค้าบ้างเป็นจำนวนน้อย และระบบการเลี้ยงยังไม่ได้มีการพัฒนา ไม่มีการนำเทคนิคที่ทันสมัยเข้ามาช่วย (Agricultural and forestry Office La District, 2019) โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 70-80 เลี้ยงไก่พื้นเมืองแบบปล่อยตามธรรมชาติ จำนวนไก่ที่เลี้ยงประมาณ 10-20 ตัวต่อครอบครัว ปัจจุบันอาหารไก่ เช่น พืช ผัก และแมลงที่มีในธรรมชาติได้ลดลง ทำให้ผู้เลี้ยงต้องซื้ออาหารสำเร็จรูปที่นำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านมาเลี้ยงไก่ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น (Laos Extension for Agriculture Project, 2003) ซึ่งจากแผนพัฒนากสิกรกรมป่าไม้ และพัฒนาชนบทปี พ.ศ. 2562 ของแขวงอุดมซัย ในด้านการรับประกันความมั่นคงทางด้านเสบียงอาหาร โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์และการประมงให้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ทำให้เมืองหลามีการปฏิบัติงานการเลี้ยงสัตว์และสัตวแพทย์ปรับปรุงดีขึ้นตามลำดับ มีการปรับเปลี่ยนระบบรูปแบบ และวิธีการเลี้ยงจากการเลี้ยงแบบ

ธรรมชาติไปสู่การเลี้ยงที่นำเทคนิคที่ทันสมัยเข้ามาช่วยมากขึ้น (Planning and Investment Office La District, 2019)

จากประเด็นข้างต้น เมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ถือได้ว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อกับการส่งเสริมการเกษตร เพื่อจะให้การส่งเสริมการเกษตรได้รับผลดียิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาศักยภาพ การเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในเมืองหลาจึงเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปวางแผนปรับปรุงการดำเนินงาน และพัฒนาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร และกรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อการส่งเสริมที่มีศักยภาพตรงตามความต้องการของเกษตรกร อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปปฏิบัติได้อย่างแท้จริงกับเกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง สมาชิกเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในเมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 319 ครัวเรือน โดยได้จากการสุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงไก่ทั้งหมดจำนวน 21 หมู่บ้าน 1,573 คน ที่คำนวณได้จากสูตรของ Taro Yamane (1973) โดยใช้ความคลาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยการค้นคว้าจากตำรา หนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งขอคำปรึกษาจากอาจารย์ที่เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ซึ่งลักษณะแบบสอบถามจะแยกออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร โดยใช้แบบทดสอบวัดความรู้และความเข้าใจ 7 ด้าน ได้แก่ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการอาหาร ด้านการจัดการน้ำ ด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ ด้านสวัสดิภาพสัตว์ และด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยที่ลักษณะคำถามเป็นแบบปรนัยคือถูกและผิด ทั้งแบบคำถามเชิงบวกและคำถามเชิงลบ จำนวน 21 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ตอบคำถามผิด = 0 คะแนน
ตอบคำถามถูกต้อง = 1 คะแนน

ส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง อำเภอหลา จังหวัดอุดมซัย ใช้แบบทดสอบที่มีจำนวนคำถามทั้งหมด 52 ข้อ แบ่งออกเป็น 7 ด้าน คือ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการอาหาร ด้านการจัดการน้ำ ด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ ด้านสวัสดิภาพสัตว์ และด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยลักษณะคำถามทั้งหมดเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) จำนวน 5 ระดับ คือ

มีการปฏิบัติมากที่สุด = 5 คะแนน
มีการปฏิบัติมาก = 4 คะแนน
มีการปฏิบัติปานกลาง = 3 คะแนน
มีการปฏิบัติน้อย = 2 คะแนน
มีการปฏิบัติน้อยที่สุด = 1 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามและจัดลำดับข้อมูล เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลร้อยละ และแจกแจงความถี่ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสถิติ

สำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ เพื่อทำการแจกแจงข้อมูลที่ได้ในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบคำถามความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง เมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่มีคำถามความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง 7 ด้าน คือ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการอาหาร ด้านการจัดการน้ำ ด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ ด้านสวัสดิภาพสัตว์ และด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยข้อคำถามในทุกด้านรวมทั้งหมด 21 ข้อคำถาม จากนั้นนำมาตรวจนับคะแนนเพื่อจัดทำเป็นระดับความรู้ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

0 – 7 คะแนน หมายถึง ความรู้น้อย
8 – 14 คะแนน หมายถึง ความรู้ปานกลาง
15 – 21 คะแนน หมายถึง ความรู้มาก

2. วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมือง เมืองหลา แขวงอุดมซัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่มีความรู้การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี 7 ด้าน คือ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการอาหาร ด้านการจัดการน้ำ ด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ ด้านสวัสดิภาพสัตว์ และด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยการใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำคะแนนที่ได้ตามความเป็นจริงมาคำนวณหาน้ำหนักค่าเฉลี่ยเพื่อตีความหมายให้เป็น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และ น้อยที่สุด ตามเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50
ระดับการปฏิบัติได้น้อยที่สุด
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50
ระดับการปฏิบัติได้น้อย
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50
ระดับการปฏิบัติได้ปานกลาง
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50
ระดับการปฏิบัติได้มาก
มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00
ระดับการปฏิบัติได้มากที่สุด

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนมากเป็นเพศหญิงร้อยละ 61.1 ทั้งนี้เนื่องจากเมืองหลาเป็นเมืองที่ได้รับการช่วยเหลือจากโครงการโภชนาการเพื่อสตรีมีครรภ์และเด็กอายุไม่เกิน 2 ปี และการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเป็นกิจกรรมหลักในครัวเรือนของเกษตรกรในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อีกด้วย โดยตัวอย่างกลุ่มเป้าหมายมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 31.1 ปี ซึ่งเห็นได้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุน้อย ซึ่งเป็นวัยที่ค้นหาประสบการณ์ใหม่ ดังนั้นจึงมีโอกาสที่จะนำประสบการณ์และความรู้ไปปรับใช้ในการเลี้ยงไก่ได้ดีกว่าวัยอื่น ด้านการศึกษาพบว่าเกษตรกรมากกว่าครึ่งมีระดับการศึกษาในชั้นประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (ร้อยละ 55.5) เนื่องจากคนในชนบทส่วนมากจะยึดถือเอานโยบายของภาครัฐสืบต่อกันมาจนถึงลูกหลาน โดยเมื่อจบการศึกษาในระดับประถมศึกษาก็ถือว่าเป็นผู้มีความรู้ขั้นพื้นฐาน จึงไม่ค่อยเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น

ระดับความรู้ของเกษตรกรในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

จากผลการวัดระดับความรู้ของเกษตรกรในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองพบว่า ระดับความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองรวมทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง (10.6 คะแนน) โดยเกษตรกรมีความรู้ที่มากที่สุดคือ 20 คะแนน และระดับความรู้ต่ำที่สุดคือ 4 คะแนน ซึ่งเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองอยู่ในระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 56.1 รองลงมาคือระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ 29.2 และน้อยที่สุดคือระดับมากคิดเป็นร้อยละ 14.7 (Table 1)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่ให้ข้อมูลส่วนมากมีความรู้ในระดับปานกลาง อาจเนื่องมาจากเกษตรกรมีพื้นฐานการเลี้ยงไก่มาเนิ่นนานซึ่งสืบทอดกันมาจนถึงปัจจุบันและประชาชนลาวยังถือเอาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองเป็นกิจกรรมประจำในครัวเรือนเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารในครัวเรือน ทั้งนี้เนื่องมาจากเกษตรกรยังขาดความรู้ใหม่ ๆ ในการจัดการการผลิตด้านต่าง ๆ เช่น การจัดการด้านอาหาร การป้องกันโรค การนำใช้เทคนิคที่ทันสมัยเข้าช่วย เป็นต้น ซึ่งมีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มศักยภาพของเกษตรกรในด้านความรู้ให้มากขึ้นก็จะทำให้การเลี้ยงไก่พื้นเมืองประสบความสำเร็จและได้ผลผลิตมากตามความต้องการ เช่น งานวิจัยของ ปราณี และคณะ (2556) รายงานว่า กลุ่มเครือข่ายของการเลี้ยงไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเชียงใหม่ เป็นอาชีพหลัก ในอำเภอดอยหล่อ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งในระบบการผลิตเกษตรกรผู้เลี้ยงจะต้องมีความรู้ในการจัดการด้านอาหารที่เหมาะสม การจัดการการเลี้ยง การป้องกันโรค การใช้เครื่องฟักไข่ในกรณีมีการขยายผลผลิต อีกทั้งการรณรงค์การรับรู้ของประชาชนเพื่อช่วยเพิ่มโอกาสทางการตลาด และงานวิจัยของ ธนนันท์ และวราภรณ์ (2556) พบว่าในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเพื่อสร้างเป็นอาชีพของเกษตรกรที่ตำบลแม่ปั๋ง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ เกษตรกรต้องมีความรู้ในการจัดการการผลิตด้านต่าง ๆ โดยในการผลิต ลูกไก่ต้องมีความรู้หรือเทคนิคการใช้ตู้ฟัก การอนุบาลลูกไก่ การทำวัคซีนตามโปรแกรม การจัดการด้านอาหาร น้ำ เวชภัณฑ์อื่น ๆ การจัดการสุขาภิบาล เช่นเดียวกับการ ผลิตไก่ขุน ที่ต้องมีการจัดการเพิ่มเติมในการวางแผนการผลิตที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในตลาด ชุมชนรวมทั้งการจัดการด้านการตลาด ดังนั้นการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรเพื่อให้ประสบความสำเร็จและได้ผลผลิตมากตามความต้องการเกษตรกรต้องมีการเพิ่มศักยภาพของตนเองในด้านความรู้ให้มากขึ้น อย่างไรก็ตามคะแนนในระดับมากนั้นยังมีน้อย เนื่องจากระดับการศึกษาของเกษตรกรยังต่ำ อายุยังน้อย ประสบการณ์ในการเลี้ยงไก่ยังมีไม่เพียงพอ การรับรู้ข้อมูลข่าวสารของเกษตรกรยังต่ำ และการเข้าถึงของหน่วยงานส่งเสริมยังมีน้อยเนื่องจากพื้นฐานโครงสร้างไม่เอื้ออำนวย และยังมีเกษตรกรบางส่วนที่ถือจารีตประเพณีความเชื่อทางศาสนาทำให้การถ่ายทอดความรู้นั้นเข้าถึงได้ยาก

Table 1 A number and percentage of levels of knowledge about native chicken rearing of the respondents

(n=319)

Level of knowledge	N (person)	%
Low	93	29.2
Moderate	179	56.1
High	47	14.7
Total	**319**	**100**
$\bar{x}$ = 10.6	SD = 3.57	Min-Max = 4-20

Remark 0-7 = Low 8-14 = Moderate 15-21 = High

การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองของเกษตรกร พบว่า ระดับการปฏิบัติได้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรมีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านเท่ากับ 2.89 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยเรียงค่าเฉลี่ยแต่ละด้านจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ด้านการจัดการน้ำ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และด้านการจัดการอาหาร ที่อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 3.43 3.22 และ 3.00 ตามลำดับ ส่วนด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ และด้านสวัสดิภาพสัตว์อยู่ในระดับน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 2.39 และ 2.19 ตามลำดับ (Table 2)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองของเกษตรกร 4 ด้าน อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านองค์ประกอบฟาร์ม เกษตรกรมีการปฏิบัติได้ เช่น มีการสร้างโรงเรือนให้ไก่ โรงเรือนตั้งอยู่บริเวณน้ำท่วมไม่ถึง โรงเรือนแยกอยู่ห่างบ้านพักอาศัย โรงเรือนอยู่ห่างบริเวณใช้ยาฆ่าหญ้าและแมลง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่เขตการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรยังอุดมสมบูรณ์ อุปกรณ์สร้างคอกส่วนมากยังหาได้จากไม้ในป่าที่ยังไม่ถูกทำลาย ซึ่งสอดคล้องกับการงานวิจัยของ สุวิทย์ และคณะ (2556) ศึกษาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร หมู่ที่ 3 ตำบลวังตะเคียน อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท พบว่า ด้านโรงเรือนและอุปกรณ์ เกษตรกรมีการปฏิบัติได้แก่ มีการสร้างโรงเรือน โรงเรือนอยู่บริเวณน้ำท่วมไม่ถึง โรงเรือนแยกอยู่ห่างบ้านพักอาศัย โรงเรือนอยู่ห่างบริเวณใช้ยาฆ่าหญ้าและแมลง โรงเรือนอยู่ห่างเสียงรบกวน มีที่บังลมและแดด มีรังไข่เพียงพอสำหรับแม่ไก่ แต่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ในเมืองหลาส่วนมาก โรงเรือนไม่มีตาข่ายคลุม ไม่มีไฟฟ้าส่องสว่าง ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ สุวิทย์ และคณะ (2556) รายงานว่าด้านโรงเรือนและอุปกรณ์ โรงเรือนมีตาข่ายคลุม มีไฟฟ้าส่องสว่าง อาจเนื่องมาจากเกษตรกรในเมืองหลาไม่มีงบประมาณเพียงพอในการจัดซื้ออุปกรณ์เหล่านี้ ด้านการ

จัดการน้ำ เกษตรกรมีการปฏิบัติได้อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากอุปกรณ์ให้น้ำ ส่วนมากยังทำได้จากไม้ในป่าที่ยังไม่ถูกทำลาย น้ำที่ใช้สำหรับการเลี้ยงไก่ยังอาศัยน้ำจากธรรมชาติที่ยังอุดมสมบูรณ์ ด้านการจัดการอาหาร อาหารสำหรับไก่พื้นเมือง ส่วนมากเกษตรกรใช้วัตถุดิบที่ปลูกเอง เช่น ข้าวเปลือก ข้าวโพด และพืชผักที่มีตามธรรมชาติให้ไก่โดยตรง โดยไม่ได้ทำการผสมอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชระ แลน้อย และคณะ (2558) ระบบการเลี้ยงและศักยภาพในการผลิตไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา พบว่า เกษตรกรร้อยละ 48.49 ใช้ธัญพืช ได้แก่ ข้าวโพดและข้าวเปลือกเป็นอาหารไก่พื้นเมืองโดยตรงโดยไม่ได้ทำการผสมอาหาร ด้านสิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องมาจากการเลี้ยงไก่ของเกษตรกรส่วนมากเป็นเลี้ยงแบบเป็นอาหารในครัวเรือน เลี้ยงในปริมาณน้อย ทำให้การกำจัดของเสียไม่ยุ่งยาก อีกทั้งมูลของไก่เกษตรกรยังใช้เป็นปุ๋ยใส่พืชผัก และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้ดินได้ดีอีกด้วย

ส่วนด้านการจัดการฟาร์ม ด้านสุขภาพสัตว์ และด้านสวัสดิภาพสัตว์ เกษตรกรมีการปฏิบัติได้อยู่ในระดับน้อย ทั้งนี้เนื่องจากหลายปัจจัย เช่น ด้านการจัดการฟาร์มการจัดอบรมของหน่วยงานภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังมีน้อย การอบรมส่วนมากเป็นการอบรมการเลี้ยงไก่แบบทั่วไปไม่ได้เฉพาะเจาะจงในแต่ละด้าน การโฆษณาประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการจัดอบรมยังเข้าไม่ถึงเกษตรกร เกษตรกรบางส่วนไม่สะดวกที่จะเข้าอบรมเนื่องจากหมู่บ้านตั้งอยู่ไกลจากสถานที่จัดอบรม สำหรับด้านสุขภาพสัตว์ และด้านสวัสดิภาพสัตว์ ส่วนมากการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยทำให้การดูแลสุขภาพสัตว์และด้านสวัสดิภาพสัตว์ไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งยาและวัคซีนป้องกัน และรักษาสัตว์ยังมีจำกัด ส่วนด้านการจัดการฟาร์ม เกษตรกรส่วนมากไม่ได้เอาใจใส่ทำความสะอาดโรงเรือน ไม่มีการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ ด้านสุขภาพสัตว์ เกษตรกรไม่มีโปรแกรมการทำวัคซีนให้ไก่ ด้านสวัสดิภาพสัตว์ ไม่มีการคัดไก่เมื่อไก่เจ็บป่วย ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ สุวิทย์ และคณะ (2556) ศึกษาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรหมู่ที่ 3 ตำบลวังตะเคียน อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท เกษตรกรทุกรายมีการจัดการด้านการจัดการฟาร์มได้ดี ได้แก่ การทำความสะอาดโรงเรือนด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ทำความสะอาดพื้นด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อฉีดหรือพ่น เปลี่ยนน้ำและทำความสะอาดภาชนะใส่น้ำทุกวัน รักษาโรงเรือนให้มีความสะอาด เปลี่ยนที่รองพื้นบ่อย ๆ หมั่นดูแลสุขภาพไก่เป็นประจำ มีการคัดไก่ที่ป่วยออกจากฝูงเพื่อสังเกตอาการ มีพื้นที่เพียงพอให้ไก่ออกกำลังกาย การสุขาภิบาล เกษตรกรทุกรายมีการปฏิบัติ เช่น ทำความสะอาดภาชนะต่าง ๆ ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรค สร้างโรงเรือนที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก มีการจัดการแหล่งน้ำสกปรกรอบโรงเรือนและบริเวณใกล้เคียง ทำการถ่ายพยาธิให้ไก่ ไม่ทิ้งซากไก่ลงน้ำ มีการกักไก่ไว้อย่างน้อย 7 วันก่อนนำเข้าฝูง ไม่ใช้น้ำจากแหล่งสาธารณะเลี้ยงไก่หากจำเป็นให้ผสมน้ำยาฆ่าเชื้อ ทำการฉีดวัคซีนป้องกันโรคให้ไก่ตามโปรแกรม

Table 2 Good agriculture practice for native chicken rearing of the respondents

(n=319)

Item	$\bar{x}$	SD	Description
1. Farm components	3.43	0.25	Moderate
2. Feed management	3.00	0.27	Moderate
3. Water management	3.50	0.26	Moderate
4. Farm management	2.40	0.18	Low
5. Animal health	2.39	0.28	Low
6. Animal well-being	2.19	0.30	low
7. Environmental management	3.22	0.37	Moderate
On average	**2.89**	**0.14**	**Moderate**

Remark Highest=4.51-5.00 High=3.51-4.50 Moderate=2.51-3.50 Low=1.51-2.50 Lowest=1.00-1.50

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง (ตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม: ความรู้และการปฏิบัติได้) ของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ในเมืองของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมชัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สรุปได้ว่าศักยภาพของเกษตรกรด้านความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองรวมทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง (10.6 คะแนน) ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 56.1 และศักยภาพของเกษตรกรด้านการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับฟาร์มไก่พื้นเมืองรวมทั้ง 7 ด้าน อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้านเท่ากับ 2.89 โดยเรียงค่าเฉลี่ยแต่ละด้านจากมากไปน้อยคือ ด้านการจัดการน้ำ (3.50) ด้านองค์ประกอบฟาร์ม (3.43) ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม (3.22) ด้านการจัดการอาหาร (3.00) ด้านการจัดการฟาร์ม (2.40) ด้านสุขภาพสัตว์ (2.39) และด้านสวัสดิภาพสัตว์ (2.19) ดังนั้นเพื่อเพิ่มศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมือง เกษตรกรต้องหาความรู้ใหม่ ๆ จากหลายช่องทาง เช่น วิทยุ โทรทัศน์ สื่อพิมพ์ต่าง ๆ อินเทอร์เน็ต รวมทั้งการติดต่อสื่อสารกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมเพื่อขอคำแนะนำเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมือง เมื่อเกษตรกรมีความรู้เพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้การปฏิบัติเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองได้ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ของเกษตรกรในเมืองหลา แขวงอุดมชัย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า เกษตรกรมีศักยภาพในประเด็นความรู้และการปฏิบัติได้เกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองอยู่ระดับปานกลาง ดังนั้น

1. เสนอให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ควรมีการจัดฝึกอบรมและให้ความรู้แก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่อง โดยความรู้เกี่ยวกับสุขภาพสัตว์ และสวัสดิภาพสัตว์ ได้แก่ การป้องกันและรักษาโรค วิธีการนำวัคซีนมาใช้อย่างถูกต้อง เป็นต้น และควร

มีการลงติดตามการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรเป็นประจำเพื่อช่วยในการชี้แนะเรื่องการปฏิบัติการเลี้ยงไก่ให้ถูกต้องและได้รับผลดียิ่งขึ้น

2. เสนอให้ภาครัฐบาลควรมีการเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการเลี้ยงไก่พื้นเมืองผ่านสื่อต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องตามความเหมาะสมของพื้นที่ เช่น ผ่านวิทยุชุมชน แผ่นพับ หนังสือ เป็นต้น เพื่อเพิ่มศักยภาพของเกษตรกรในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง

3. ภาครัฐบาลและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ควรนำเอาข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ไปเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงรูปแบบการพัฒนาการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรเพื่อให้ได้รับผลดี

4. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาความต้องการของเกษตรกรในเรื่องการส่งเสริมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองจากภาครัฐ และควรมีการศึกษาศักยภาพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อจะได้นำผลมาเปรียบเทียบกับการวิจัยครั้งนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ประสานงานโครงการโภชนาการอาหารแขวงอุดมซัย และผู้ประสานงานโครงการโภชนาการอาหารเขตเมืองหลา แขวงอุดมซัย ตลอดจนถึงเกษตรกรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณมายังคณะผู้บริหารงาน คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรป่าไม้ มหาวิทยาลัยสุภานุวง ที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

ธนนันท์ ศุภกิจจานนท์ และวราภรณ์ จันทร์วงศ์. 2556. รายงานการวิจัย เรื่อง การส่งเสริมการเลี้ยงไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำเชียงใหม่เพื่อสร้างเป็นอาชีพของเกษตรกรในตำบลแม่ปั๋ง อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ปราณี รอดเทียน สุวิทย์โชตินันท์ ชัยวัฒน์ ศรีทองอินทร์ และทรงศักดิ์ ศรีอำพร. 2556. รายงานการวิจัย เรื่อง การส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงไก่พื้นเมืองประดู่หางดำเชียงใหม่เป็นอาชีพหลักในรูปแบบเครือข่ายอย่างยั่งยืนในอำเภอดอยหล่อ จังหวัดเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วัชระ แลน้อย วีรพงษ์ กันแก้ว กฤตภาค บูรณวิทย์ และบรรจง อาจคำ. 2558. ระบบการเลี้ยงและศักยภาพในการผลิตไก่พื้นเมืองของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต.

สุวิทย์ คุ้มคงสินธุ์ จินดา ขลิบทอง และศิริลักษณ์ วงศ์พิเชษฐ์. 2556. การเลี้ยงไก่พื้นเมืองของเกษตรกร หมู่ที่ 3 ตำบลวังตะเคียน อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท. เอกสารประกอบการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 3 วันที่ 3-4 กันยายน 2556 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

Agricultural and Forestry Office La District. 2019. Implementation of the Action Plan for Agriculture and Rural Development, La District. 27: 8-9

Bountong, B. 2000. Published by the National Agriculture and Forestry Research. Lao journal of Agriculture and Forestry. 10: 2-3

Laos Extension for Agriculture Project. 2003. Rearing native chicken. Vientiane, Lao P.D.R.

Livelihood Improvement Project for Southern Mountainous and Plateau Areas of Lao PDR. 2014. Relive the history of the local chickens in Laos. 34: 5-8.

Planning and Investment Office La District. 2019. Social Economic Development Plan 5 years (2020-2024) La District Oudomsay province 2019. 75: 2-9.

Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rd. New york: Harper and Row Publication.

64 ว. ผลิตกรรมการเกษตร 4(1):64-76
J. Agri. Prod. 2022

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

การเปรียบเทียบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่าง ๆ จากข้าวสาลีบดพันธุ์แม่โจ้

Comparisons of Phytochemicals and Antioxidant Activities of Milled Fractions from Wheat Varieties, Maejo

ภาวิณี อารีศรีสม* นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ ณัฐชนก แก้วแทน และกอบลาภ อารีศรีสม

Pawinee Areesrisom* Narin Taokaenchan Natchanok Keawtan and Koblap Areesrisom

สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Division of Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: areesrisom30@gmail.com

(Received: 20 September 2021; Revised: 13 December 2021; Accepted: 28 January 2022)

Abstract

The purpose of this research was to compare the content of the total phenolic, flavonoid, ferulic acid and antioxidant activities in wheat germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties, which has been breeding by Mr. Ruangchai Juwattanasomran, Agronomy Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai Province. According to the results, the amount of phytochemicals and antioxidant activities found in wheat germ mixed with bran was significant at 95% confidence level higher than that of the flour in all wheat varieties. In wheat germ mixed with bran, MJU10 variety showed the highest total phenolic content of 2.86±0.06 mgGAE/ g DW, while those of MJU2 and MJU8 varieties showed the highest flavonoid contents of 0.65±0.00 and 0.65±0.01 mgQE/ g DW, respectively. The rice germ mixed with bran of MJU10 variety gave the highest ferulic acid content which was 478.40±2.58 mg/ kg, while those of MJU3 and MJU2 varieties showed the highest antioxidant activity by DPPH method with a percentage inhibition of 87.05 ± 0.17 and 85.69 ± 0.55, respectively. Moreover, the MJU2 variety

exhibited the highest antioxidant activity by ABTS method with a percentage inhibition of 46.55 ± 0.39.

Keywords: Wheat, phytochemicals, antioxidant activities

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสารประกอบฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ กรดเฟอรูลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำ และส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี จำนวน 8 สายพันธุ์ ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดย ผศ.ดร.เรืองชัย จูวัฒนสำราญ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าส่วนของเนื้อแป้งในข้าวสาลีทุก ๆ สายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากสุดในข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU10 มีค่าเท่ากับ 2.86±0.06 มก. สมมูลของกรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีมากสุดในส่วนของจมูกข้าวผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 คือมีค่าเท่ากับ 0.65±0.00 และ 0.65±0.01 มก. สมมูลของเควอซิติน/ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดเฟอรูลิกพบมากสุดในจมูกข้าวผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU10 มีค่าเท่ากับ 478.40±2.58 มก./กก. ขณะที่ในสายพันธุ์ MJU3 และ MJU2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากสุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 87.05±0.17 และ 85.69±0.55 ตามลำดับ และในสายพันธุ์ MJU2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มากสุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 46.55±0.39

คำสำคัญ: ข้าวสาลี สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ธัญพืชเป็นอาหารหลักของประชากรในหลาย ๆ ประเทศ เนื่องจากประกอบด้วยสารพฤกษเคมีต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ข้าวสาลีเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่มีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนไทยมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมเมืองที่รีบเร่ง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวสาลี เช่น บะหมี่ ขนมปัง ขนมเค้ก และมักกะโรนีเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากสามารถตอบสนองความต้องการของชีวิตได้ ประเทศไทยมีการปลูกข้าวสาลีในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศและมีแนวโน้มที่จะขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้นเรื่อย ๆ ประกอบกับปัจจุบันมีการตื่นตัวในด้านสุขภาพอนามัยกันมากขึ้นจึงมีการนำข้าวสาลีไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพและความงามในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น (พลังเกษตร, 2562; สุธีรา และคณะ, 2554; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542)

สารประกอบฟีนอลิก และ ฟลาโวนอยด์ เป็นสารพฤกษเคมีที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์เพิ่ม

ภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Ghasemzadeh *et al.*, 2010) เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุให้เซลล์ในร่างกายเสื่อมสภาพและมีประสิทธิภาพในการทำงานน้อยลง ส่งผลให้เกิดโรคต่าง ๆ ที่ร้ายแรงตามมา เช่น โรคมะเร็ง ความดันโลหิตสูง เบาหวาน รูมาตอยด์ และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน เป็นต้น (วัลลภ และประณีต, 2547; Pham-Huy *et al.*, 2008) โดยสารฟีนอลิกชนิดที่พบมากสุดในผนังเซลล์ของธัญพืชทั่วไป คือ กรดเฟอรูลิก ซึ่งพบมากในส่วนผนังเซลล์ของแอลิวโรนหรือชั้นรำละเอียด (aleurone) เยื่อหุ้มผล (pericarp) และจมูกข้าว (embryo) แต่พบเพียงเล็กน้อยในส่วนของเนื้อเมล็ด (endosperm) (Smith and Hartley, 1983) กรดเฟอรูลิกมีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงมาก (Graf, 1992; Ohta *et al.*, 1997) สามารถกำจัดสารพวกไนไตรท์ในลำไส้ได้ (Neut *et al.*, 1997) ช่วยเพิ่มประสิทธิผลของวิตามินอี และลดคอเลสเตอรอลในหนู (Kamal-Eldin *et al.*, 2000) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการอักเสบ (Chawla *et al.*, 1987) ยับยั้งการเกิดมะเร็งและเนื้องอกในผิวหนังหนู (Huang *et al.*, 1988) และยังช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) ได้ (Uchida *et al.*, 1996) ในบางประเทศกรดเฟอรูลิกได้รับการอนุมัติให้ใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) และใช้เป็นยาสำหรับรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือดสมอง (Wang and Jing-Ping, 2005; Graf, 1992) ในข้าวสาลีมีกรดเฟอรูลิกอยู่ประมาณ 0.8-2.0 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90 ของสารพอลีฟีนอลทั้งหมดในข้าวสาลี ด้วยเหตุผลนี้จึงสามารถใช้กรดเฟอรูลิกเป็นตัวบ่งชี้ของสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวสาลีได้ (Boz, 2015)

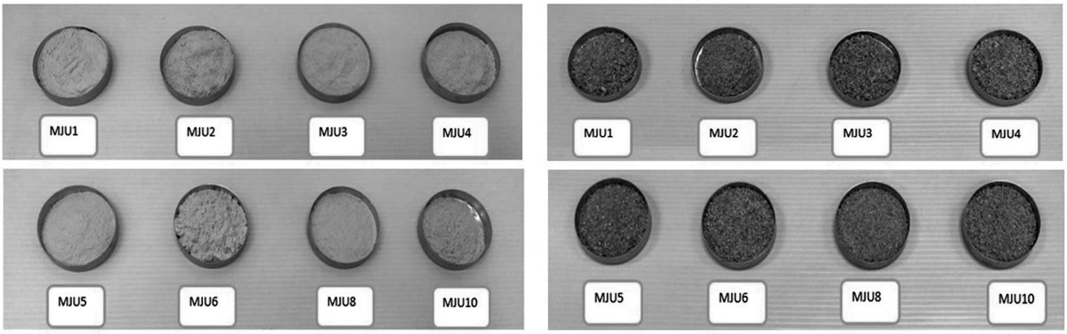
ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการบดโม่เมล็ดข้าวสาลีสายพันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยสาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาถึงสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวสาลีพันธุ์แม่โจ้ที่ได้ปรับปรุงมาก่อน จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวสาลีที่มีคุณภาพ มีปริมาณสารสำคัญสูง สำหรับส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปเพาะปลูกเพื่อการบริโภคหรือการค้า และสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ทางด้านความงามต่อไป ซึ่งถือเป็นการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าให้กับข้าวสาลีพันธุ์แม่โจ้ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างข้าวสาลี

นำตัวอย่างเมล็ดข้าวสาลีที่แยกเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้ว จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ MJU1 MJU2 MJU3 MJU4 MJU5 MJU6 MJU8 (ฝาง 60) และ MJU10 (สะเมิง 2) โดยที่สายพันธุ์ MJU8 และ MJU10 เป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ (check) ซึ่งได้รับการเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 มาคัดแยกหิน ดิน ทราย ออกให้หมด นำเมล็ดข้าวสาลีไปอบในตู้อบลมร้อน (Memmert UE 600, Germany) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 (Rasper, 1991) จากนั้นชั่งเมล็ดข้าวสาลีแต่ละสายพันธุ์ 100 กรัม ตำให้พอแตกและบดด้วยครกหิน

แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 40 และ 60 เมช ตามลำดับ โดยส่วนของแป้งที่มีเนื้อเนียนละเอียดจะร่อนผ่านตะแกรงทุกขนาดตกลงมาในภาชนะรองรับ ส่วนของเนื้อแป้งที่มีเศษรำเล็ก ๆ ผสมอยู่ด้วยจะติดอยู่ที่ตะแกรงขนาด 60 เมช ขณะที่ส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำจะอยู่ที่ตะแกรงทั้งขนาด 20 และ 40 เมช งานวิจัยนี้เลือกนำส่วนของเนื้อแป้งและส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำ (เนื่องจากกระบวนบดโม่เมล็ดข้าวสาลีในอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้มาซึ่งแป้งสาลีสีขาวนั้น จะได้ส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค) ไปวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี (สารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ กรดเฟอรูลิก) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในขั้นตอนต่อไป ลักษณะของเนื้อแป้งและส่วนของจมูกข้าวผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้ จำนวน 8 สายพันธุ์ แสดงดัง Figure 1



Flour

Rice germ mixed with bran

Figure 1 Characteristics of flour and wheat germ mixed with bran from 8 wheat varieties, Mae Jo

การศึกษาสารพฤกษเคมีในส่วนต่าง ๆ ของข้าวสาลี

นำส่วนของรำผสมจมูกข้าวสาลีและส่วนแป้ง (เนื้อเมล็ด) ที่ได้จากการบดเมล็ดข้าวสาลีทั้ง 8 สายพันธุ์ มาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสารพฤกษเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และกรดเฟอรูลิก ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การเตรียมสารสกัดข้าวสาลี ดัดแปลงจากวิธีของ Mcdonald *et al*. (2001) โดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วน 1.5 กรัม เติมเมทานอลปริมาตร 40 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปแช่ในตู้เย็น 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มากรองแล้วนำไประเหยจนแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Buchi R-3, Switzerland) ละลายสารสกัดหยาบที่ได้ด้วยเมทานอล 5 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu’s assay ซึ่งดัดแปลงมาจาก Namjooyan *et al*. (2010) โดยปิเปตสารละลายที่สกัดได้มา 0.5 มิลลิลิตร เจือจางให้เป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นปิเปตสารละลายที่เตรียมได้มา 0.1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลอง ผสมกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 2.0 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร และสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไป

วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Thermo Scientific Genesys 10S, USA) ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างแกน X คือความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และแกน Y คือค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.0021X + 0.0232$, $R^2 = 0.9959$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเป็น มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง (mgGAE/g DW)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในข้าวสาลี ทำด้วยวิธี $AlCl_3$ colorimetric assay ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Patil *et al.* (2012) โดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วนอย่างละ 3.0 กรัม เติมเอทานอล 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ให้ตกตะกอนแล้วนำมากรอง ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลจนครบ 25 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้มา 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2.9 มิลลิลิตร เอทานอล 1.5 มิลลิลิตร และ $AlCl_3$ เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของเควอซิติน ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างแกน x คือความเข้มข้นของสารมาตรฐานเคอร์ซิติน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ แกน y คือค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($y = 0.0091x + 0.1476$, $r^2 = 0.9987$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารฟลาโวนอยด์เป็น มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง (mgQE/g DW)

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิก

การวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิก ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Li (2014) โดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วนตัวอย่างละ 5.0 กรัม สกัดด้วยเมทานอล 50 มิลลิลิตร ปรับ pH เท่ากับ 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มใน shaking bath (Heto SBD 50, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที นำสารสกัดที่ได้มากรองผ่าน syringe filter 0.45 ไมโครเมตร และนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิกด้วยเครื่อง HPLC-DAD (high performance liquid chromatography with diode-array detector) (Agilent LC1100, USA) โดยใช้คอลัมน์ชนิด ACEc18 (150x4.6 มิลลิเมตร, 5.0 ไมโครเมตร) เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยเมทานอลและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 30:70 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่มีกรดแอซีติกเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตร/นาที ตรวจวัดสัญญาณของกรดเฟอรูลิกที่ความยาวคลื่น 320 นาโนเมตร นำพื้นที่ใต้กราฟของสารสกัดตัวอย่างข้าวสาลีมาคำนวณหาปริมาณกรดเฟอรูลิกเทียบกับสารมาตรฐานกรดเฟอรูลิกในช่วงความเข้มข้น 1-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รายงานปริมาณกรดเฟอรูลิกในตัวอย่างข้าวสาลี ในหน่วย มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

เตรียมสารสกัดข้าวสาลีโดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วนที่แยกได้และบดละเอียดแล้วหนัก 3.0 กรัม เติมเมทานอล 50 มิลลิลิตร บ่มตัวอย่างไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

3 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไประเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Buchi R-3, Switzerland) ละลายสารสกัดหยาบที่ได้ด้วยเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (DPPH) และ วิธี ABTS radical scavenging assay (ABTS)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Singh *et al.* (2002) โดยปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้ 0.3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่าง (As) มาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของเมทานอลที่เป็นหลอดควบคุม (Ac) โดยรายงานผลเป็นค่าของร้อยละการยับยั้ง คำนวณได้จากสมการ % Inhibition = [(Ac-As)/Ac] × 100

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงมาจากวิธีของ Thaipong *et al.* (2006) โดยนำสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้ 0.3 มิลลิลิตร เติมเมทานอล 5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้มา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ เข้มข้น 7.0 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่าง (As) มาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของเมทานอลที่เป็นหลอดควบคุม (Ac) โดยรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เป็นค่าของร้อยละการยับยั้ง คำนวณเช่นเดียวกันกับการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ข้าวสาลีมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU10 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.86±0.06 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง และในส่วนของเนื้อแป้งพบว่าข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU1 และ MJU3 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.63±0.05 และ 1.62±0.04 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Adom *et al.* (2005) ที่พบว่าในข้าวสาลีทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีปริมาณฟีนอลิกรวมในส่วนของรำ/จมูกข้าวสาลีมากกว่าในส่วนของเนื้อเมล็ด และจากการศึกษาของ Ivanišova *et al.* (2012) รายงานว่าในส่วนของรำหยาบและรำละเอียดของธัญพืชทุก ชนิดที่

ได้นำมาทดสอบมีปริมาณของฟีนอลิกรวมสูงกว่าในส่วนของข้าวที่บดเป็นแป้งหยาบและแป้งละเอียด

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

ผลการศึกษาพบว่าส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด คือมีค่า 0.65±0.00 และ 0.65±0.01 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU4 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.36±0.02 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง และในส่วนของเนื้อแป้งพบว่าข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU1 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด คือมีค่า 0.38±0.00 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนสายพันธุ์ MJU8 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด คือ 0.11±0.00 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิตินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยสายพันธุ์ข้าวสาลีมีผลต่อปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่ง Goufo and Trindade (2014) พบว่าบริเวณรำข้าวส่วนใหญ่จะมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือ myricetin luteolin kaempferol และ apigenin จากสมบัติดังกล่าวจึงทำให้ข้าวสี (ไม่ขัดสี) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ROS (Reactive Oxygen Species) สูงมาก

Table 1 Total phenolic compound and flavonoid content in rice germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties

Wheat varieties	Total phenolic content (mgGAE/g DW)		Flavonoid content (mgQE/g DW)	
	Rice germ mixed with bran	Flour	Rice germ mixed with bran	Flour
MJU1	2.51 ± 0.03^{d}	1.63 ± 0.05^{a}	0.46 ± 0.00^{de}	0.38 ± 0.00^{a}
MJU2	2.79 ± 0.04^{b}	1.17 ± 0.02^{d}	0.65 ± 0.00^{a}	0.26 ± 0.00^{e}
MJU3	2.23 ± 0.02^{f}	1.62 ± 0.04^{a}	0.49 ± 0.00^{c}	0.35 ± 0.00^{b}
MJU4	2.36 ± 0.05^{e}	1.03 ± 0.04^{e}	0.36 ± 0.02^{f}	0.34 ± 0.00^{c}
MJU5	2.70 ± 0.03^{c}	0.97 ± 0.04^{f}	0.46 ± 0.00^{e}	0.12 ± 0.00^{f}
MJU6	2.22 ± 0.04^{f}	1.48 ± 0.04^{b}	0.51 ± 0.00^{b}	0.26 ± 0.00^{e}
MJU8	2.79 ± 0.03^{b}	1.49 ± 0.03^{b}	0.65 ± 0.01^{a}	0.11 ± 0.00^{g}
MJU10	2.86 ± 0.06^{a}	1.27 ± 0.03^{c}	0.47 ± 0.00^{d}	0.28 ± 0.00^{d}

Values are means of three replications ± standard error

Values in the same column with the different letters are significantly different at $P<0.05$

ปริมาณกรดเฟอรูลิกในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิกด้วยเครื่อง HPLC พบว่าสารมาตรฐานกรดเฟอรูลิกมีค่า retention time (RT) เท่ากับ 3.98 นาที ดังแสดงใน Figure 2 โดยกรดเฟอรูลิกในข้าวสาลีส่วนใหญ่แล้วพบมากในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าในส่วนของเนื้อแป้ง โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมีปริมาณกรดเฟอรูลิกอยู่ในช่วง 91.20-478.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในส่วนของเนื้อแป้งมีปริมาณกรดเฟอรูลิกอยู่ในช่วง 83.03-237.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 2) กรดเฟอรูลิกในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำพบมากสุดในสายพันธุ์ MJU10 มีค่าเท่ากับ 478.40±2.58 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในส่วนของเนื้อแป้งพบมากสุดในสายพันธุ์ MJU1 มีค่าเท่ากับ 237.38±1.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Adom *et al.* (2005) ที่พบว่าข้าวสาลีทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีปริมาณกรดเฟอรูลิกในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าในส่วนของเนื้อแป้ง ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวสาลีมีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ซึ่งสารฟีนอลิกชนิดที่พบมากสุดในผนังเซลล์ของธัญพืชทั่วไป คือ กรดเฟอรูลิก คิดเป็นร้อยละ 90 ของสารพอลีฟีนอลทั้งหมดในข้าวสาลี จึงทำให้ข้าวสาลีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงมาก (Boz, 2015) จากผลการศึกษาปริมาณกรดเฟอรูลิกในข้าวสาลีสายพันธุ์ต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ พบว่ามีปริมาณน้อยกว่าการศึกษาของ Boz (2015) ที่รายงานว่าข้าวสาลีมีกรดเฟอรูลิกอยู่ประมาณ 0.8–2 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากกรดเฟอรูลิกซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวสาลีเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างสารกลุ่มนี้ในพืช เช่น แสง รังสีอัลตราไวโอเลต ความแห้งแล้ง อุณหภูมิ ความเครียด สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และการขาดธาตุอาหาร เป็นต้น (Ali, 2014)

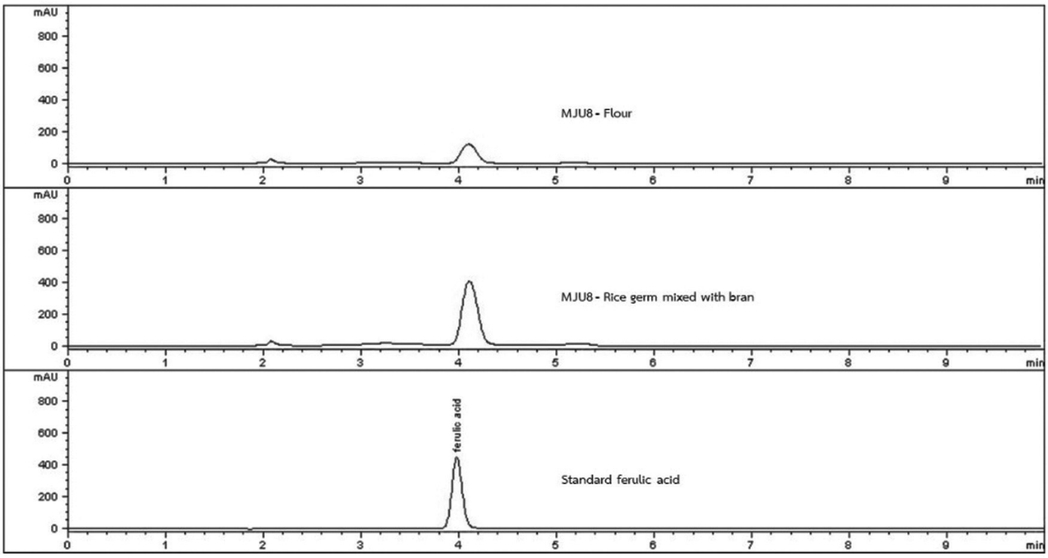


Figure 2 Chromatograms of standard ferulic acid and ferulic acid in MJU8 varieties

Table 2 Ferulic acid content in rice germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties

Wheat varieties	Ferulic acid content (mg/kg)	
	Rice germ mixed with bran	Flour
MJU1	230.87±1.85^{d}	237.38±1.05^{a}
MJU2	270.93±1.04^{c}	110.55±0.13^{f}
MJU3	91.20±0.75^{f}	83.03±0.63^{h}
MJU4	113.62±0.32^{e}	106.77±0.31^{g}
MJU5	93.07±0.39^{f}	190.80±0.88^{b}
MJU6	114.47±0.75^{e}	117.88±1.56^{e}
MJU8	451.45±2.43^{b}	139.68±1.11^{c}
MJU10	478.40±2.58^{a}	128.33±1.76^{d}

Values are means of three replications ± standard error

Values in the same column with the different letters are significantly different at $P<0.05$

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลีในทุก ๆ สายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำของสายพันธุ์ MJU3 และ MJU2 ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงสุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 87.05±0.17 และ 85.69±0.55 ตามลำดับ ขณะที่ส่วนของเนื้อแป้งข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 71.83±0.25 และ 71.72±0.22 ตามลำดับ (Table 3)

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่ามีผลแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และให้ผลที่สอดคล้องกับวิธี DPPH คือ ส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลีในทุก ๆ สายพันธุ์ โดยที่สายพันธุ์ MJU2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงที่สุดทั้งในส่วนของจมูกข้าวผสมรำและส่วนของเนื้อแป้ง คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 46.55±0.39 และ 15.88±0.19 ตามลำดับ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับ Adom *et al.* (2005) ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวสาลีจำนวน 3 สายพันธุ์ และพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีมากในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าในส่วนของเนื้อแป้งถึง 28-89 เท่า เช่นเดียวกับ Ivanišova *et al.* (2012) ที่ทำการบดโม่ข้าวสาลี บาร์เล่ย์ ข้าวโอ๊ต สเปลท์ ข้าวไรย์ และทริทิเคลี โดยพบว่าส่วนของรำหยาบและรำละเอียดของธัญพืชทั้ง 5 ชนิดนี้ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในส่วนแป้งหยาบ ๆ และแป้งละเอียด ทำนองเดียวกับ ธรรณพ (2553) ที่พบว่าส่วนของรำข้าวมีปริมาณสารต้าน

อนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนของข้าวกล้องและข้าวขาว ถึง 7 และ 62 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระในพืชทั่ว ๆ ไป มีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว สายพันธุ์ และสภาพภูมิอากาศ (Gao *et al*., 2011)

Table 3 DPPH and ABTS radical scavenging activities in rice germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties

Wheat varieties	DPPH activity (% inhibition)		ABTS activity (% inhibition)	
	Rice germ mixed with bran	Flour	Rice germ mixed with bran	Flour
MJU1	85.11±0.22^{bc}	56.76±0.21^{e}	42.57±0.65^{b}	8.18±0.08^{e}
MJU2	85.69±0.55^{ab}	71.83±0.25^{a}	46.55±0.39^{a}	15.88±0.19^{a}
MJU3	87.05±0.17^{a}	54.39±0.35^{f}	35.00±0.59^{c}	10.09±0.14^{b}
MJU4	67.5±0.50^{g}	60.47±0.35^{c}	29.56±0.38^{e}	8.98±0.13^{d}
MJU5	70.46±0.35^{f}	58.54±0.40^{d}	21.70±0.11^{g}	6.60±0.00^{g}
MJU6	81.93±0.07^{d}	51.68±0.23^{g}	32.21±0.26^{d}	3.68±0.10^{h}
MJU8	83.96±2.08^{c}	71.72±0.22^{a}	22.36±0.06^{f}	7.84±0.11^{f}
MJU10	78.87±0.40^{e}	65.68±0.16^{b}	21.56±0.23^{g}	9.33±0.50^{c}

Values are means of three replications ± standard error

Values in the same column with the different letters are significantly different at $P<0.05$

สรุปผลการวิจัย

สายพันธุ์ข้าวสาลีมีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนของจมูกข้าวผสมรำข้าว มีมากกว่าส่วนของเนื้อแป้งในข้าวสาลีทุก ๆ สายพันธุ์ ซึ่งส่วนของจมูกข้าวผสมรำพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและกรดเฟอรูลิกมากสุดในสายพันธุ์ MJU10 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 ขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 และ MJU3 ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มีมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 สำหรับส่วนของเนื้อแป้งพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากสุดในสายพันธุ์ MJU1 และ MJU3 ส่วนปริมาณสารฟลาโวนอยด์และกรดเฟอรูลิกพบมากสุดในสายพันธุ์ MJU1 ขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบมากสุดในสายพันธุ์ MJU2

ดังนั้นหากต้องการนำข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้ที่มีสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมากไปใช้สำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ควรเลือกใช้ข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 MJU3 MJU8 และ MJU10 ในส่วนของจมูกข้าวผสมรำ ในขณะที่

ควรใช้ข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU1 MJU2 MJU3 และ MJU8 ในส่วนเนื้อแป้ง ดังนั้นข้าวสาลีที่ปรับปรุงพันธุ์โดยสาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คือ MJU1 MJU2 MJU3 จึงเป็นสายพันธุ์ที่ควรได้รับการพิจารณาตัดสินใจสำหรับนำไปใช้ประโยชน์หรือปรับปรุงพันธุ์ต่อ เพื่อให้ได้ข้าวสาลีที่มีสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูง เมื่อเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกบริโภค และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้ได้ ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพหรือเครื่องสำอางเชิงพาณิชย์ และต่อยอดผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้สู่ระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศและต่างประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2562 ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพรและสาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์ ตลอดจนเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ธรรณพ เหล่ากุลดิลก. 2553. องค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ และเสถียรภาพระหว่างการเก็บรักษาของรำจากข้าวสี และการประยุกต์ใช้รำจากข้าวสีในขนมปัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พลังเกษตร. 2562. ข้าวสาลีปลูกในไทยได้ดี ตลาดโตต่อเนื่อง ตอบโจทย์ตลาดเทรนด์คนรักสุขภาพ. แหล่งข้อมูล https://www.palangkaset.com/ข้าวเศรษฐกิจ/ข้าวสาลี-2/ (25 กันยายน 2561).

วัลลภ วีชะรังสรรค์ และปราณีต โอปณะโสภิต. 2547. ภาพรวมของอนุมูลอิสระและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูล อิสระในสารสกัดจากพืชในหลอดทดลอง. วารสารศรีนครินทรวิโรฒเภสัชสาร 9(1): 73-80.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2542. ข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดสินค้าเกษตรที่สำคัญ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุธีรา มูลศรี นงนุช ประดิษฐ์ พจน์ วัจนะภูมิ นิทัศน์ สิทธิวงศ์ ศิวะพงศ์ นฤบาล ไพโรจน์ โชตินิสากรณ์ กาญจนา พิบูลย์ และสาธิต ปิ่นมณี. 2554. ข้าวสาลีสายพันธุ์ดีเด่น. สัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง. 14-16 กุมภาพันธ์. โรงแรมนครแพร่ทาวเวอร์, แพร่. น. 380-387.

Adom, K.K., M.E. Sorrells and R.H. Liu. 2005. Phytochemicals and Antioxidant Activity of Milled Fractions of Different Wheat Varieties. J. Agric. Food Chem. 53(6): 2297-2306.

Ali, M.B. 2014. Secondary metabolites and environmental stress in plants: biosynthesis, regulation, and function. pp. 55-85. *In:* P. Ahmad and R.M. Wani (eds.). Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants under Changing Environment. Springer, New York.

Boz, H. 2015. Ferulic acid in cereals – a review. Czech J. Food Sci. 33: 1-7.

Chawla, A.S., M. Singh, M.S. Murthy, M.P. Gupta and H. Singh. 1987. Anti-inflammatory action of ferulic acid and its esters in carrageenan-induced rat paw edema model. Indian J. Exp. Biol. 25: 187-189.

Gao, C.Y., Y.H. Lu, C.R. Tian, J.C. Xu, X.P. Guo, R. Zhou and G. Hao. 2011. Main nutrients, phenolics, antioxidant activity, DNA damage protective effect and microstructure of *Sphallerocarpus gracilis* root at different harvest time. Food Chem. 127(2): 615-622.

Ghasemzadeh, A., H.Z.E. Jaafar and A. Rahmat. 2010. Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officianle* Roscoe). Molecules. 15: 4324-4333.

Goufo P. and H. Trindade. 2014. Rice antioxidants phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, c-oryzanol, and phytic acid. Food Sci. Nutr. 2(2): 75-104.

Graf, E. 1992. Antioxidant potential of ferulic acid. Free Radic. Biol. Med. 13: 435-448.

Huang, M.T., R.C. Smart, C. Q. Wong and A.H. Conney. 1988. Inhibitory effect of curcumin, chlorogenic acid, caffeic acid, and ferulic acid on tumor promotion in mouse skin by 12-Otetradecanoylphorbol-13-acetate. Cancer Res. 48: 5941-5946.

Ivanišova, E., M. Ondrejovič and S. Šilhár. 2012. Antioxidant activity of milling fractions of selected cereals. Nova Biotechnol. et Chim. 11(1): 45-56.

Kamal-Eldin, A., J. Frank, A. Razdan, S. Tengblad, S. Basu and B. Vessby. 2000. Effects of dietary phenolic compounds on tocopherol, cholesterol, and fatty acids in rats. Lipids. 35: 427-435.

Li, Y. 2014. Determination of ferulic acid content in Cyperus rotundus by HPLC. J. Chem. Pharm. Res. 6(3): 1496-1500.

Mcdonald, S., P.D. Prenzler, M. Antolovich and K. Robards. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chem. 73: 73-84.

Namjooyan, F., M.E. Azmi and V.R. Rahmanian. 2010. Investigation of antioxidant activity and total phenolic content of various fractions of aerial parts of *Pimpinella Barbata* (DC.) Boiss. Jundishapur J. Nat. Pharm. Prod. 5(1): 1-5.

Neut, C., F. Guillemot and J. F. Colombel. 1997. Nitrate-reducing bacteria in diversion colitis: A clue to inflammation? Dig. Dis. Sci. 42: 2577-2580.

Ohta, T., T. Nakano, Y. Egashira and H. Sanada. 1997. Antioxidant activity of ferulic acid â-glucuronide in the LDL oxidation system. Biosci. Biotechnol. Biochem. 61: 1942-1943.

Patil, N.B., A.B. Adsul, E. Khatiwora, A.A. Kale, A.P. Tambe and N.R. Deshpande. 2012. Spectroscopic determination of total phenolic and flavonoid contents of Tribulus terrestric fruits. Int. J. Chemtech Res. 4(3): 899-902.

Pham-Huy, L.A., H. He and D. Pham-Huy. 2008. Free radicals, antioxidants in disease and heath. Int. J. Biomed. Sci. 4(2): 89-96.

Rasper, V.F. 1991. Quality ebaluation of cereals and cereal products. pp. 595-638. In: K.J. Lorenz and K. Kulp (eds.). Handbook of Cereal Science and Technology. Maecel Dekker, Inc., New York.

Singh, R.P., K.N. Chidambara and G.K. Jayaprakasha. 2002. Studies on the activity of pomegranate (*Punica granatum)* peel and seed extracts using in vitro models. J. Agric. Food Chem. 50(1): 81-86.

Smith, M.M. and R.D. Hartley. 1983. Occurrence and nuture of ferulic acid substitution of cell wall polysaccharides in gramineous plants. Carbohydr. Res. 118: 65-80.

Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2006. Comparison of ABTA, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. J. Food Compos. Anal. 19: 669-675.

Uchida, M., S. Nakajin, S. Toyoshima and M. Shinoda. 1996. Antioxidative effect of sesamol and related compounds on lipid peroxididation. Biol. Pharm. Bull. 19: 623-626.

Wang, B.H. and J.P. Jing-Ping. 2005. Pharmacological actions of sodium ferulate in ardiovascular system. Cardiovasc. Drug Rev. 23(2): 161-172.

การเปรียบเทียบวิธีการสกัดและอัตราส่วนของสารสกัดที่แตกต่างกันต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ในกระชายดำ

Comparison of Different Extraction Methods and Solvent Ratios on Yield, Content of Total Phenolic and Flavonoid in *Kaempferia parviflora* Wallich. ex Baker

นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์[1*] ภาวิณี อารีศรีสม[1] กอบลาภ อารีศรีสม[1] วิกานดา ใหม่เฟย[2] วรภัสสรณ์ คงธนจารุอนันต์[3] และ ศักดิ์ชัย เสถียรพีระกุล[4]

Narin Taokaenchan[1*] Pawinee Areseesom[1] Koblab Aresesom[1] Vikanda Maifaey[2] Raphassorn Kongtanajaruanun[3] and Sakchai Sateinperakul[4]

[1] สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Division of Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, ChiangMai 50290

[2] สาขาการจัดการชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

[2] Division of Community Management, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140

[3] สาขาวิชาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[3] Division of Economics, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai 50290

[4] สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[4] Division of Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, ChiangMai 50290

[*] Corresponding author: narin_t15@hotmail.com

(Received: 30 September, 2021; Revised: 7 December, 2021; Accepted: 28 January, 2022)

Abstract

This research compared the different extraction methods (maceration, sonication, and microwave) with the ratio of ethanol and water (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, and 0:100) on yield of extraction, contents of total phenolic, and flavonoid in *Kaempferia parviflora* Wallich. ex Baker. The results showed that the yield of extraction, total phenolic compound, and flavonoid contents in *Kaempferia parviflora* Wallich. ex Baker had a significantly difference (P<0.05) on different extraction methods with the ratios of ethanol and water. The maximum yield (12.23±1.03 %) of the crude extract was observed at the maceration method with an ethanol to water ratio of 60:40 while the maximum total phenolic compound and flavonoid content were obtained by the microwave extraction method. The highest total phenolic compound (65.60±4.62 µgGAE/ mg extract) was obtained when extracted with ethanol to water ratio of 60:40. Furthermore, using ethanol to water ratio of 100:0 yielded the highest flavonoid content with 93.43±9.78 µgQE/ mg extract.

Keywords: Phenolic, flavonoid, extraction, microwave

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน (การแช่หมัก อัลตราโซนิค และไมโครเวฟ) ด้วยอัตราส่วนของเอทานอลต่อน้ำ (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100) ต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ สารประกอบฟีนอลิกรวม และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในกระชายดำ ผลศึกษาพบว่าน้ำหนักสารสกัดหยาบ สารประกอบฟีนอลิกรวม และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในกระชายดำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ต่อวิธีการสกัดด้วยอัตราส่วนของเอทานอลต่อน้ำต่างกัน โดยน้ำหนักสารสกัดหยาบมีปริมาณมากที่สุด (12.23±1.03%) เมื่อทำการสกัดด้วยวิธีการแช่หมัก และใช้เอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน (60:40) ในขณะที่สารประกอบฟีนอลิกรวม และสารฟลาโวนอยด์มีปริมาณมากที่สุดเมื่อทำการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าสูงที่สุด (65.60±4.62 มคก.สมมูลของกรดแกลลิกต่อ มก.สารสกัดหยาบ) เมื่อสกัดด้วยเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 60:40 นอกจากนี้เมื่อใช้เอทานอลและน้ำที่อัตราส่วน 100:0 จะสกัดสารฟลาโวนอยด์สูงที่สุด เท่ากับ 93.43±9.78 มคก.สมมูลของเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มก.

คำสำคัญ: ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ การสกัด ไมโครเวฟ

คำนำ

กระชายดำ (*Kaempferia parviflora* Wallich. ex Baker) เป็นพืชในตระกูล Zingiberaceae เช่นเดียวกับขิง ข่า และขมิ้น มีถิ่นกำเนิดในประเทศเขตร้อนชื้น และในประเทศไทย เป็นพืชล้มลุกมีลำต้นอยู่ใต้ดิน (rhizome) ที่เรียกกันทั่วไปว่าหัวหรือเหง้า โดยเหง้าหรือหัวมีสีเข้มแตกต่างกัน ตั้งแต่สีม่วงจาง ม่วงเข้มและดำสนิท กระชายดำมีใบขนาดใหญ่ และมีสีเขียวเข้มกว่ากระชายทั่วไป ขนาดใบกว้างประมาณ 7-15 เซนติเมตร ยาว 30-35 เซนติเมตร ลำต้นมีความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร (Eungpinichpong *et al.*, 2018) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในเหง้ากระชายดำ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ 5,7-dimethoxyflavone และ 5,7,4-trimethoxyflavone (Sutthanut *et al.*, 2007) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้

ยังพบสารกลุ่มฟีนอลิกด้วยเช่นกัน (Chivapat *et al.*, 2004) เหง้ากระชายดำนั้นมีสรรพคุณ และคุณสมบัติทางด้านเภสัชวิทยามากมาย ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอักเสบ ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านมะเร็ง และมีสรรพคุณด้านบำรุงกำลัง (Saokaew *et al.,* 2017) เป็นต้น

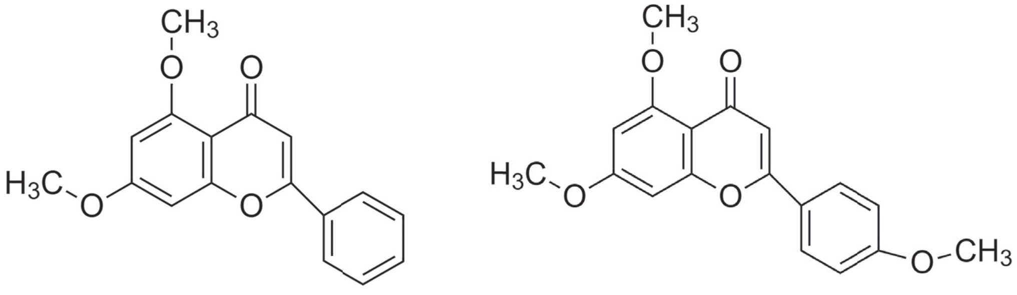

5,7-dimethoxyflavone
5,7,4-trimethoxyflavone

Figure 1 Structure of flavonoid compounds in *Kaempferia parviflora* Wallich. ex Baker

การสกัดเป็นกระบวนการที่สำคัญอันดับแรกในการแยกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพออกจากพืชสมุนไพร ในปัจจุบันมีวิธีการสกัดที่นำมาใช้เพื่อทำการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอยู่หลายวิธี เช่น การสกัดแบบแช่หมัก การสกัดแบบซอกเลท ซึ่งเป็นกระบวนการสกัดที่ถูกใช้มานานแล้ว ข้อเสียของวิธีการดังกล่าวคือ ใช้สารเคมีที่ค่อนข้างมาก และใช้ระยะเวลาในการสกัดที่นาน (Masota *et al.,* 2020) จึงทำให้ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้มีวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การสกัดด้วยเทคนิคไมโครเวฟ อัลตราโซนิค หรือการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด (supercritical fluid CO_2 extraction) (Liu *et al.,* 2016) เป็นต้น แต่วิธีการสกัดด้วย supercritical fluid CO_2 เป็นวิธีการที่ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาแพง และต้องอาศัยนักวิจัยผู้ที่มีความชำนาญในการทำการสกัด จึงทำให้วิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ และอัลตราโซนิคถูกนำมาใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชสมุนไพรมากกว่า (Baghdikian *et al.,* 2016; Vinatoru *et al.,* 2017; Siramon *et al.,* 2020) ปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร ได้แก่ เวลาในการสกัด อุณหภูมิ ตัวทำละลาย อัตราส่วนของแข็งต่อตัวทำละลาย ทั้งหมดล้วนอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการสกัด (Zhang *et al.,* 2018) และในปัจจุบันนี้การทำงานที่ช่วยประหยัดเวลา ลดค่าใช้จ่าย ที่เรียกว่าการสกัดแบบสีเขียว (green extraction) และไม่ยุ่งยากซับซ้อน ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่นำมาคิดทบทวนพร้อมกับประสิทธิภาพในการสกัดพร้อมกันไปด้วย ถึงแม้การศึกษาและวิจัยในเรื่องของกระบวนการสกัดสารสำคัญในกระชายดำมีมาอย่างต่อเนื่องเช่น Wongsrikaew *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาการสกัดสาร polymethoxyflvonne ในกระชายดำด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด หรือ Sudwan *et al.* (2006) ทำการสกัดสารสกัดหยาบด้วยเครื่องสกัดซอกเลต (Soxhlet extraction) เป็นต้น แต่ในการศึกษาถึงกระบวนการสกัด โดยใช้เครื่อง

มือมีราคาไม่แพง ไม่ยุ่งยากซับซ้อน รวมทั้งใช้สารละลายในการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และนอกจากนี้สามารถนำไปต่อยอดหรือประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม อาหาร เครื่องดื่ม ยา และเครื่องสำอาง ควรยังคงต้องมีการศึกษา และพัฒนาต่อไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลของวิธีการสกัด (แช่หมัก อัลตราโซนิค และไมโครเวฟ) และตัวทำละลายที่แตกต่างกัน (อัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำ) ต่อปริมาณน้ำหนักสารสกัดหยาบ สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในเหง้ากระชายดำ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชสมุนไพรดังกล่าว และเพื่อสามารถผลิตสารสกัดจากกระชายดำอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อนำไปต่อยอดในการผลิตเป็น ยา เครื่องสำอาง หรืออาหารเสริมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างกระชายดำ

นำตัวอย่างกระชายดำจากท้องตลาดที่มีช่วงอายุ 10-12 เดือน ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ นำมาทำการล้าง และทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หลังจากนั้นนำไปอบจนแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (UN30, Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 บดเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่น และร่อนผ่านตะแกรงกรองขนาด 40 เมซ เก็บผงตัวอย่างไว้ในภาชนะปิดสนิท รอทำการทดลองในขั้นต่อไป

การสกัดตัวอย่างกระชายดำ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษา เปรียบเทียบผลของวิธีการสกัด ได้แก่ การแช่หมัก อัลตราโซนิค และไมโครเวฟ และอัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำที่แตกต่างกัน (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 (v/v)) เพื่อใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกระชายดำ

การสกัดด้วยวิธีแช่หมัก

ชั่งผงตัวอย่างกระชายดำ 5.0 กรัม ลงในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท เติมสารสกัดเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนเท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการสกัดในเอทานอลต่อน้ำในแต่ละอัตราส่วน 3 ซ้ำ นำสารละลายที่สกัดได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำไประเหยจนแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator (Rotavap R-3, Buchi, Switzerland) บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ เก็บสารสกัดหยาบที่สกัดได้ในภาชนะปิดสนิททึบแสง ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิกต่อไป

การสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิค

สกัดผงกระชายดำด้วยวิธีอัลตราโซนิค (Prommajak *et al.,* 2014) โดยชั่งผงตัวอย่างกระชายดำ 5.0 กรัม เติมสารสกัดเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนเท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิค (Sonica 2200 S3, Soltec, Italy) ที่ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) เป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำผงกระชายดำเดิมเติมสารละลายเอทานอลลงไปในปริมาตรเท่าเดิม สกัดซ้ำแบบเดิมอีกสองรอบ โดยใช้เอทานอลต่อน้ำแต่ละอัตราส่วน 3 ซ้ำ นำสารละลายที่สกัดได้ไประเหยจนแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator

(Rotavap R-3, Buchi, Switzerland) บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ เก็บสารสกัดหยาบที่สกัดได้ในภาชนะปิดสนิททึบแสง ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิกต่อไป

การสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ

สกัดผงกระชายดำด้วยวิธีไมโครเวฟ (กาญจนาและคณะ, 2560) ชั่งผงตัวอย่างกระชายดำ 5.0 กรัม เติมสารสกัดเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนเท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำการสกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟ (ME81KS-1, Samsung, Korea) โดยใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 4 นาที และที่คลื่นความถี่เท่ากับ 450 วัตต์ ทำการสกัดด้วยเอทานอลต่อน้ำแต่ละอัตราส่วน 3 ซ้ำ กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่สกัดได้ไประเหยจนแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator (Rotavap R-3, Buchi, Switzerland) บันทึกน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ เก็บสารสกัดหยาบที่สกัดได้ในภาชนะปิดสนิททึบแสง ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิกต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (TPC) ด้วย Folin-ciocalteu's reagent (Rabeta and Vithyia, 2013; Ueda *et al.,* 2019) โดยเตรียมตัวอย่างสารสกัดหยาบจากกระชายดำที่ได้ทำการสกัดในแต่ละวิธีให้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วย dimethyl sulfoxide (DMSO) หลังจากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้มา 0.3 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-ciocaltue ความเข้มข้น 1:10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที นำสารตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างแกน X คือความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และแกน Y คือค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 8.6616X - 0.0029$, $R^2 = 0.9950$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในหน่วย ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม (microgram gallic acid equivalent per milligram extract weight µgGAE/ mg extract)

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (TFC) โดยใช้วิธี Aluminium Chloride Colorimetric (Chang *et al.,* 2006) มีกระบวนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ เตรียมตัวอย่างสารสกัดจากกระชายดำที่สกัดได้ในแต่ละวิธีให้มีความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วเจือจางให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วย dimethyl sulfoxide (DMSO) ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้อย่างละ 250 ไมโครลิตร นำไปผสมกับน้ำกลั่น 1.25 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไนเตรทเข้มข้นร้อยละ 5 ที่ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที หลังจากนั้น

จึงเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที หลังจากครบเวลาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 275 ไมโครลิตร นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Genesys 10S, Thermo Scientific, USA) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบหาปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของเคอร์ซิตินที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างแกน X คือความเข้มข้นของสารมาตรฐานเคอร์ซิติน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และแกน Y คือค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.6634X - 0.0179, R^2 = 0.9950$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ในหน่วยไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม (microgram quercetin equivalent per milligram extract weight, µgQE/ mg extract)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดสอบทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan’s new multi range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0

ผลการวิจัยและวิจารณ์

น้ำหนักสารสกัดหยาบในกระชายดำต่อวิธีการสกัดที่อัตราส่วนของสารสกัดที่ต่างกัน

เมื่อนำกระชายดำไปทำการสกัดด้วยวิธีการแช่หมัก อัลตราโซนิค และไมโครเวฟ ด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนแตกต่างกันตามวิธีการทดลองข้างต้น จากผลการทดลองที่ได้พบว่า น้ำหนักสารสกัดหยาบที่สกัดได้มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 5-12 (Table 1) โดยกรรมวิธีการสกัดแบบแช่หมักได้น้ำหนักสารสกัดหยาบอยู่ในช่วงร้อยละ 5-12 เมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 60:40 จะทำการสกัดได้น้ำหนักมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 12.23±1.03 สำหรับการสกัดแบบอัลตราโซนิคนั้น ได้น้ำหนักสารสกัดหยาบอยู่ในช่วงร้อยละ 6-11 และน้ำหนักสารสกัดหยาบมากที่สุดเมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 60:40 และ 40:60 (ร้อยละ 10.62±0.47 และ 10.67±0.86 ตามลำดับ) ในขณะที่การสกัดด้วยไมโครเวฟพบว่า มีน้ำหนักสกัดหยาบอยู่ในช่วงร้อยละ 5-11 เมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 60:40 และ 40:60 จะทำให้สามารถสกัดได้น้ำหนักมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 10.95±0.67 และ 11.01±0.28 ตามลำดับ

นำข้อมูลของน้ำหนักสารสกัดหยาบทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ต่อวิธีการสกัด และอัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อน้ำ โดยพบว่าเมื่อทำการสกัดด้วยวิธีแช่หมัก และสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนเท่ากับร้อยละ 60 จะทำให้สามารถสกัดได้น้ำหนักสารสกัดหยาบมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 12.23±1.03 ผลการทดลองที่ได้มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Hikmawanti *et al.* (2021) ที่พบว่าเมื่อใช้สารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 สามารถสกัดสารสกัดหยาบได้มากกว่า เอทานอลที่ความเข้มข้นอื่น ๆ (70 และ 96 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารละลายผสมของเอทานอลที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบมีความเป็นขั้วมากกว่าสารละลายที่เป็นเอทานอลเพียง

อย่างเดียว จึงทำให้สามารถสกัดสารกลุ่มโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่พบในกระชายดำ ส่งผลให้สามารถสกัดสารสกัดหยาบได้น้ำหนักที่มาก (Do *et al.,* 2014)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในกระชายดำต่อกระบวนการสกัดและอัตราส่วนของสารสกัดที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของกระชายดำที่ผ่านกระบวนการสกัดที่อัตราส่วนของสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่ต่างกัน (Table 1) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีค่าอยู่ในช่วงเท่ากับ 29-66 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนร้อยละ 60 จะทำให้สามารถสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุดเท่ากับ 65.60±4.62 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม

เมื่อทำการพิจารณาถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในแต่ละวิธีการสกัด พบว่าการสกัดด้วยวิธีแช่หมัก การสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิค และการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ ได้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุดเท่ากับ 48.75±2.62 59.18±2.91 และ 65.60±4.62 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อใช้สารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนเท่ากับ 60:40 และจากผลการทดลองที่ได้พบว่า ทั้งสามวิธีมีแนวโน้มที่สอดคล้องกันคือ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของปริมาณน้ำจนถึงร้อยละ 40 จะทำให้มีประสิทธิภาพในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกได้ดีที่สุด (Figure 2)

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในกระบวนการสกัดสารสำคัญในพืช และพืชสมุนไพรมีหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ชนิดของสารสกัด ความมีขั้วของสารสกัด และวิธีการสกัด เป็นต้น (Dent *et al.,* 2013) การสกัดแบบแช่หมัก ถือเป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม โดยวิธีการดังกล่าวนี้ จะอาศัยคุณสมบัติของตัวทำละลาย และอาจจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงในขณะทำการสกัด เพื่อช่วยทำให้การสกัดมีประสิทธิภาพที่ดี จึงมีโอกาสที่สารสำคัญหลายชนิดเกิดการสูญเสียในขณะที่ทำการสกัด นอกจากนี้แล้วยังใช้ระยะเวลาในการสกัดที่ค่อนข้างนาน (Mandal *et al.,* 2007) จากการทดลองในการวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าการสกัดแบบแช่หมักใช้เวลาในการสกัด 7 วันต่อหนึ่งตัวอย่าง และจากผลการทดลองที่ได้พบว่า ประสิทธิภาพในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิก มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับสองวิธีที่ได้ทำการทดลอง คือ อัลตราโซนิค และวิธีไมโครเวฟ จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า เมื่อทำการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ จะทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดสารฟีนอลิกรวม และสารฟลาโวนอยด์มีปริมาณมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสกัดด้วยไมโครเวฟ เป็นวิธีการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งใช้พลังงานไมโครเวฟเพื่อผลิตความร้อน และส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟไปยังเซลล์พืชทำให้โมเลกุลของน้ำ หรือความชื้นที่มีอยู่ในเซลล์พืชเกิดการสั่นสะเทือน เกิดแรงดันขึ้นภายในเซลล์ทำให้เซลล์แตก และทำให้ปล่อยสารฤทธิ์ทางชีวภาพที่อยู่ภายในเซลล์ออกมาผสมกับตัวทำละลายที่ใช้สกัด ข้อดีของวิธีนี้คือ ใช้เวลาในการสกัดสั้น ไม่เปลืองตัวทำละลาย และระยะเวลาในการสัมผัสกับความร้อนที่สั้น (Rosa *et al.,* 2019) ซึ่งการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ

Table 1 Yield of crude extraction, total phenolic compound and flavonoid content in *Kaempferia parviflora Wallich*. ex Baker from different of extraction method and solvent ratio

No.	Extraction methods with ethanol/water ratios (v/v)	Extraction time/sample	Yield of crude extraction (%)	Total phenolic compound (μgGAE/ mg extract)	Flavonoid content (μgQE/ mg extract)
1	maceration–100:0	7 days	6.57 ± 0.13^{ef}	29.20 ± 2.38^{j}	45.69 ± 4.15^{d}
2	maceration–80:20		10.07 ± 0.30^{bc}	50.98 ± 3.36^{de}	47.60 ± 5.05^{d}
3	maceration–60:40		12.23 ± 1.03^{a}	48.75 ± 2.62^{def}	26.80 ± 1.82^{fg}
4	maceration–40:60		10.67 ± 0.86^{b}	41.52 ± 2.86^{ghi}	17.25 ± 1.84^{hi}
5	maceration–20:80		7.59 ± 0.62^{de}	36.36 ± 1.86^{i}	17.65 ± 2.04^{hi}
6	maceration–0:100		5.26 ± 1.34^{g}	39.86 ± 2.71^{hi}	19.46 ± 1.58^{ghi}
7	sonication–100:0	30 minutes	6.29 ± 0.14^{fg}	43.51 ± 1.86^{fgh}	57.25 ± 4.41^{b}
8	sonication–80:20		9.42 ± 0.36^{c}	46.32 ± 4.88^{efg}	37.45 ± 3.21^{e}
9	sonication–60:40		10.62 ± 0.47^{b}	59.18 ± 2.91^{b}	22.98 ± 1.67^{fghi}
10	sonication–40:60		10.67 ± 0.86^{b}	52.56 ± 3.25^{cd}	25.29 ± 1.97^{fgh}
11	sonication–20:80		7.59 ± 0.62^{de}	46.36 ± 1.64^{efg}	19.46 ± 2.48^{ghi}
12	sonication–0:100		7.71 ± 0.22^{def}	$48.05\pm0.05d^{ef}$	19.77 ± 1.45^{ghi}
13	microwave–100:0	12 minutes	5.29 ± 0.14^{g}	$46.86\pm1.03e^{fg}$	93.43 ± 9.78^{a}
14	microwave–80:20		9.42 ± 0.36^{c}	47.17 ± 1.94^{cdef}	55.74 ± 5.14^{c}
15	microwave–60:40		10.95 ± 0.67^{b}	65.60 ± 4.62^{a}	29.11 ± 1.84^{f}
16	microwave–40:60		11.01 ± 0.28^{b}	55.94 ± 4.47^{bc}	40.17 ± 3.93^{de}
17	microwave–20:80		7.92 ± 0.97^{d}	57.86 ± 3.01^{b}	23.28 ± 1.91^{fghi}
18	microwave–0:100		7.51 ± 0.51^{de}	38.55 ± 2.24^{hi}	16.15 ± 1.46^{i}
	F-test 0.05		*	*	*

N= 3, * Means within a column followed by different alphabets were significantly different at $P<0.05$ by DMRT

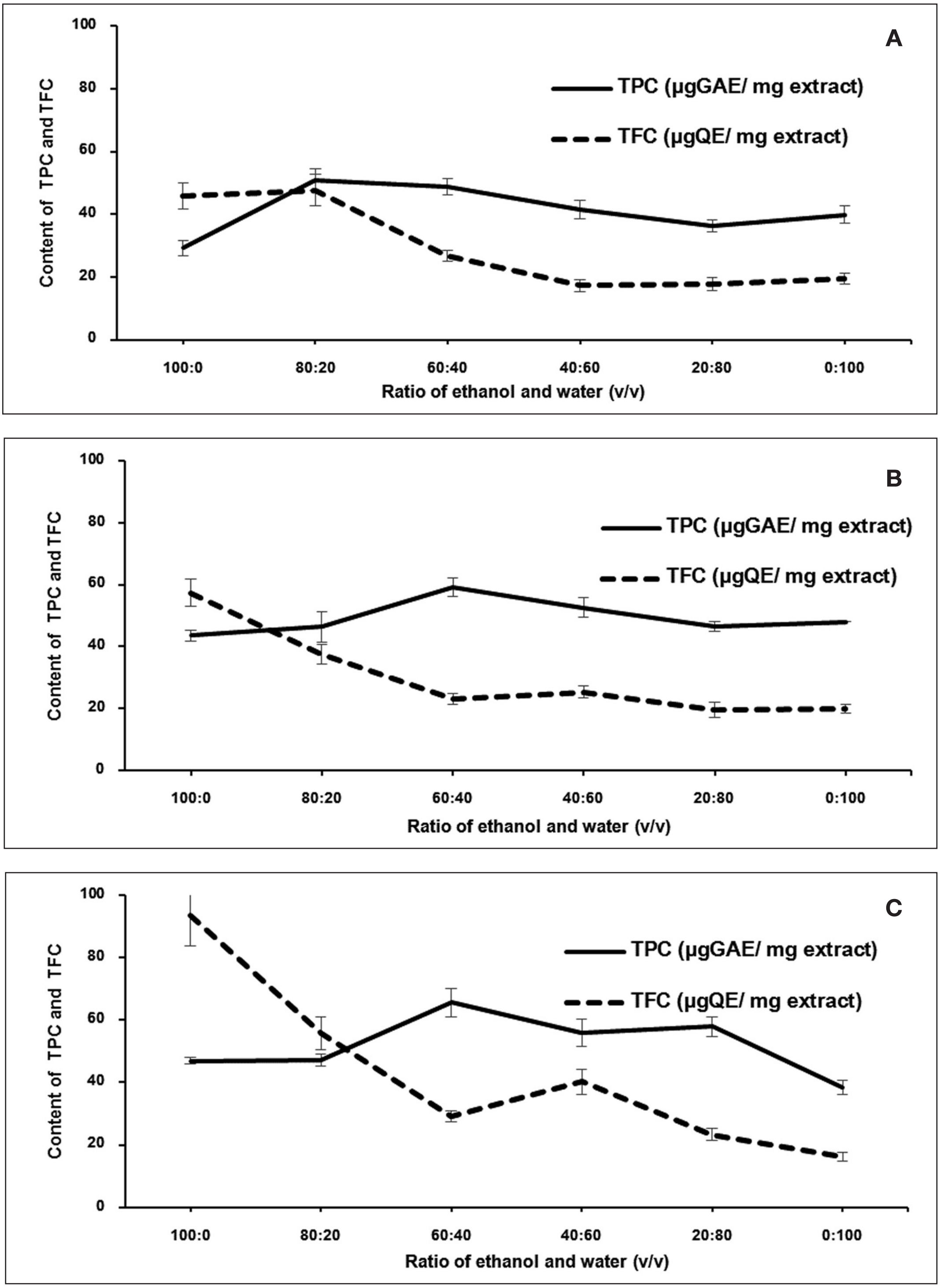


Figure 2 Effect of different extraction methods as maceration method (A), sonication method (B), and microwave method (C) with different solvent ratios on total phenolic compounds and flavonoid contents in *Kaempferia parviflora Wallich.* ex Baker

ใช้ระยะเวลาการสกัดสั้นที่สุด เท่ากับ 12 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง ในขณะที่การสกัดด้วยวิธีแบบอัลตราโซนิค ใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 30 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง ซึ่งทำให้มีโอกาสที่สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสัมผัสกับความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการสกัดนานกว่าวิธีการสกัดด้วยไมโครเวฟ อาจส่งผลทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกระชายดำเกิดการเสื่อมสลายไปในขณะที่ทำการสกัด นี่จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้การสกัดด้วยวิธีของไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการสกัดที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิค และวิธีการแช่หมัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลาย ๆ ชิ้นที่พบว่า การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืช และพืชสมุนไพรด้วยวิธีไมโครเวฟมีประสิทธิภาพดีที่สุด (Lianfu and Zelong, 2008; Golmakani and Rezaei, 2018)

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในกระชายดำที่ผ่านกระบวนการสกัดที่แตกต่างกัน

จากปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ทำการวิเคราะห์ได้ (Table 1) พบว่า เมื่อทำการสกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกันด้วยสารละลายเอทานอลที่อัตราส่วนต่างกัน ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ทำการสกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 16-94 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม เมื่อนำผลการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบว่าเมื่อทำการสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 100:0 สามารถสกัดสารฟลาโวนอยด์สูงที่สุดเท่ากับ 93.43±9.78 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจากข้างต้น และจากผลการทดลองที่ได้พบว่า ทั้งสามวิธีมีแนวโน้มที่สอดคล้องกันคือ เมื่อทำการสกัดด้วยเอทานอลต่อน้ำในอัตราส่วน 100:0 มีประสิทธิภาพในการสกัดสารกลุ่มสารฟลาโวนอยด์ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนอื่น ๆ (Figure 2)

ในแต่ละกรรมวิธีการสกัดจะได้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ต่างกันคือ การสกัดแบบแช่หมักมีปริมาณของสารฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 17-48 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม และทำการสกัดได้สารฟลาโวนอยด์มากที่สุดเท่ากับ 45.69±4.15 และ 47.60±5.05 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม เมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 100:0 และ 80:20 ตามลำดับ สำหรับการสกัดแบบอัลตราโซนิค สกัดสารฟลาโวนอยด์ได้อยู่ในช่วง 19-57 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม และมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุดเมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 100:0 (57.25±4.41 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม) ในขณะที่การสกัดด้วยไมโครเวฟพบว่า มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 16-94 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม เมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วน 100:0 ทำให้สามารถสกัดได้สารฟลาโวนอยด์มากที่สุดเท่ากับ 93.43±9.78 ไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 มิลลิกรัม

ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการสกัดคือความมีขั้วของสารละลายที่ใช้ทำการสกัด โดยหลักการพื้นฐานของการสกัด คือตามกฎ Like dissolves like

โดยสารที่มีขั้วจะถูกสกัดออกมาได้ดีด้วยตัวทำลายที่มีขั้ว จากการทดลองนี้ได้ทำการเลือกใช้เอทานอลกับน้ำ ซึ่งน้ำจะมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วมากที่สุด โดยมีค่า polar index เท่ากับ 10.2 ในขณะที่เอทานอลมีค่า polar index เท่ากับ 5.2 ซึ่งความเป็นขั้วของสารละลายจะลดลงมา (Kkeiman *et al.,* 2016) ดังนั้นเมื่อนำไปทำการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิก และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบเป็นองค์ประกอบในกระชายดำนั้น (Yenjai *et al.,* 2004; Azuma *et al.,* 2008) เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของสารสำคัญทั้งสองกลุ่มพบว่าสารกลุ่มฟีนอลิกมีคุณสมบัติของความมีขั้วมากกว่า เมื่อเทียบกับสารกลุ่มของฟลาโวนอยด์ ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้เมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายเอทานอลอัตราส่วนที่มีปริมาณน้ำผสมเพิ่มมากขึ้น (ที่อัตราส่วน 60:40) มีประสิทธิภาพในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกได้ดีที่สุด ในขณะที่กลุ่มฟลาโวนอยด์สามารถละลายออกมาได้มากกว่าเมื่อใช้สารละลายที่เป็นเอทานอลเท่านั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Do *et al.* (2014) ที่พบว่าการสกัดสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ใน *Limnophila aromatica* ด้วยสารละลายเอทานอล 100 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการสกัดดีที่สุด

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบผลของวิธีการสกัด ได้แก่ การแช่หมัก อัลตราโซนิค และไมโครเวฟ ด้วยอัตราส่วนเอทานอลต่อน้ำที่แตกต่างกัน (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100) เพื่อใช้ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในกระชายดำ จากผลการวิจัย พบว่าปริมาณของน้ำหนักสารสกัดหยาบมีน้ำหนักมากที่สุดเมื่อสกัดด้วยวิธีแช่หมัก โดยใช้สารละลายเอทานอลต่อน้ำที่อัตราส่วนร้อยละ 60 สำหรับสารฟลาโวนอยด์เมื่อสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟ ด้วยสารละลายเอทานอลต่อน้ำอัตราส่วน 100:0 มีประสิทธิภาพในสกัดได้ดีที่สุด ในขณะที่สารประกอบฟีนอลิกจะใช้สารละลายเอทานอลต่อน้ำอัตราส่วน 60:40 และสกัดด้วยวิธีไมโครเวฟจะให้ผลได้ดีที่สุดเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา นาคประสม จตุรภัทร วาฤทธิ์ อุมาพร อุประ หยาดฝน ทนงการกิจ และนักรบ นาคประสม. 2560. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมจากดอกบัวหลวง โดยใช้เทคนิคสกัดด้วยไมโครเวฟ. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 45(2): 328-342.

Azuma, T., Y. Tanaka and H. Kikuzuki. 2008. Phenolic glycosides from Kaempferia parviflora. Phytochemistry. 69(15): 2743-2748.

Baghdikian, B., A. Filly, A.S.F. Tixier, E. Petitcolas, F. Mabrouki, E. Chemat, and E. Ollivier. 2016. Extraction by solvent using microwave and ultrasound-assisted techniques followed by HPLC analysis of Harpagoside from Harpagophytum procumbens and comparison with conventional solvent extraction methods. CR. CHIM. 19(6): 692-698.

Chang, C. H., H.Y. Lin, C.Y. Chang and Y.C. Liua. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. J. Food. Eng. 77: 478-485.

Chivapat, S., P. Chavalittumrong, A. Attawish and A. Rungsipipat. 2004. Chronic toxicity study of Kaempferia parviflora Wall ex. extract. Thai. J. Vet. Med. 40(4): 377-383.

Dent, M., V.D. Uzelac, M. Penic, M. Branic, T. Bosiljkov and B. Levaj. 2013. The effect of extraction solvents, temperature and time on the composition and mass fraction of polyphenols in Dalmatian Wild Sage (*Salvia officinalis* L.) extracts. Food. Technol. Biotechnol. 51(1): 84-91.

Do, Q.D., A.E. Angkawijaya, P.L. Tran-nguyen, L.H. Huynh, F.E. Soetaredjo, S. Ismadji and Y.H. Ju. 2014. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of Limnophila aromatic. J. Food. Drug. Anal. 22(3): 296-302.

Eungpinichpong, W., U. Chatchawan, B. Sripanidkulchai, S. Arunpongpaisal and W. Chompoopan. 2018. Effects of Kaempferia parviflora on physical and psychological stresses in audits. Int. J. GEOMATE. 15(50): 26-31.

Golmakani, M.T. and K. Rezaei. 2018. Comparison of microwave-assisted hydro distillation with the traditional hydro distillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. Food Chemistry. 109(4): 925-930.

Hikmawanti, N.P.E., S. Fatmawati and A.W. Asri. 2021. The effect of ethanol concentrations as the extraction solvent on antioxidant activity of Katuk (Sauropus androgynus (L.) Merr.) leaves extracts. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 755: 1-7.

Kkeiman, M., K.A. Ryu and A.P.E. Kahn. 2016. Determination of factors influencing the wet etching of polydimethylsiloxane using tetra-n-butyl ammonium fluoride. Macromol. Chem. Phys. 217: 284-291.

Lianfu, Z. and L. Zelong. 2008. Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. Ultrason. Sonochem. 15: 731-737.

Liu, J.L., L.Y. Li and G.H. He. 2016. Optimization of microwave-assisted extraction conditions for five major bioactive compounds from flos sophorae immaturus (Cultivars of Sophora japonica L.) using response surface methodology. Molecules. 21(296): 1-27.

Mandal, V., Y. Mohan and S. Hemalatha. 2007. Microwave assisted extraction

– An innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. Pharmacogn. Rev. 1(1): 7-18.

Masota, N.E., G. Vogg, E. Heller and U. Holzgrabe. 2020. Comparison of extraction efficiency and selectivity between low-temperature pressurized microwave-assisted extraction and prolonged maceration. Arch. Pharm. 353(10): 1-11.

Prommajak, T., S. Surawang and N. Rattanapanone. 2014. Ultrasonic-assisted extraction of phenolic and antioxidative compounds from lizard tail (Houttuynia cordata Thunb.). Songklanakarin. J. Sci. Technol. 36(1): 65-72.

Rabeta, M.S. and M. Vithyia. 2013. Effect of different drying methods on the antioxidant properties of Vitex negundo Linn.Tea. Int. Food. Res. J. 20(6): 3171-3176.

Rosa, G.S., S.K. Vanga, Y. Gariepy and V. Raghavan. 2019. Comparison of microwave, ultrasonic and conventional techniques for extraction of bioactive compounds from olive leaves (*Olea europaea* L.). Innov. Food. Sci. Emerg. Technolies. 58: 1-8.

Saokaew, S., P. Wilairat, P. Raktanykan, P. Dilokthornsakul, T. Dhippayom, C. Kongkaew, R. Sruamsiri, A. Chuthaputti and N. Chaiyakunapruk. 2017. Clinical effects of krachaidum (Kaempferia parviflora): A systematic review. Evid. Based. Complement. Alternat. Med. 22(3): 413-428.

Siramon, P., T. Wongsheree and S. Yuadyong 2020. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from coconut endocarp and its radical scavenging activity. Naresaun. Phayao. J. 13(3): 22-28.

Sudwan, P., K. Saenphet, S. Saenphet and S. Suwansirikul. 2006. Effect of *Kaempferia parviflora* Wall. Ex. Baker on sexual activity of male rats and its toxicity. Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health. 37(suppl 3): 210-215.

Sutthanut, K., B. Sripanidkulchai, C. Yenja and M. Jay. 2007. Simultaneous identification and quantitation of 11 flavonoid constituents in Kaempferia parviflora by gas chromatography. J. Chromatogr. A. 1143: 227-233.

Ueda, Y., N. Apiphuwasukcharoen, S. Tsutsumi, Y. Matsuda, V. Areekul and S. Yasuda. 2019. Optimization of hot-water extraction of dried yacon herbal tea leaves: enhanced antioxidant activities and total phenolic content by response surface methodology. Food. Sci. Technol. Res. 25(1): 131-139.

Vinatoru, M., J. T. Mason and I. Calinescu. 2017. Ultrasonically assisted extraction (UAE) and microwave assistedextraction

(MAE) of functional compounds from plant materials. Trends. Analyt. Chem. 97: 150-178.

Wongsrikaew, N., H. Kim, K. Vichitphan, S.K. Cho and J. Ha. 2012. Antiproliferative activity and polymethoxyflavone composition analysis of *Kaempferia parviflora* extracts. J. Korean. Soc. Appl. Biol. Chem.55: 813-817.

Yenjai, C., K. Prasanphen and S. Daodee, V. Wongpanich and P. Kittakoop. 2004. Bioactive flavonoids from Kaempferia parviflora. Fitoterapia. 75(1): 89-92.

Zhang, Q.W., L.G. Lin and W.C. Ye. 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. Chin. Med. 13(20): 1-26.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของการฉีดพ่นทางใบด้วยสารละลายแคลเซียมและโบรอนต่อคุณภาพผลผลิตของเมล่อน

Effects of Foliar Spray with Calcium and Boron on Yield Quality of Melon

รักษ์สุดา คำดี[1] ธรรมธวัช แสงงาม[2] ชัยสิทธิ์ ทองจู[1] ศิริสุดา บุตรเพชร[1] อาณัติ เฮงเจริญ[1] และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1*]

Raksuda Khamdee[1] Thamthawat Seangngam[2] Chaisit Thongjoo[1] Sirisuda Bootpetch[1] Anut Hengcharoen[1] and Tawatchai Inboonchuay[1*]

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, NakhonPathom 73140

[2] ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[2] Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus Nakhon Pathom 73140

[*] Corresponding author: Email: fagrtci@ku.ac.th

(Received: 27 September 2021; Revised: 21 February 2022; Accepted: 10 March 2022)

Abstract

The objectives of this research were to study the effects of foliar spray with calcium and boron (CaB) on yield quality of melon. A factorial in randomized complete block design was employed. The first factor consisted of no foliar application, and CaB foliar application at the rate of 0.75, 1.5, 2.25 and 3 ml/liters of water applied at 1, 2, 3 and 4 weeks after the flowering stage (four times). The second factor comprised 2 melon cultivars (honeydew 1348 and TML-052). The results revealed that the CaB foliar application in different concentrations resulted in fresh fruit weight, peel thickness, flesh thickness, firmness and total soluble solid were significantly different. CaB foliar at the rate of 3 ml/liters of water gave the highest fresh fruit weight (1,866 g) flesh thickness (37 mm), brix value (14.06 %brix) and fruit diameter (15.51 cm). When considering interaction between cultivar and CaB rate found that CaB foliar at the rate of 3 ml/liters of water in TML-052 cultivar gave the highest flesh thickness and total soluble solid. The yield of TML-052 cultivar was greater than that of Honeydew 1348. In addition, concentration of CaB in pulp had significant differences among the cultivars. Foliar of CaB in different rate resulted in higher total B concentration in TML-052 than Honeydew 1348 cultivar, whereas the total Ca concentration in Honeydew 1348 greater than that in TML-052. CaB foliar at the rate of 3 ml/liters of water gave the highest calcium and boron concentration in all parts of plant. However, foliar application at the rate of 3 ml/liters of water gave the highest economic return (16,524 baht/crop for Honeydew 1348 and 25,084 baht/crop for TM-052).

Keyword: melon calcium boron foliar spray

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฉีดพ่นแคลเซียมและโบรอน (CaB) ทางใบต่อคุณภาพผลผลิตของเมล่อน วางแผนการทดลอง Factorial in Randomized Complete Block Design ปัจจัยแรกประกอบด้วย การไม่ฉีดพ่น CaB ฉีดพ่น CaB อัตรา 0.75, 1.5, 2.25 และ 3.0 มิลลิลิตร/ลิตร หลังระยะดอกบาน สัปดาห์ละครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย เมล่อนสายพันธุ์ Honeydew 1348 และสายพันธุ์ TM-052 ผลการทดลองพบว่าการให้ CaB ทางใบในอัตราต่างกันมีผลให้น้ำหนักผลสด เส้นผ่านศูนย์กลางผล ความหนาเปลือก ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ส่งผลให้น้ำหนักผลสด (1,866 กรัม) ความหนาของเนื้อ (37 มิลลิเมตร) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (14.06 องศาบริกซ์) และเส้นผ่านศูนย์กลางผล (15.51 เซนติเมตร) สูงที่สุด เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย พบว่า การให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ในสายพันธุ์ TML-052 มีผลให้ความหนาเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงสุด โดยสายพันธุ์ TM-052 ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 ความเข้มข้นของแคลเซียมและโบรอนในเมล่อนที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 มีความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อผลและใบสูงกว่าสายพันธุ์ TML-052 ในทางตรงกันข้ามสายพันธุ์ TML-052 มีความเข้มข้นโบรอนในเนื้อผลมากกว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 การฉีดพ่น CaB อัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมและโบรอนในส่วนต่าง ๆ ของพืชสูงที่สุด นอกจากนี้ การให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ให้ผลตอบแทนสูงที่สุด (16,524 บาท/รอบการผลิต สำหรับพันธุ์ Honeydew 1348 และ 25,084 บาท/รอบการผลิต สำหรับพันธุ์ TM-052)

คำสำคัญ: เมล่อน แคลเซียม โบรอน การพ่นปุ๋ยทางใบ

คำนำ

เมล่อน (*Cucumis melo* L.) อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae กลุ่มเดียวกับแตงกวา เป็นพืชที่มีราคาแพงและได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน คุณภาพผลผลิตนอกจากจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพอากาศแล้ว อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมและความสมดุลของธาตุอาหารยังเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญอย่างมาก สำหรับระบบการปลูกเมล่อนในปัจจุบันเกษตรกรมักประสบปัญหาผลเมล่อนไม่สมบูรณ์ คุณภาพไม่ได้มาตรฐานเป็นสาเหตุให้ราคาตกต่ำ โดยในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูกที่มีการให้สารละลายทางน้ำทำให้เมล่อนมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและอายุสั้น เมล่อนจึงต้องการธาตุอาหารที่สมดุลเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลและยืดอายุการวางจำหน่ายของผลผลิต มีการรายงานการขาดธาตุอาหารหลักและจุลธาตุอย่างกว้างขวางในแตงกวา (Carmona *et al*., 2015) ซึ่งเป็นอุปสรรคในการผลิตของพืชในวงศ์นี้ การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเป็นแนวทางปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผล แคลเซียมเป็นธาตุหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญทางสรีระของพืชด้านเสถียรภาพของผนังเซลล์ทำหน้าที่เชื่อมโยงภายในเนื้อเยื่อทำให้ผนังเซลล์เนื้อเยื่อและต้นพืชมีความแข็งแรง และยังเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์โปรตีนไคเนสและแอลฟาอะไมเลสที่มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายแป้งไปยังส่วนอื่นของพืช (ยงยุทธ, 2558) รวมไปถึงการรักษาคุณภาพผลผลิตในการเก็บรักษา ปริมาณวิตามินซี และความแน่นเนื้อของผลเมล่อน (Bernadac *et al*., 1996) และแคลเซียมควบคุมการนิ่มเนื้อและการเสื่อมสภาพของผลไม้ในระดับเมมเบรน (Lester, 1996; Lamikanra and Watson, 2004) มีรายงานการพ่นแคลเซียมในพลับสายพันธุ์ “FUYU” (พันธุ์ฟูยู) สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (กรัม/มิลลิลิตร) ทำให้น้ำหนักมากที่สุด 28.07 กิโลกรัม/ต้น นอกจากนี้ ชัยสิทธิ์ และคณะ (2559) ได้ศึกษาผลของการใช้ CaB ที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและปริมาณผลผลิตของพลับสายพันธุ์ซิซูและสายพันธุ์ฟูยู พบว่า พลับสายพันธุ์ฟูยูมีจำนวลผลต่อต้น น้ำหนักผลผลิตต่อต้นและน้ำหนักต่อผลเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามความเข้มข้นของสารละลาย CaB ที่เพิ่มขึ้น การฉีดพ่นสารละลาย CaB มีผลทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และเป็นไปในแนวทางเดียวกันทั้งในพลับพันธุ์ซิซูและพันธุ์ฟูยู โบรอนเป็นจุลธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เช่น การยืดตัวของเซลล์ ขนส่งน้ำตาล การพัฒนาเนื้อเยื่อเจริญและการสังเคราะห์ผนังเซลล์การออกดอกและการผสมเกสร ช่วยให้ติดผล การเคลื่อนย้ายฮอร์โมน การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน และการแบ่งเซลล์ (Mengel and Kirkby, 1982) และยังเกี่ยวข้องกับการดูดแคลเซียมของราก การนำแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช หากพืชขาดโบรอนจะมีอาการใบเหี่ยวหรือม้วนงอ ผล หัว หรือรากที่แตกจะเน่าเปื่อย (Khamwaree and Khurnpoon, 2016) ทำให้ตายอดตายและเริ่มมีตาข้าง ลำต้นไม่ยืดตัว ใบและกิ่งชิดกัน ใบเล็กเปราะบาง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) นอกจากนี้ Srilatha and Kumar (2019) พบว่าการฉีดพ่นทางใบโดยใช้บอแรกซ์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับแคลเซียมไนเตรท ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ 30 และ 50 วันหลังปลูกสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตเมล่อนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มธาตุอาหารโดยเฉพาะ CaB ในระยะที่พืชกำลังมีการ

เจริญเติบโตและเริ่มพัฒนาผล เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณภาพของผล ซึ่งวิธีการให้ปุ๋ยทางใบเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงผลผลิตโดยการเพิ่มสถานะธาตุอาหารพืชในช่วงเวลาที่ต้องการสารอาหารสูง (Lovatt, 2013) จากงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า CaB มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มคุณภาพผลผลิตของพืชหลายชนิด ในขณะที่เมล่อนซึ่งเป็นพืชที่ได้รับความนิยมในตลาดมากยังไม่พบงานวิจัยด้านการใช้ CaB ต่อผลผลิตเมล่อนมากนัก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราที่เหมาะสมของสารละลาย CaB ในรูปสารละลายคีเลตโดยวิธีพ่นทางใบเพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตของเมล่อน รวมทั้งช่วยยกระดับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจให้เพิ่มสูงขึ้นด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองในโรงเรือนอัจฉริยะของคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ทำการทดลองระหว่าง 16 เมษายน - 30 สิงหาคม พ.ศ. 2563 โดยวางแผนการทดลอง 5 × 2 Factorial in Randomized Completely Block Design โดยปัจจัยที่ 1 คือ อัตราการฉีดพ่นสารละลาย CaB 5 อัตรา ได้แก่ 0, 0.75, 1.5, 2.25 และ 3 มิลลิลิตร/ลิตร โดยใช้ปุ๋ยเคมีธาตุรองและธาตุอาหารเสริมในรูปสารละลายคีเลตเตรียมจาก Nurich® บริษัทเจียไต๋ จำกัด ประกอบด้วย 10.5% CaO และ 1.5% B_2O_3 ปัจจัยที่ 2 คือพันธุ์เมล่อน จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ Honeydew 1348 และสายพันธุ์ TML-052 โดยการนำต้นกล้าเมล่อนอายุ 10 วันย้ายลงปลูกในกระถางขนาด 14 นิ้ว ใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก วางกระถางแบบแถวคู่ ระยะห่างระหว่างกระถางในแถว 30 เซนติเมตร ระยะห่างภายในแถวคู่ 30 เซนติเมตร เมื่อเมล่อนอายุ 28 วัน ตัดเถาแขนงที่เกิดจากข้อที่ 1-8 ของเถาหลักทิ้ง ปล่อยให้เถาแขนงเจริญในข้อที่ 9-12 ของเถาหลัก เด็ดยอดเถาแขนงให้เหลือ 2 ข้อ หรือมีใบ 2 ใบ ดอกเพศเมียจะเจริญในข้อแรกของเถาแขนง เมื่อเริ่มมีการติดผลจึงคัดเลือกผลที่สมบูรณ์ไว้ต้นละ 1 ผล เด็ดยอดเถาหลักเมื่อมีใบจริง 25 ใบ และให้เด็ดใบล่างสุดออกอีก 3-5 ใบ เพื่อเพิ่มการถ่ายเทของอากาศ ลดการสะสมของความชื้นที่ชักนำให้เกิดโรคราต่าง ๆ และลดการแก่งแย่งอาหารจากใบล่าง ให้ปุ๋ยโดยใช้สารละลายธาตุอาหารพร้อมกับระบบน้ำหยด โดยเตรียมปุ๋ยจากสูตรของ Enshi Solution (ศราวุธ, 2558) ผสมปุ๋ยลงในถังผสมขนาด 200 ลิตร กำหนดเวลาให้ปุ๋ยในระบบน้ำผ่านเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ ซึ่งปริมาณน้ำที่ให้แก่ต้นเมล่อนหลังย้ายกล้า 0.5 ลิตร/ต้น/วัน และในช่วงที่กำลังออกดอกและติดผล 2 ลิตร/ต้น/วัน โดยในช่วง 35 วันหลังจากย้ายปลูกมีปรับค่าการนำไฟฟ้าในถังผสมปุ๋ยเป็น 1.5-1.7 มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร และให้ปรับเป็น 2.0-2.5 มิลลิซีเมนส์/เซนติเมตร

บันทึกข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ระยะ 75 วัน ได้แก่ ขนาดผล น้ำหนักผล ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง Firmness Tester (Endeccotts รุ่น FT 327 ประเทศอิตาลี) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวกด 0.3 เซนติเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นหน่วยนิวตัน โดยคำนวณจากค่าที่อ่านได้ (กิโลกรัม) × 9.807 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids: TSS) โดยการสุ่มเนื้อผลจากบริเวณกลางผล ขั้วผล และปลายผล โดยนำน้ำคั้นที่ได้จากทั้งสามส่วนมาวิเคราะห์ค่า TSS โดยใช้เครื่อง Digital Refractometer (ATAGO รุ่น PAL-1 ประเทศญี่ปุ่น) วิเคราะห์ความเข้มข้นของ CaB จากใบที่ 12 ลำต้นและผลเปลือก โดยนำตัวอย่างพืช

แต่ละส่วนที่อบแห้งมาบดให้ละเอียดและนำไปย่อยสลายด้วย HNO_3:$HClO_4$ โดยวิธี Wet Ashing (Jones *et al*., 1991) วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมรวมวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer (Agilent Technologies รุ่น 200 Series AA ประเทศสหรัฐอเมริกา) และปริมาณโบรอนรวมวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Thermo Scientific รุ่น Genesys 20 ประเทศสหรัฐอเมริกา) ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

ข้อมูลจากทดลองนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) สามารถนำมาใช้เพื่อพิจารณามูลค่าผลตอบแทนที่มีมากกว่าหรือน้อยกว่ามูลค่าต้นทุน โดยการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ที่เหมาะสมต้องมีค่า BCR มากกว่า 1 หมายความว่า ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนจะมีมากกว่าต้นทุนที่ต้องเสียไป หรืออย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 1 หมายความว่าผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่เสียไปพอดี (จรัณธร และคณะ, 2561) โดยที่

$$BCR = \frac{\sum_t^n = \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_t^n = \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

โดยกำหนดให้

B_t = มูลค่าผลตอบแทนในปี t

C_t = มูลค่าต้นทุนในปี t

t = ระยะเวลา (1, 2, 3... n)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของแคลเซียมและโบรอนต่อคุณภาพและผลผลิตของเมล่อน

การให้ CaB ทางใบในอัตราต่างกันมีผลให้น้ำหนักผลสด เส้นผ่านศูนย์กลางผล ความหนาเปลือก ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) โดยการให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ส่งผลให้น้ำหนักผลสด ความหนาของเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเส้นผ่านศูนย์กลางผลสูงที่สุดคือ 1,865.88 กรัม 36.95 มิลลิเมตร 14.06 องศาบริกซ์ และ 15.51 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่การไม่ให้ CaB ทางใบมีผลให้ความหนาเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุดคือ 27.84 มิลลิเมตร และ 11.02 องศาบริกซ์ ตามลำดับ จากผลการทดลองมีข้อสังเกตว่า ความหนาเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเมล่อนเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ CaB ที่สูงขึ้น ในขณะที่ความหนาเปลือกของเมล่อนลดลง ซึ่งแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแคลเซียมเพ็กเทต (Pectate) ทำหน้าที่คล้ายกาวเชื่อมผนังเซลล์ทำให้เซลล์เนื้อเยื่อต้นพืชแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น (McLaughlin and Wimmer, 1999) เมื่อเมล่อนมีการสะสมธาตุแคลเซียมสูงขึ้น จึงส่งผลให้ความหนาเนื้อของเมล่อนเพิ่มสูงขึ้น George *et al.* (2003) พบว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 16 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อของพลับสายพันธุ์ฟูยู เพิ่มขึ้น 20-40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากธาตุแคลเซียมมีความเกี่ยวข้องกับการสร้างผนังเซลล์ให้ผลที่มีความคงทนและความแข็งแรงผลไม้จึงมีความกรอบและคงทนต่อการเก็บรักษาผลผลิต นอกจากนี้ Sarrwy *et al.* (2010) รายงานว่าการใช้กรดบอริก

Table 1 Effect of foliar spray with calcium and boron on yield quality of melon

Methods	Fresh fruit weight (g)	Fruit diameter (cm)	Peel thickness (cm)	Flesh Thickness (mm)	Firmness (N)	Total soluble Solids (%brix)
Melon cultivar (A)						
HONEY DEW 1348 (H)	1660.37b	14.45b	0.80b	31.81b	2.46b	12.32
TML-052 (T)	1753.38a	15.20a	1.13a	33.81a	2.76a	12.49
F-test	*	*	*	*	*	ns
CaB rate (B)						
0	1721.48b	14.25b	1.33a	27.84d	3.05a	11.02d
0.75	1722.06b	14.73b	0.87c	32.08c	2.41b	11.77c
1.50	1512.14c	14.80b	0.78c	32.69c	2.50b	12.20c
2.25	1712.83b	14.85b	0.73c	34.48b	2.56b	12.98b
3.00	1865.88a	15.51a	1.10b	36.95a	2.54b	14.06a
F-test	*	*	*	*	*	*
A × B						
H × 0	1658.49	13.9	1.40a	25.16e	3.13	11.22ef
H × 0.75	1703.8	14.16	0.38f	32.86bcd	2.23	12.25cd
H × 1.50	1420.55	14.2	0.51ef	32.58bcd	2.3	12.13cde
H × 2.25	1663.33	14.2	0.64cd	34.89b	2.33	12.46c
H × 3.00	1855.71	15.6	1.06bc	33.55bc	2.33	13.56b
T × 0	1784.47	14.6	1.26ab	30.53d	2.96	10.83f
T × 0.75	1740.33	15.3	1.37a	31.03cd	2.6	11.30def
T × 1.50	1603.73	15.4	1.06bc	32.8bcd	2.7	12.26cd
T × 2.25	1762.33	15.3	0.82cd	34.07bc	2.8	13.50b
T × 3.00	1876.06	15.43	1.14ab	40.34a	2.75	14.56a
F-test	ns	ns	*	*	ns	*
C.V. %	8.61	4.9	37.11	11.73	13.79	9.75

$^{1/}$* = significantly different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = not significant

250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ร่วมกับ 1 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมไนเตรท ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ คาร์โบไฮเดรต และการขนส่งปริมาณน้ำตาลในผลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ สายน้ำผึ้ง และคณะ (2562) พบว่าการพ่น CaB, GA_3 และ CaB+GA_3 มีน้ำหนักผล และความแน่นเนื้อผลพลับมากกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้ Ali *et al*. (2014) พบว่าการใช้บอแรกซ์ 20 กรัม ร่วมกับสังกะสีซัลเฟต 30 กรัม และเหล็กซัลเฟต 40 กรัม ทางใบ ส่งผลให้ผลผลิตพลับสูงสุด ช่วยยกระดับคุณภาพผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม (ไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยจุลธาตุทางใบ)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยระหว่างสายพันธุ์เมล่อนกับอัตราการให้ CaB ทางใบ พบว่า แต่ละปัจจัยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ในสายพันธุ์ TML-052 มีผลให้ความหนาเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ เท่ากับ 40.34 มิลลิเมตร และ 14.56 องศาบริกซ์ ตามลำดับ (Table 1)

ความเข้มข้นของแคลเซียมและโบรอนในผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว

ความเข้มข้นของ CaB ในเมล่อนทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมในเปลือกและเนื้อผลมีความแตกต่างทางสถิติ ขณะที่ความเข้มข้นของแคลเซียมในลำต้นและใบไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ความเข้มข้นของโบรอนในลำต้นและเนื้อผลมีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2) โดยสายพันธุ์ Honeydew 1348 มีความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อผลและใบสูงกว่าสายพันธุ์ TML-052 ในทางตรงกันข้ามสายพันธุ์ TML-052 มีความเข้มข้นโบรอนในเนื้อผลมากกว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 คือ 14.39 และ 12.29 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ในส่วนของอัตราการฉีดพ่น CaB พบว่าการฉีดพ่น CaB อัตราต่างกันมีผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อผลกับลำต้น และความเข้มข้นของโบรอนในลำต้น ใบ เนื้อผล และเปลือกมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการฉีดพ่น CaB อัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมและโบรอนในส่วนต่าง ๆ ของพืชสูงที่สุด มีข้อสังเกตว่าความเข้มข้นของ CaB ในลำต้นและเนื้อผลแปรผันตามความเข้มข้นของอัตราสารละลาย CaB (Yildirim *et al.,* 2007) Xuan *et al.* (2003) รายงานว่า การใส่ปุ๋ย CaB จะช่วยยับยั้งการสร้างสารเอทิลีนในผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการเก็บรักษาผลแพร์ โดยการศึกษาผลของปุ๋ยต่อการเกิดแผลที่ผลและการเปลี่ยนสี พบว่าการใส่ปุ๋ย CaB จะช่วยแก้ปัญหาได้ดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 เดือน และเนื่องจากแคลเซียมช่วยให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง และโบรอนช่วยให้พืชสามารถเอาธาตุแคลเซียมมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การฉีดพ่นด้วยสารละลาย CaB จึงสามารถเพิ่มคุณภาพของเมล่อนได้

Table 2 Effect of foliar spray with calcium and boron ratio or of calcium and boron in leaf, pulp, peel and stem of melon

Method	Ca (mg/kg)				B (mg/kg)			
	Stem	Leaf	Pulp	Peel	Stem	Leaf	Pulp	Peel
Melon cultivar (A)								
HONEY DEW 1348 (H)	1.1	7.82	4.58a	3.67b	11.49a	13.94	12.29b	6.57
TML-052 (T)	1.13	6.78	4.00b	4.28a	13.15b	13.87	14.39a	6.67
F-test	ns	ns	*	*	*	ns	*	ns
CaB rate (B)								
0	0.5c	6.3	4.06ab	3.51	6.42d	6.83c	7.09d	4.45c
0.75	1.22b	6.42	3.56b	3.9	11.35c	14.10b	12.47c	6.49b
1.50	1.27ab	7.53	4.42ab	4.09	13.32b	16.21a	14.31b	6.96b
2.25	1.27ab	5.58	4.81a	3.9	14.32b	15.62a	15.75ab	6.99b
3.00	1.33a	8.42	4.58a	4.49	15.88a	16.76a	17.09a	8.44a
F-test	*	ns	*	ns	*	*	*	*
A × B								
H × 0	0.45	6.03	4.69	3.48	6.44	6.71	6.34	4.33
H × 0.75	1.22	8.3	3.35	3.57	10.56	14.32	10.91	6.09
H × 1.50	1.3	7.03	4.54	3.65	12.38	16.7	12.97	6.65
H × 2.25	1.25	9.19	5.18	3.36	13.13	15.54	14.93	7.31
H × 3.00	1.35	9.05	5.14	4.32	14.94	16.43	16.32	8.46
T × 0	0.55	4.14	3.44	3.54	7.03	6.95	7.84	4.56
T × 0.75	1.21	6.87	3.77	4.24	12.13	13.88	14.04	6.09
T × 1.50	1.31	7.5	4.3	4.53	14.26	15.71	15.64	7.28
T × 2.25	1.28	7.32	4.43	4.44	15.51	15.71	16.57	6.68
T × 3.00	1.31	7.62	4.03	4.66	16.82	17.09	17.86	8.41
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. %	28.66	22.8	19.81	18.34	28.08	28.95	28.93	23.23

[1/]* = significantly different at 95% level of confidence, mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using DMRT; ns = not significant

ผลตอบแทนของการผลิตเมล่อนในระบบโรงเรือน

การทดลองนี้มีค่าใช้จ่ายหลักที่เท่ากันทุกตำรับการทดลอง (ประมาณ 11,150 บาท/รอบการผลิต) (Table 3) โดยแยกเป็นค่าแรงงาน 2,000 บาท (ปลูก 240 ต้น/โรงเรือน และดูแลรักษา) ค่าปุ๋ยเคมีประมาณ 3,800 บาท และค่าอุปกรณ์ในระบบน้ำหยดอัตโนมัติประมาณ 4,000 บาท ค่าวัสดุปลูกประมาณ 1,350 บาท ค่าเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ ได้แก่ สายพันธุ์ Honeydew 1348 ประมาณ 420 บาท/รอบการผลิต และสายพันธุ์ TML-052 ประมาณ 360 บาท/รอบการผลิต ส่วนค่าสารละลาย CaB 340 บาท/ลิตร และราคาขายเมล่อนสายพันธุ์ Honeydew 1348 กิโลกรัมละ 80 บาท และสายพันธุ์ TML-052 กิโลกรัมละ 100 บาท (ตลาดไทย ณ วันที่ 17 ธันวาคม 2563) ดังนั้นสามารถสรุปกำไรสุทธิโดยภาพรวมของการทดลองได้โดยการให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิตร/ลิตร ช่วยเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนของเมล่อนสายพันธุ์ Honeydew 1348 (16,524 บาท/รอบการผลิต) และ TML-052 (25,084 บาท/รอบการผลิต) สูงที่สุด นอกจากนี้ผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) พบว่าทุกตำรับการทดลองมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าทุกตำรับการทดลองคุ้มค่าแก่การดำเนินการ การฉีด CaB อัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ในสายพันธุ์ Honeydew 1348 มีผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) สูงสุด คือ 2.34 ในขณะที่การไม่ฉีดพ่น CaB ในสายพันธุ์ TML-052 มีผลตอบแทนต่อต้นทุนสูงที่สุด (3.06) เนื่องจากมีผลผลิตสูงและต้นทุนไม่สูงมากนัก

Table 3 Production cost and economic returns of melon in greenhouse

Methods	Production cost (Baht/ crop)	CaB Solution (Baht/ crop)	Melon seed (Baht/ crop)	Yield (kg/crop)	Yield value (Baht/ crop)	Profit (Baht/ crop)	Benefit-Cost Ratio (BCR)
HONEY DEW 1348							
0	11,150	0	420	326	26,080	14,510	2.25
0.75	11,150	176	420	340	27,200	15,454	2.31
1.50	11,150	353	420	240	19,200	7,277	1.61
2.25	11,150	529	420	326	26,080	13,981	2.15
3.00	11,150	706	420	360	28,800	16,524	2.34
TML-052							
0	11,150	0	360	353	35,300	23,790	3.06
0.75	11,150	176	360	346	34,600	22,914	2.96
1.50	11,150	353	360	320	32,000	20,137	2.69
2.25	11,150	529	360	346	34,600	22,561	2.87
3.00	11,150	706	360	373	37,300	25,084	3.05

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของสายพันธุ์เมล่อนและอัตราการฉีดพ่น CaB ทางใบที่ส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตของเมล่อน พบว่าเมล่อนสายพันธุ์ TML-052 มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์ Honeydew 1348 และการให้ CaB ทางใบอัตรา 3 มิลลิลิตร/ลิตร ส่งผลให้ผลผลิต คุณภาพผลผลิต ความเข้มข้นของ CaB ในผล รวมทั้งผลตอบแทนของเมล่อนสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการวิจัยมุ่งเป้าวิทยาเขตกำแพงแสนประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จรัณธร บุญญานุภาพ วันวิสาข์ ปั้นศักดิ์ และกัญจน์ชนา เม้าสิ้ว. 2561. การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนเชิงสิ่งแวดล้อมของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในสวนยางพาราบริเวณพื้นที่ลาดชันของจังหวัดน่าน. มหาวิทยาลัยนเรศวร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 26(3): 80-97.

ชัยสิทธิ์ ทองจู วีระศรี เมฆตรง บัวบาง ยะอูป โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์ วิสิฐ กิจสมพร และวรวิทย์ ยี่สวัสดิ์. 2559. ผลของการใช้แคลเซียมร่วมกับโบรอนที่มีต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบและปริมาณผลผลิตในพลับพันธุ์ซิชูและพันธุ์ฟูยู. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(3): 1-10.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญ. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นภาพร จิตต์ศรัทธา และวัชรวิทย์ รัศมี. 2562. ผลของชนิดวัสดุปลูกที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล่อน. วารสารรำไพพรรณี 13(2): 17-24.

นุชนาฏ ภักดี และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2553. ผลของสารแคลเซียม-โบรอน (Ca-B) และกรดจิบเบอเรลลิค (GA_3) ที่มีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มโอพันธุ์ท่าข่อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 4(พิเศษ 1): 114-117.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศราวุธ จันทะพรหม. 2558. การปลูกเมล่อนในโรงเรือน. เอ็มไอเอส จำกัด, กรุงเทพฯ.

สายน้ำผึ้ง เหลาภวังค์ เจนจิรา ชุมภูคำ อิษยา นะมิกิ วีระศรี เมฆตรง และกฤษณา กฤษณพุกต์. 2562. ผลของแคลเซียมโบรอนและจิบเบอเรลลิคแอซิดต่อการพัฒนาคุณภาพผลผลิตพลับพันธุ์ฟูยู. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 8(1): 11-19.

Ali, H., A.H. Shah, M. Naeem, J. Khan, A. Majid, Z. Iqbal and H. Ahmad. 2014. Effect of foliar application of micronutrients on persimmon fruit quality and yield.Int. J. Biosci. 4: 82-88.

Bernadac, A., l. Jean-Baptiste, G. Bertoni and P. Morard. 1996. Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. Scientia Hort. 66: 181-189.

Carmona, V.V., L.C. Costa and F.A.B. Cecílio. 2015. Symptoms of Nutrient Deficiencies on Cucumbers. International Journal of Plant and Soil Science. 8(6): 1-11.

George, A.P., R.J. Nissen, R.H. Broadley and R.J. Collins. 2003. Improving the nutritional management of non-astringent persimmon in subtropical Australia, Acta Hort. 601: 131-138.

Jones, B.J., B. Jr. Wolf and H.A. Mill. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing Inc, Georgia.

Lamikanra, O and M.A. Watson. 2004. Effect of calcium treatment temperature on fresh-cut cantaloupe melon during storage. Journal of Food Science. 69: 468-472.

Lester, G. 1996. Calcium alters senescence rate of postharvest muskmelon fruit disks. Postharvest Biology and Technology. 7: 91-96.

Lovatt, C.J. 2013. Properly timing foliar applied fertilizers increase efficacy: A review and update on timing foliar nutrient applications to citrus and avocado. Horticultural Technology. 23(5): 536-541.

McLaughlin, S.B and R. Wimmer. 1999. Calcium physiology and terrestrial ecosystem process: New Phytol. 142: 373-417.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. 3rd editiod. International Potash Institute.Bern, Switzerland.

Sarrwy, S.M.A., E.G. Gadalla and E.A.M. Mostafa. 2010. Effect of calcium nitrate and boric acid sprays on fruit set, yield and fruit quality of cv. Amhat date palm. Journal of Agricultural Sciences. 8(5): 506-515.

Srilatha, V. and K.S. Kumar. 2019. Effect of foliar application of fertilizers on flowering and yield of muskmelon (Cucumis melo) CV. Madhuras. The Pharma Innovation Journal. 8(3): 524-526.

Xuan, H., J. Streif, A.A. Saquet and F. Bangerth. 2003. Boron application affects respiration and energy status of ‘conference’ pears during CA-storage. Acta Hort. (ISHS). 628: 167-174.

Yildirim, E., L. Guvenc, M. Turan and A. Karatas. 2007. Effect of foliar urea application on quality Growth mineral uptake and yield of broccoli (*Brassica oleracea* L.) var. PlantSoil and Environment. 53: 120-128.

102 ว. ผลิตกรรมการเกษตร 4(1):102-113
J. Agri. Prod. 2022

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ผลของสารพาต่อประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus amyloliquefaciens* ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Rigidoporus microporus* สาเหตุโรครากขาวในยางพารา

Effects of Carriers on Efficiency of Antagonistic Bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* on Inhibition of *Rigidoporus microporus* causing of White Root Disease in Para Rubber

พันธ์ทิพย์ จุลวรรณโณ[1,2,3] และ อัจฉรา เพ็งหนู[1,2,3*]

Puntip Jullawanno[1,2,3] and Ashara Pengnoo[1,2,3*]

[1] สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

[1] Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla 90110

[2] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10900

[2] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/MHESI), Bangkok 10900

[3] ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90110

[3] Natural Biological Control Research Center, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla 90110

[*] Corresponding author: ashara.p@psu.ac.th

(Received: 12 October 2021; Revised: 7 December 2021; Accepted: 9 March 2022)

Abstract

Rigidoporus microporus is a soil-borne fungus that causes white root rot disease of para rubber. Controlling disease using bio-agent is effective and safe for environment. In addition to antagonistic bacteria, carrier is a key component of bio-agent. Therefore, this research aimed to study the effect of carriers on efficacy of antagonistic bacteria *Bacillus subtilis* isolate SM1, LPDD3-2 and *Bacillus amyloliquefaciens* isolate PT7 for inhibition of

R. microporus. Seven carriers including bentonite, kaolin, lactose, modified starch, rice starch, cassava starch and corn starch were tested in completely randomized design (CRD) for 4 replications. The result showed that antagonistic bacteria on potato dextrose agar (PDA) containing bentonite showed the highest viability and different from other carriers ($P \leq 0.01$). Including, the antagonistic bacteria revealed enlarge size of colony in this medium. The mycelial growth of *R. microporus* on PDA containing bentonite was not statistically different from the control (PDA). *R. microporus* growth inhibition by *B. subtilis* isolate SM1 and LPDD3-2 on PDA containing bentonite was higher than other carriers using dual culture method and different from the control (PDA) ($P \leq 0.01$). The result indicated that carriers affected the growth and efficacy of antagonistic bacteria. The selection of the proper carrier is critical to the development of antagonistic bacteria bio-agent.

Keywords: *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, Carrier, *Hevea brasiliensis*

บทคัดย่อ

Rigidoporus microporus เป็นเชื้อราในดินสาเหตุโรครากขาวของยางพารา การควบคุมโรคด้วยชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ มีประสิทธิผลและปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม นอกจากแบคทีเรียปฏิปักษ์ สารพา (carrier) นับเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของชีวภัณฑ์ การวิจัยจึงศึกษาผลของสารพาต่อการเจริญและการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* ไอโซเลท SM1, LPDD3-2 และ *Bacillus amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 ทดสอบกับสารพาทั้งหมด 7 ชนิด คือ เบนโทไนท์ เคโอลิน แลคโตส แป้งดัดแปร แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า แบคทีเรียปฏิปักษ์มีปริมาณสูงสุดในอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมเบนโทไนท์และแตกต่างกับสารพาชนิดอื่น ๆ ($P \leq 0.01$) รวมทั้งมีขนาดโคโลนีใหญ่ขึ้น ขณะที่การเจริญของเส้นใย *R. microporus* ในอาหาร PDA ที่ผสมเบนโทไนท์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (PDA) การยับยั้งการเจริญเชื้อรา *R. microporus* ของ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1, LPDD3-2 ด้วยวิธี dual culture ในอาหาร PDA ผสมเบนโทไนท์สูงกว่าสารพาชนิดอื่นและแตกต่างกับชุดควบคุม (PDA) ($P \leq 0.01$) แสดงให้เห็นว่าสารพามีผลต่อการเจริญและประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ การเลือกสารพาที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์

คำสำคัญ: *Bacillus subtilis Bacillus amyloliquefaciens* สารพา ยางพารา

คำนำ

Rigidoporus microporus เป็นเชื้อราในดินสาเหตุโรครากขาว เข้าทำลายระบบรากของยางพารา ปัจจุบันการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคมีหลากหลายวิธี แต่การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี เป็นวิธีการที่มีความปลอดภัย โดยเฉพาะแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus subtilis B. megaterium B. thuringiensis* และ *B. amyloliquefaciens* สามารถควบคุมโรคพืชได้หลายชนิด เช่น การควบคุมเชื้อรา *Bipolaris maydis* สาเหตุโรคใบไหม้แผลเล็กในข้าวโพด (Djaenuddin *et al*., 2020) การควบคุมโรคเหี่ยวของกล้วย ที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุ *Fusarium oxysporum* (Bubici *et al*., 2019) การควบคุมเชื้อรา *Rhizoctonia solani* สาเหตุโรคโคนเน่าในแตงกวา (Huang *et al*., 2012) และการควบคุม *R. solani* สาเหตุโรคกาบใบแห้งของข้าว (Wiwattanapatapee *et al*., 2013; Chumthong *et al*., 2016) เป็นต้น ซึ่งแบคทีเรียบาซิลลัสมีคุณสมบัติเด่นในการสร้างสารปฏิชีวนะ สร้างเอมไซม์ที่ช่วยย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา ผลิตสารระเหยที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งหรือทำลายเชื้อสาเหตุโรค (Nikaji, 2016) แต่การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจำเป็นต้องใช้สารพา (carriers) เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค โดยทั่วไปสารพามีลักษณะเป็นสารเฉื่อย และทำหน้าที่เป็นตัวพาเชื้อจุลินทรีย์ให้กระจายทั่วถึงพื้นที่เป้าหมายเมื่อนำไปใช้งาน ซึ่งสารพามีอนุภาคขนาดเล็ก บางชนิดสามารถละลายน้ำได้หมด ในส่วนที่ไม่สามารถละลายน้ำได้หมด สามารถช่วยป้องกันเซลล์จุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และเป็นแหล่งของอาหารและพลังงานแก่จุลินทรีย์ (Carpin *et al*., 2017) โดยปริมาณของคาร์บอน หรือคาร์บอนต่อไนโตรเจนในสารพาที่แตกต่างกัน จะส่งผลทำให้การเจริญของเซลล์จุลินทรีย์ไม่เท่ากัน จึงส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค (Schisler *et al*., 2004) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *R. solani* เพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้ *B. megaterium* ร่วมกับสารพาแลคโตสโมโนไฮเดรต (lactose monohydrate) (Kanjanamaneesathian *et al*., 2007) และสารพาบางชนิด เช่น ทัลคัม (talcum), เบนโทไนท์ (bentonite) และเคโอลิน (kaolin) ยังช่วยในการกระจายตัวของเซลล์จุลินทรีย์ได้ดี (Ting *et al*., 2010) ขณะที่สารพาทัลคัมและเบนโทไนท์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ *B. coagulans* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าซูการ์บีท โดยเฉพาะความยาวของรากเพิ่มขึ้น (Jorjani *et al*., 2011) และการใช้ชีวภัณฑ์ *B. firmus* ที่มีสารพาทัลคัมสามารถยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *R. solani* สาเหตุโรคใบไหม้ของถั่วหรั่ง และชีวภัณฑ์ไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของต้นกล้า และการงอกของเมล็ดถั่วหรั่ง ทั้งนี้ปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ยังคงมีชีวิตรอดมากกว่า 10^8 โคโลนีต่อกรัม หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 ปี ที่อุณหภูมิห้อง (Pengnoo *et al*., 2006) นอกจากนี้สารพายังส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของชีวภัณฑ์แตกต่างกัน จึงได้คัดเลือกสำหรับพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เพื่อยืดอายุของจุลินทรีย์ (Swami *et al*., 2017)

ดังนั้น งานทดลองจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารพาต่อการเจริญของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus amyloliquefaciens* และเชื้อรา *Rigidoporus microporus* สาเหตุโรครากขาวของยางพารา อีกทั้งศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารพาชนิดต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมแบคทีเรียปฏิปักษ์ และเชื้อราสาเหตุโรครากขาว

แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. จำนวน 3 ไอโซเลท ได้แก่ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 และ LPDD3-2, *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 และเชื้อรา *R. microporus* ไอโซเลท NK6 ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาของดิน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคใต้ สำหรับการเตรียมแบคทีเรียปฏิปักษ์ เลี้ยงแบคทีเรียบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน นำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเอนโดสปอร์ที่ความเร็ว 9,000 รอบ/นาที และนำสารแขวนลอยเอนโดสปอร์แช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อทำลาย vegetative cell ได้ปริมาณสารแขวนลอยเอนโดสปอร์ของ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 และ LPDD3-2 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 เท่ากับ 4.6×10^9, 3.1×10^9 และ 3.2×10^5 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับเชื้อรา *R. microporus* ทำการเลี้ยงบนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิห้อง (26-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน

ผลของสารพาต่อการเจริญของแบคทีเรียปฏิปักษ์

นำสารพา 7 ชนิด ได้แก่ เบนโทไนท์ (bentonite) เคโอลิน (kaolin) แลคโตส (lactose) แป้งดัดแปร (modified starch) แป้งข้าวเจ้า (rice starch) แป้งมันสำปะหลัง (cassava starch) และแป้งข้าวโพด (corn starch) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ผสมในอาหาร PDA ให้มีความเข้มข้น 0.36 เปอร์เซ็นต์ แล้วเทอาหาร PDA แต่ละชนิดในจานเพาะเชื้อ จากนั้นนำสารแขวนลอยเอนโดสปอร์ที่เตรียมไว้ ปริมาณ 0.30 มิลลิลิตร หยดลงบนอาหาร PDA ใช้แท่งแก้วกระจายเซลล์ของแบคทีเรียให้ทั่วผิวหน้าอาหาร โดยวิธี spread plate นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ตรวจสอบลักษณะการเจริญและนับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. แต่ละไอโซเลท เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (PDA) ที่ไม่มีการผสมสารพา

ผลของสารพาต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรครากขาว

นำเชื้อรา *R. microporus* ที่เตรียมไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นวุ้น 0.5 เซนติเมตร วางบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA ผสมสารพาแต่ละชนิด บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี 4 ซ้ำ บันทึกผลโดยการวัดรัศมีการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *R. microporus* คำนวณค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (PDA) ที่ไม่มีการผสมสารพา

ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรครากขาว โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ด้วยวิธี dual culture บนอาหาร PDA ที่ผสมสารพาชนิดต่าง ๆ

นำแบคทีเรียปฏิปักษ์แต่ละไอโซเลท ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *R. microporus* ด้วยวิธีการ dual culture บนอาหาร PDA ที่ผสมสารพาแต่ละชนิด โดยการ

วางชิ้นวุ้นเชื้อสาเหตุห่างจากขอบจานอาหาร 2 เซนติเมตร และขีดแบคทีเรียปฏิปักษ์ตรงข้ามกับเชื้อรา *R. microporus* ให้ห่างจากขอบจานอาหาร 2 เซนติเมตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี 4 ซ้ำ บันทึกผลโดยการวัดรัศมีการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* คำนวณค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (PDA) ที่ไม่มีการผสมสารพา และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งตามวิธีของ Morton and Stroube (1955)

$$\text{Percentage inhibition (\%)} = 100 \times ((R1 - R2)/R1)$$

เมื่อ R1 = ความยาวของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคในชุดควบคุม
R2 = ความยาวของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคในชุดทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการทดลองด้วยวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของสารพาต่อการเจริญของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus amyloliquefaciens*

การเจริญของแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท ได้แก่ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1, *B. subtilis* ไอโซเลท LPDD3-2 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 บนอาหาร PDA ผสมสารพาแต่ละชนิด ทำให้ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียปฏิปักษ์มีขนาดใหญ่ขึ้น แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 1) จำนวนโคโลนีเดียวของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 เจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อผสมสารพาเบนโทไนท์ โดยมีปริมาณเชื้อเท่ากับ 5.9 ± 2.3 × 10^{10} และ 2.1 ± 1.3 × 10^{7} โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ขณะที่ *B. subtilis* ไอโซเลท LPDD3-2 สามารถเจริญเติบโตบนอาหาร PDA ผสมสารพาเบนโทไนท์ เคโอลิน แลคโตส แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพด โดยมีปริมาณเชื้อเท่ากับ 8.6 ± 1.3 × 10^{9}, 6.7 ± 2.1 × 10^{9}, 8.6 ± 2.1 × 10^{9}, 8.3 ± 2.7 × 10^{9} และ 8.1 ± 2.0 × 10^{9} โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) กับชุดควบคุม และการเจริญเติบโตของ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 มีแนวโน้มดีกว่าใน *B. subtilis* ไอโซเลท LPDD3-2 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 ส่วนในสารพาแป้งดัดแปร แบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท เจริญเติบโตได้น้อยที่สุด (Table 1) ทั้งนี้การเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน เนื่องจากแบคทีเรียปฏิปักษ์ได้รับพลังงานจากแหล่งคาร์บอน น้ำ และธาตุอาหารต่าง ๆ (Jacoby *et al*., 2017) พลังงานส่วนใหญ่ถูกใช้ในการสังเคราะห์ทางชีวภาพ อาศัยประสิทธิภาพของปฏิกิริยาเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ที่มีชีวิต มีการใช้พลังงานจากสารที่ได้จากการย่อยสลายในการสร้างสารโมเลกุลขนาดใหญ่ ทำให้เกิดการสร้างส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ เซลล์จึงสามารถเจริญเติบโตได้ (Kohl *et al*., 2019) และแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะของแหล่งกำเนิดคาร์บอน ความเข้มข้นของสารที่ได้รับ และประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ (Egli, 2015) โดยเฉพาะการใช้เบนโทไนท์ ช่วยยืดอายุจุลินทรีย์

(Rakian *et al*., 2018) เป็นแหล่งของพลังงานและอาหาร สามารถปกป้องเซลล์ของจุลินทรีย์ด้วยคุณสมบัติที่ทึบแสงของเบนโทไนท์ (Ting *et al*., 2010) ทำให้การเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. ขนาด และลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน โดยลักษณะของโคโลนีแบคทีเรียปฏิปักษ์มีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตนานกว่า (Figure 1)

Table 1 Growth of antagonistic bacteria on the PDA media containing various carriers

Carriers	Number of viable *Bacillus* spp. (cfu/ml)		
	B. subtilis (SM1)	*B. subtilis* (LPDD3-2)	*B. amyloliquefaciens* (PT7)
control PDA	$5.7 \pm 2.8 \times 10^{7}$ e	$9.7 \pm 2.4 \times 10^{7}$ c	$2.2 \pm 2.4 \times 10^{4}$ f
bentonite	$5.9 \pm 2.3 \times 10^{10}$ a	$8.6 \pm 1.3 \times 10^{9}$ a	$2.1 \pm 1.3 \times 10^{7}$ a
kaolin	$8.5 \pm 2.0 \times 10^{9}$ b	$6.7 \pm 2.1 \times 10^{9}$ a	$3.2 \pm 2.1 \times 10^{4}$ e
lactose	$5.5 \pm 2.1 \times 10^{9}$ c	$8.6 \pm 2.1 \times 10^{9}$ a	$1.7 \pm 1.0 \times 10^{6}$ c
modified starch	$5.7 \pm 1.5 \times 10^{7}$ e	$4.2 \pm 1.3 \times 10^{6}$ d	$4.2 \pm 1.2 \times 10^{3}$ g
rice starch	$8.9 \pm 2.3 \times 10^{9}$ b	$8.3 \pm 2.7 \times 10^{9}$ a	$3.3 \pm 2.1 \times 10^{6}$ b
cassava starch	$7.6 \pm 1.0 \times 10^{8}$ d	$7.6 \pm 1.0 \times 10^{8}$ b	$2.6 \pm 1.1 \times 10^{5}$ d
corn starch	$9.4 \pm 2.4 \times 10^{9}$ b	$8.1 \pm 2.0 \times 10^{9}$ a	$1.6 \pm 1.0 \times 10^{6}$ c
T-test	**	**	**
C.V. (%)	0.59	0.70	1.15

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different ** There is statistical different at P≤ 0.01 level by DMRT test

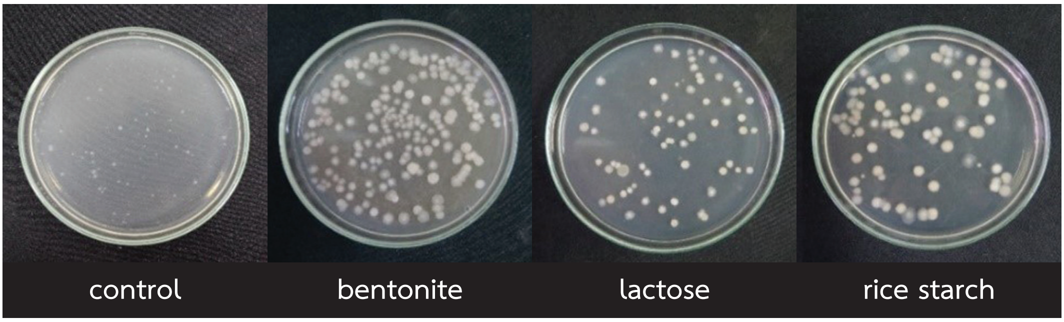


Figure 1 Growth of antagonistic bacteria, *Bacillus subtilis* (SM1) on the PDA media containing bentonite, lactose and rice starch compared to control

ผลของสารพาต่อการเจริญของเชื้อรา *Rigidoporus microporus*

อาหาร PDA ที่ผสมสารพาแป้ง, แลคโตส และเบนโทไนท์ ไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* ซึ่งไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนสารพาแป้งดัดแปร และเคโอลิน มีผลให้เชื้อรา *R. microporus* เจริญเติบโตช้ากว่าปกติโดยเจริญเติบโตช้าที่สุดในสารพาแป้งดัดแปร คือ 5.10 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤ 0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 2) นอกจากนี้มีรายงานว่าการใช้อัลจิเนต (alginate) และแป้งข้าวโพดไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา (Pereira and Roberts, 1991) ขณะที่การใช้แป้งมันสำปะหลัง ไม่ได้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราให้เพิ่มขึ้น รวมถึงการสร้างสปอร์ ซึ่งเป็นเชื้อราก่อโรคในพืช (Kwoseh *et al*., 2012)

Table 2 Mycelial growth of *Rigidoporus microporus* on the PDA media containing various carriers

Carriers	Mycelium growth of *R. microporus* (cm.)
bentonite	6.90 ± 0.17 a
kaolin	6.23 ± 0.25 b
lactose	6.93 ± 0.12 a
modified starch	5.10 ± 0.10 c
rice starch	7.00 ± 0.00 a
cassava starch	7.00 ± 0.00 a
corn starch	7.00 ± 0.00 a
control (PDA)	7.00 ± 0.00 a
F-test	**
C.V. (%)	0.68

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different ** There is statistical different at P≤ 0.01 level by DMRT test

ผลของสารพาต่อประสิทธิภาพของ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus amyloliquefaciens* ในการยับยั้งเชื้อรา *Rigidoporus microporus*

แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. ทั้ง 3 ไอโซเลท (*B. subtilis* ไอโซเลท SM1 LPDD3-2 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* ได้ดี โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 และ LPDD3-2 สามารถยับยั้งได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA ที่ผสมสารเบนโทไนท์ โดยยับยั้งได้เท่ากับ 71.10 และ 69.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีบนอาหาร PDA ที่ผสมสารพาเบนโทไนท์, แป้งข้าวเจ้า, แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพด โดยยับยั้งได้เท่ากับ 60.49 63.57 62.51 และ 63.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้สารพาแป้งดัดแปร พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราน้อยที่สุด ซึ่งแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท สามารถยับยั้งเชื้อรา *R. microporus* ได้แตกต่างทางสถิติอย่างมี

นัยสำคัญยิ่ง (P≤ 0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Table 3) โดยลักษณะของการยับยั้งเชื้อรา *R. microporus* สังเกตได้จากแบคทีเรียปฏิปักษ์เจริญเติบโตได้ดีขึ้นในอาหาร PDA ที่ผสมสารพา ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับอาหาร PDA อย่างเดียว ในขณะที่เส้นใยเชื้อราเจริญเติบโตได้น้อย (Figure 2) ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ และผลของสารพา เนื่องจากสารพาบางชนิดทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพ หรือช่วยในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ บางชนิดเป็นแหล่งของอาหาร และช่วยป้องกันเซลล์ของจุลินทรีย์ (Jayasudha *et al*., 2017) นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ ซึ่งสังเกตได้จากการทดสอบเมื่อผสมสารพากับอาหาร PDA มีผลให้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่สูงขึ้นทั้ง 3 ไอโซเลท เมื่อเปรียบเทียบกับการทดสอบในอาหาร PDA อย่างเดียว ขณะที่สารพาทั้ง 7 ชนิดไม่ส่งเสริมให้การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเกิดบริเวณยับยั้งดังกล่าว แบคทีเรียปฏิปักษ์มีการปลดปล่อยสารที่ละลายน้ำและแพร่ซึมเข้าไปในอาหาร โดยสารที่ปล่อยออกมา เช่น fengycin, iturin และsurfactin เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อรา (Rangel, 2013) ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเข้าใกล้หรือไม่สามารถเจริญผ่านแบคทีเรียไปได้ ทำให้บริเวณปลายเส้นใยของเชื้อราชุดทดสอบมีลักษณะผิดปกติ โดยเส้นใยเล็กลง และไม่สามารถแบ่งตัวต่อไปได้ (Moore *et al*., 2003) ทั้งนี้เมื่อติดตามผลการทดลองหลังจากระยะเวลา 7 วัน เส้นใยเชื้อรา *R. microporus* ยังคงไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

Table 3 Percentage of *Rigidoporus microporus* mycelial inhibition by *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* antagonistic bacteria on the PDA media containing various carriers

Carriers	Percentage of *R. microporus* mycelium inhibition		
	B. subtilis (SM1)	*B. subtilis* (LPDD3-2)	*B. amyloliquefaciens* (PT7)
bentonite	71.10 ± 0.95 a	69.68 ± 0.57 a	60.49 ± 0.65 a
kaolin	54.33 ± 1.00 e	50.80 ± 0.49 d	47.31 ± 1.00 b
lactose	68.91 ± 0.65 b	64.79 ± 0.59 c	46.42 ± 0.53 b
modified starch	45.79 ± 0.68 f	43.14 ± 0.98 f	41.62 ± 0.73 c
rice starch	68.61 ± 1.00 b	65.77 ± 0.63 b	63.57 ± 0.69 a
cassava starch	68.76 ± 0.66 b	66.85 ± 0.56 b	62.51 ± 0.78 a
corn starch	67.23 ± 0.87 c	65.30 ± 0.38 b	63.41 ± 0.53 a
control PDA+*Bacillus* spp.	56.07 ± 0.41 d	46.43 ± 0.13 e	39.29 ± 0.21 d
control PDA	0.00	0.00	0.00
T-test	**	**	**
C.V. (%)	0.12	0.08	0.09

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different ** There is statistical different at P≤ 0.01 level by DMRT test

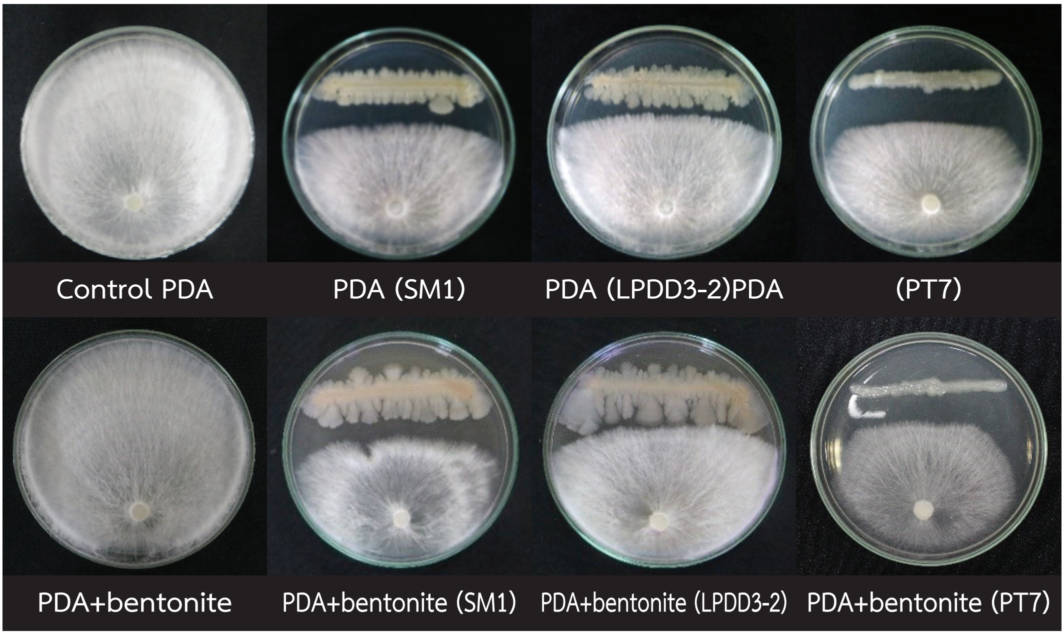


Figure 2 The efficacy of antagonistic bacteria for suppression the mycelial growth of *Rigidoporus microporus* on the PDA media containing bentonite at 7 days

สรุปผลการวิจัย

การใช้สารพาเบนโทไนท์ ส่งผลให้การเจริญของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 3 ไอโซเลท ได้แก่ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1, LPDD3-2 และ *B. amyloliquefaciens* ไอโซเลท PT7 สูงสุดและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P≤ 0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยมีปริมาณเชื้อมากกว่าชุดควบคุม 10^2-10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และขนาดของโคโลนีใหญ่ขึ้น โดยเฉพาะ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 การเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *R. microporus* ในอาหาร PDA ผสมสารพาทุกชนิดไม่ต่างจากชุดควบคุม ยกเว้น เคโอลินและแป้งดัดแปร ขณะที่สารพาทุกชนิดโดยเฉพาะสารพาเบนโทไนท์ทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ยกเว้น *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 บนอาหาร PDA ผสมเคโอลิน อย่างไรก็ตาม อาหาร PDA ผสมเบนโทไนท์ ทำให้ *B. subtilis* ไอโซเลท SM1 สามารถยับยั้งเส้นใยเชื้อราสูงสุดถึง 71.10 เปอร์เซ็นต์ การศึกษานี้จึงเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาแบคทีเรียปฏิปักษ์เป็นชีวภัณฑ์เพื่อควบคุมโรครากขาวของยางพารา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และทุนอุดหนุนงานวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการการควบคุมโรครากขาวของยางพาราโดยชีววิธีร่วมกับการจัดการดิน ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และภาควิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

Bubici, G., M. Kaushal, I.M. Prigigallo, LG.C. Cabanas and M.J. Blanco. 2019. Biological control agents against fusarium wilt of banana. Frontiers in Microbiology. 10: 1-33.

Carpin, M., H. Bertelsen, A. Dalberg, J.K. Bech, J. Risbo, P. Schuck and R. Jeantet. 2017. How does particle size influence caking in lactose powder. Food Engineering. 209: 61-67.

Chumthong, A., R. Wiwattanapatapee, H. Viernstein, A. Pengnoo and M. Kanjanamaneesathian. 2016. Spray-dried powder of *Bacillus megaterium* for control of rice sheath blight disease: formulation protocol and efficacy testing in laboratory and greenhouse. Cereal Research Communications. 44(1): 131-140.

Djaenuddin, N., S. Suriani and A. Muis. 2020. Effectiveness of *Bacillus subtilis* TM4 biopesticide formulation as biocontrol agent against maydis leaf blight disease on corn. Earth and Environmental Science. 484: 1-10.

Egli, T. 2015. Microbial growth and physiology: A call for better craftsmanship. Frontiers in Microbiology. 6: 1-12.

Huang, X., N. Zhang, X. Yong, X. Yang and Q. Shen. 2012. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off disease in cucumber with *Bacillus pumilus* SQR-N43. Microbiological Research. 167: 135-143.

Jacoby, R., M. Peukert, A. Succurro, A. Koprivova and S. Kopriva. 2017. The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition-current knowledge and future directions. Frontiers in Plant Science. 8: 1-19.

Jayasudha, S.M., K.C. Kirankumar, E. Rajashekhara and D.Y. Rudresh. 2017. Evaluation of different carrier materials for development of bacterial bio-control agents formulations with enhanced shelf-life. Microbiology and Applied Sciences. 6(9): 1145-1153.

Jorjani, M., A. Heydari, R.H. Zamanizadeh, S. Rezaee and L. Naraghi. 2011. Development of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus coagulans* based bioformulations using organic and inorganic carriers and evaluation of their influence on growth parameters of sugar beet. Biopesticides. 4(2): 180-185.

Kanjanamaneesathian, M., R. Wiwattanapatapee, A. Pengnoo, K. Oungbho and A. Chumthong. 2007. Efficacy of novel formulations of *Bacillus megaterium* in suppressing sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani.* Plant Pathology Journal. 6(2): 195-201.

Kohl, J., R. Kolnaar and J.W. Ravensberg. 2019. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. Frontiers in Plant Science. 10: 1-19.

Kwoseh, C.K., A.M. Darko and K. Adubofour. 2012. Cassava starch-agar blend as alternative gelling agent for mycological culture media. Journal of Agriculture and Applied Sciences. 8(1): 8-15.

Moore, W.C., J. McKoy, R.D. Valle, D. Armstrong, M.E. Bernard, M. Katz and E.R. Gordon. 2003. Fungal cell wall septation and cytokinesis are inhibited by bleomycins. Chemotherapy. 47(10): 3281-3289.

Morton, D.J. and W.H. Stroube. 1955. Antagonistic and stimulatory effects of soil microorganisms upon *Sclerotium rolfsii*. Phytopathology. 45: 417-420.

Nikaji, J. 2016. Development of formulation and application of *Bacillus subtilis* for controlling soft rot disease of Chinese mustard. M.S. Thesis in Crop Science, Suranaree University of Technology.

Pengnoo, A., R. Wiwattanapatapee, A. Chumthong and M. Kanjanamaneesathian. 2006. Bacterial antagonist as seed treatment to control leaf blight disease of bambara groundnut (*Vigna subterranea*). World Journal of Microbiology and Biotechnology. 22(1): 9-14.

Pereira, M.R. and W.A. Roberts. 1991. Alginate and cornstarch mycelial formulations of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. Journal of Economic Entomology. 84(6): 1657-1661.

Rakian, T.C., L. Karimuna, M. Taufik, G.A.K. Sutariati, M. Muhidin and U. Fermin. 2018. The effectiveness of various Rhizobacteria carriers to improve the shelf life and the stability of Rhizobacteria as Bioherbicide. Earth and Environmental Science. 122: 1-7.

Rangel, A.B.F. 2013. Inhibition of food-related bacteria by antibacterial substances produced by *Pseudomonas* sp. strains from pasteurized milk. Food Science and Technology (Campinas). 16(4): 326-333.

Schisler, D.A., P.J. Slininger, R.W. Behle and M.A. Jackson. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant diseases. Journal of Phytopathology. 94(11): 1267-1271.

Swami, D., B. Paul and S.K. Dotasara. 2017. Effect of carriers on the efficacy of *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* (hd-1) formulations. Entomology and Zoology. 5(3): 590-594.

Ting, A.S.Y., M.T. Fang and C.S. Tee. 2010. An *in vitro* assessment on the efficacy of clay-based formulated cells of *Pseudomonas* Isolate UTAR EPA2 for petrol degradation. American Journal of Applied Sciences. 7(2): 178-184.

Wiwattanapatapee, R., A. Chumthong, A. Pengnoo and M. Kanjanamaneesathian. 2013. Preparation and evaluation of *Bacillus megaterium*-alginate microcapsules for control of rice sheath blight disease. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 29: 1487-1497.

วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ผลของการพอกเมล็ดด้วยเมทิลไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส ต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

Effect of Seed Pelleting with Methyl Hydroxylethyl Cellulose and Carboxymethyl Cellulose on Physical Characteristics and Seed Quality of Lettuce (*Lactuca sativa*)

เพชรรัตน์ จี้เพชร และ จักรพงษ์ กางโสภา*
Phetcarat Jeephet and Jakkrapong Kangsopa*

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
* Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

(Received: 15 November 2021; Revised: 21 December 2021; Accepted: 9 March 2022)

Abstract

Lettuce seeds are small and less food accumulated in the seed. When being grown, seedlings have low germination rate and vigor. Therefore, lettuce farmers import pelleted seeds from other countries instead. Creating a pelleting substance formula for farmers' own use is an important step to improve lettuce cultivation in Thailand. This study aims to find an appropriate type and a concentration level of binder material for lettuce seed pelleting. A randomized complete block design with four replications was used as the experimental design. Seeds were put in two main groups, which were those pelleted with five concentration levels of methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC) which were 0.3%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, and 1.0% (w/v) and those pelleted with the same five concentration levels of carboxyl methyl cellulose (CMC) as in the first seed groups. 130 grams of zeolite were used as a pelleting material per 10 grams of lettuce seeds. The experiment results showed that the pelleted seed with 0.3% and 0.4% (w/v) were the concentration levels of MHEC and CMC that made pellet forming the easiest and easy, respectively. After testing the quality of the pelleted lettuce seeds, it was found that the seeds pelleted with 0.4%, 0.6%, and 0.8% (w/v) of CMC had higher speed of germination and the differences were statistically significant when compared to other seed pelleting methods under laboratory conditions. At the same time, under the laboratory conditions, seeds pelleted with 0.4% (w/v) of CMC had higher root length and shoot length when compared to seeds that were not pelleted. Those differences were found statistically significant. Hence, after considering the experimental results from all seed pelleting methods, it can be concluded that pelleting red oak lettuce seeds with 0.4% (w/v) of CMC is the most proper concentration level.

Keywords: Seed enhancement, seed quality, organic seeds, filler material

บทคัดย่อ

เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีขนาดเล็ก และมีอาหารสะสมในเมล็ดน้อย เมื่อนำไปเพาะต้นกล้ามีความงอกและความแข็งแรงต่ำ เกษตรกรจึงนำเข้าเมล็ดที่ผ่านการพอกจากต่างประเทศ การสร้างสูตรสารพอกขึ้นใช้เองภายในประเทศจึงมีความสำคัญต่อการยกระดับการเพาะปลูกผักกาดหอมในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาชนิดและความเข้มข้นของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมเรดโอ๊ค วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีดังนี้คือ การพอกเมล็ดด้วย Methyl hydroxylethyl cellulose (MHEC) และ Carboxylmethyl cellulose (CMC) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับเช่นเดียวกันคือ 0.3%, 0.4%, 0.6%, 0.8% และ 1.0% (w/v) ตามลำดับ โดยใช้ zeolite เป็นวัสดุพอก ที่อัตรา 130 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม โดยมีผลการทดลองดังนี้ การพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้นเท่ากันคือ 0.3% และ 0.4% (w/v) ทำให้การขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดอยู่ที่ระดับง่ายที่สุด และง่าย ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ดพบว่า การพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4%, 0.6% และ 0.8% (w/v) มีความเร็วในการงอกสูงและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ หลังทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ส่วนการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4% (w/v) มีความยาวรากและความยาวต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก การพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4% (w/v) เป็นชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับใช้พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพันธุ์เรดโอ๊คมากที่สุด

คำสำคัญ: การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์อินทรีย์ วัสดุพอก

คำนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) เป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความต้องการบริโภคตลอดทั้งปีโดยเฉพาะช่วงเทศกาลต่าง ๆ จัดได้ว่าเป็นผักที่ตลาดต้องการสูง และมีแนวโน้มความต้องการปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร, 2564) อีกทั้งยังเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบไปด้วยวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม เหล็ก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น ในปี 2560 มีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมปริมาณ 26.04 ตัน คิดเป็นมูลค่า 34.68 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ซึ่งในระบบการผลิตผักกาดหอมการเพาะกล้าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากขนาดของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีขนาดเล็ก แบน และมีอาหารสะสมในเมล็ดน้อย เมื่อนำไปเพาะต้นกล้าเมล็ดจะมีความงอก ความแข็งแรงต่ำ และต้นกล้างอกไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกษตรกร และฟาร์มผู้ผลิตผักระบบอุตสาหกรรมในประเทศไทยนิยมนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอกจากต่างประเทศมาใช้ในระบบการเพาะปลูกแทน ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีราคาสูง และเพิ่มต้นทุนการผลิตมากขึ้น 5 เท่าตัว (จักรพงษ์ และบุญมี, 2558)

การสร้างสูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมขึ้นใช้เองภายในประเทศไทยมีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยส่งเสริมเกษตรกรผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ให้สามารถส่งออกเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงสภาพให้มีมูลค่าสูงเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งการพอกเมล็ดเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาในเรื่องของขนาดเมล็ดที่มีขนาดเล็ก แบน หรือรูปร่างเมล็ดไม่สม่ำเสมอ โดยจะช่วยให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น มีรูปร่างกลม สม่ำเสมอ และง่ายต่อการนำไปเพาะปลูกได้มากยิ่งขึ้น (บุญมี, 2558) อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้การพอกเมล็ดพันธุ์ประสบผลสำเร็จได้นั้นจะต้องขึ้นอยู่กับวัสดุพอก วัสดุประสาน และสารออกฤทธิ์ โดยเฉพาะวัสดุประสานจะทำหน้าที่เป็นกาวที่ยึดเกาะระหว่างเมล็ดพันธุ์ และวัสดุพอก โดยวัสดุประสานคือ สารเหนียวที่มีความหนืดอยู่ระหว่าง 7.0-30.0 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของวัสดุประสาน โดยมีหน้าที่เชื่อมยึดให้เมล็ดพันธุ์และวัสดุพอกเกาะยึดติดกัน วัสดุประสานที่ดีต้องมีคุณสมบัติที่ละลายน้ำได้ง่าย ทำให้ไม่ขัดขวางต่อกระบวนการซึมผ่านของน้ำ และอากาศเข้าสู่เมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ด (จักรพงษ์, 2563) วัสดุประสานที่นิยมนำมาใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), Carboxy methylcellulose (CMC), Methylcellulose (MC) และ Hydroxyethyl methylcellulose (MHEC) เป็นต้น ปัจจุบันวัสดุประสานสำหรับใช้พอกเมล็ดพันธุ์มีมากมายหลายชนิด อีกทั้งมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาเตรียมให้อยู่ในรูปของสารละลายพร้อมใช้ จึงทำให้วัสดุประสานมีความเหมาะสมที่จำเพาะเจาะจงต่อชนิดของวัสดุพอก และชนิดของเมล็ดพันธุ์ จึงทำให้การพอกเมล็ดพันธุ์จำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอก (บุญมี, 2558) เพื่อเป็นการยืนยันถึงผลของการสร้างสูตรสารพอกเมล็ดที่สมบูรณ์ ยกตัวอย่างการรายงานของ ศศิประภา และบุญมี (2561) ได้ทดลองพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย MHEC ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (w/w) พบว่าสามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย เมล็ดพอกมีความกร่อนต่ำ และก้อนพอกสามารถละลายน้ำได้ดี

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาชนิดและความเข้มข้นของวัสดุประสานที่

เหมาะสมสำหรับการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม และติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพก้อนพอก ความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้า เพื่อเป็นการยกระดับการเพาะปลูกผักกาดหอมให้มีประโยชน์สูงสุดในเชิงพาณิชย์ และการเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และโรงเรือนทดลอง สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยใช้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมอินทรีย์พันธุ์เรดโอ๊คเป็นเมล็ดพันธุ์ทดลอง ฤดูการผลิตปี 2563 โดยศูนย์การเรียนรู้การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก เกษตรอินทรีย์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2564 ดังนี้

การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

คัดเลือกวัสดุประสาน 2 ชนิดที่มีความเป็นไปได้สำหรับใช้พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ประกอบไปด้วย Methyl hydroxylethyl cellulose (MHEC) และ Carboxylmethyl cellulose (CMC) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยใช้ zeolite เป็นวัสดุพอก จึงแบ่งกรรมวิธีการทดลองดังนี้ การพอกเมล็ดด้วย MHEC 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์, 0.8 เปอร์เซ็นต์ และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (T1-T6 ตามลำดับ) และการพอกเมล็ดด้วย CMC 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์, 0.8 เปอร์เซ็นต์ และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ (T7-T10 ตามลำดับ) โดยแต่ละกรรมวิธีใช้ zeolite เป็นวัสดุพอก ที่อัตรา 130 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม จากนั้นนำวัสดุมาพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมตามแผนการทดลอง ด้วยเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุนรุ่น JK-01 แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการพอกแต่ละกรรมวิธีมาลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นใกล้เคียงหรือเท่ากับความชื้นเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น (6 เปอร์เซ็นต์±2) จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพของก้อนพอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ดในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

การละลายของแผ่นฟิล์ม โดยนำตะแกรงที่มีขนาด 3×5 เซนติเมตร ขนาดรูตะแกรง 2×1.5 มิลลิเมตร พับขอบทั้ง 4 ด้านให้มีความสูงประมาณ 1 เซนติเมตร มาชั่งน้ำหนักตัดแผ่นฟิล์มที่ทำจากวัสดุประสานที่แตกต่างกัน ขนาด 4 ตารางเซนติเมตร วางบนตะแกรง และชั่งน้ำหนัก นำตะแกรงที่มีแผ่นฟิล์มจุ่มในน้ำที่บรรจุในบีกเกอร์ใช้เวลาจุ่มแผ่นฟิล์มลงในน้ำประมาณ 5 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำตะแกรงที่มีแผ่นฟิล์มไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตะแกรงพร้อมแผ่นฟิล์มที่เหลือบนตะแกรง ทดสอบวิธีการละ 4 ครั้ง และคำนวณหาค่าการละลายของฟิล์มจากสูตร ค่าการละลายของฟิล์ม (เปอร์เซ็นต์) = [น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น – น้ำหนักฟิล์มที่เหลืออยู่/น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น] × 100 (สุวารี, 2551)

น้ำหนักแผ่นฟิล์ม เตรียมแผ่นฟิล์มเช่นเดียวกันกับหัวข้อ การละลายของแผ่นฟิล์ม จากนั้นนำฟิล์มที่ได้จากชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีมาตัดให้มีขนาด 4 ตารางเซนติเมตร แล้ว

ชั่งน้ำหนักฟิล์ม ทำ 4 ซ้ำ จากนั้นรายงานผลมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม

การขึ้นรูปก้อนพอก การขึ้นรูปของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในระหว่างการพอกเมล็ดจะสังเกตความยาก-ง่ายของการขึ้นรูปก้อนพอกของวัสดุพอกแต่ละชนิดที่สามารถยึดเกาะและคลุมเปลือกของเมล็ดพันธุ์ โดยใช้ค่าคะแนน 1-5 ในการประเมินการขึ้นรูปเมล็ดพอก กำหนดให้ 1 = ยากมาก, 2 = ยาก, 3 = ปานกลาง, 4 = ง่ายและ 5 = ง่ายมาก (สันติภาพ และบุญมี, 2562)

ความกร่อนของก้อนพอก ทำโดยสุ่มก้อนพอกเมล็ดผักกาดหอมจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ดพอก นำมาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องทดสอบความกร่อน Tablet Friability Tester รุ่น 45-2200 ที่ความเร็ว 25 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 นาที (100 รอบ) แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดที่เหลืออยู่ทั้งหมดหลังทดสอบ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความกร่อน (กุณฑิกา และเกศรา, 2549)

การละลายน้ำของก้อนพอกเมล็ด สุ่มคัดเลือกก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในแต่ละกรรมวิธีจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ก้อนพอก จากนั้นนำก้อนพอกมาแช่ในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยแช่ก้อนพอกทีละก้อน ให้หยุดเวลาเมื่อก้อนพอกเริ่มมีการปริแตกทันที จากนั้นบันทึกเวลาการละลายในน้ำของวัสดุพอก ดัดแปลงจาก Anderson *et al*. (1969)

ความเป็นกรด-ด่างของก้อนพอกเมล็ด ตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของก้อนพอกที่ผ่านการพอกเมล็ด ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 กรัม นำวัสดุพอกแต่ละชนิดใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีน้ำปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพอก โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างรุ่น Pen type pH meter รุ่น PH-03

การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เพาะทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งที่ผ่านการพอกและไม่พอกเมล็ดด้วยวิธี Top of paper (TP) ในกล่องพลาสติกใส (110 × 110 × 30 มิลลิเมตร, ยาว × กว้าง × สูง) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ดพอก จากนั้นนำไปไว้ที่ตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มแสง 180 ไมโครไอน์สไตล์ ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดทั้งที่ผ่านการพอกและไม่พอกในแต่ละกรรมวิธีมาประเมินผลลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ ประเมินเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในวันที่ 4 (first count) และวันที่ 7 (final count) โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอก (ISTA, 2019)

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่เป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

ความเร็วในการงอก ประเมินจำนวนเมล็ดที่สามารถงอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน ตั้งแต่ประเมินครั้งแรกที่ 4 วัน (first count) จนถึงวันที่ 7 หลังเพาะ (final count) โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามวิธีการของ AOSA (1983)

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

ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า ประเมินที่ 7 วันหลังเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยความยาวต้นวัดจากโคนลำต้นอ่อนจนถึงปลายใบเลี้ยง และความยาวรากวัดจากโคนรากแก้วจนถึงปลายราก ส่วนความยาวต้นกล้าตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากจนถึงปลายใบ โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอกและไม่พอกมาทดสอบความงอกที่ถาดหลุมเพาะเมล็ด โดยมีพีทมอสเป็นวัสดุเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ทำการนับความงอกครั้งแรก (first count) หลังจากเพาะ 4 วัน และนับครั้งสุดท้าย (final count) หลังเพาะ 7 วัน (ISTA, 2019)

ความเร็วในการงอก ประเมินเมล็ดพันธุ์ที่สามารถงอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน ตั้งแต่เริ่มเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน (first count) จนถึงวันที่ 7 หลังเพาะ (final count) โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกเช่นเดียวกันกับการทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

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

ความยาวต้น ประเมินความยาวต้นที่ 7 วันหลังเพาะ ทำโดยตัดลำต้นของต้นกล้าชิดวัสดุปลูกทั้งหมดทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น จากนั้นนำมาวัดบันทึกข้อมูลโดยใช้ไม้บรรทัด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลผลของวัสดุประสานที่แตกต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยแปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี Arcsine transformation และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS (Version 9.1)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพของวัสดุประสานและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

จากการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุประสาน 2 ชนิดพบว่า ทุกความเข้มข้นของการละลายของแผ่นฟิล์มและน้ำหนักแผ่นฟิล์มของ Methyl hydroxylethyl cellulose (MHEC) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ Carboxymethyl cellulose (CMC) อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบลักษณะของแผ่นฟิล์มแสดงให้เห็นว่า การใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะบางเบา แต่มีความยืดหยุ่น ส่วนการใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แผ่นฟิล์มมีความเหนียว คงทน และฉีกขาดยาก (Figure 1) โดย MHEC ที่เป็นองค์ประกอบของอนุพันธ์เซลลูโลสสายยาว ประกอบด้วย 27-32 เปอร์เซ็นต์ ของ hydroxyl group (ดวงกมล และเตชิษฐ์, 2549) และ CMC เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสที่ประกอบด้วย 3 หมู่ ของ Hydroxyl group จึงทำให้โครงสร้างของวัสดุประสาน

ทั้ง 2 ชนิด มีโมเลกุลของเซลลูโลสมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวแบบเชิงเส้น (linear polymer) ทำให้มีโครงสร้างเป็นร่างแห (Rowe *et al*., 2009) ทำให้แผ่นฟิล์มของ MHEC และ CMC ที่ได้มีความแข็งแรงและทนทาน จึงเหมาะสมสำหรับนำมาเป็นสารเชื่อมยึดระหว่างเมล็ดพันธุ์และวัสดุพอกสำหรับการสร้างก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ให้สมบูรณ์ได้ ส่วนการขึ้นรูปก้อนพอกพบว่า การใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การขึ้นรูปก้อนพอกง่ายที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุประสานชนิดและความเข้มข้นอื่น ๆ รองลงมาคือ การใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ที่ทำให้การขึ้นรูปก้อนพอกง่ายกว่าการใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์, 0.8 เปอร์เซ็นต์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ โดย MHEC และ CMC เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสที่สกัดได้จากพืช จึงมีโครงสร้างเป็นร่างแห ทำให้วัสดุประสานมีความหนืดมากกว่ากลุ่มวัสดุประสานสังเคราะห์ การใช้ความเข้มข้นของ MHEC 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ CMC 0.4 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมได้ง่ายที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความเข้มข้นของวัสดุประสานที่ความเข้มข้นอื่น ๆ (จักรพงษ์, 2563) โดยศศิประภา และบุญมี (2561) ได้รายงานว่า เมื่อใช้ MHEC ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัสดุประสานร่วมกับการใช้ Calcium sulfate เป็นวัสดุพอกพบว่าสามารถขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมได้ในระดับที่ง่าย จึงสามารถพอกเมล็ดเป็นก้อนพอกที่สวยและแข็งแรงได้ อีกทั้งงานทดลองนี้ได้ใช้ Calcium sulfate เป็นวัสดุพอกสำหรับใช้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับความชื้นได้ดี มีความแข็งแรงสูง (ลดา, 2552) อีกทั้งมีอนุภาคละเอียดประมาณ 79 ไมครอน (Chindaprasirt *et al*., 2011) จึงทำให้ Calcium sulfate สามารถรวมตัวกับวัสดุประสานที่มีองค์ประกอบของอนุพันธ์เซลลูโลสจำพวก CMC และ MHEC ได้ดี

ส่วนการตรวจสอบความกร่อนของก้อนพอกพบว่า การใช้ MHEC ที่ความเข้มข้น 0.8 เปอร์เซ็นต์, 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์, 0.8 เปอร์เซ็นต์ และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ก้อนพอกไม่มีความกร่อนและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการอื่น ๆ ทั้งนี้การพอกเมล็ดโดยใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้นสูง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวัสดุพอกรวมตัวกับเมล็ดได้อย่างแนบแน่น เป็นก้อนพอกที่สมบูรณ์ ไม่พบความกร่อนของวัสดุพอกจากคุณสมบัติที่มีโครงสร้างเป็นร่างแหทำให้เกิดการเชื่อมยึดกันอย่างแน่นหนา (บุญมี, 2558) นอกจากนี้ ศศิประภา และบุญมี (2561) ได้ทดสอบพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมโดยใช้ Calcium sulfate เป็นวัสดุพอกและใช้ MHEC 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัสดุประสานพบว่า ก้อนพอกมีความกร่อนเพียง 1.31 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อตรวจสอบการละลายน้ำของก้อนพอกพบว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ก้อนพอกละลายน้ำได้ช้าที่สุดคือ 7.28 นาที และมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ รองลงมาคือ การพอกเมล็ดด้วย CMC และ MHEC ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดย MHEC และ CMC จัดเป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ (natural water soluble polymers) (Rowe *et al*., 2009) ทำให้ก้อนพอกเมล็ดที่ได้จึงมีคุณสมบัติไม่ขัดขวางต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ ส่วนการตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างพบว่า วัสดุประสานทั้ง 2 ชนิด มี pH อยู่ระหว่าง 7.48-7.70

ซึ่งหมายถึง MHEC และ CMC ทุกความเข้มข้นมีความเป็นกลาง (Science Notes, 2021) คล้ายกับการรายงานของ สันติภาพ และคณะ (2561) พบว่า การเตรียม MHEC สำหรับพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ มีค่า pH ของ MHEC คือ 6.96 ซึ่งใกล้เคียงกับการเตรียมวัสดุประสานในการทดลองนี้ สำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม (Table 1)

Table 1 Film dissolution, film weight, forming, friability of pelleted seed, dissolution period of pelleted seed and pH of pelleted seed of pelleted lettuce seed with MHEC and CMC at different types and concentrations

Treatment	Film dissolution (%)	Film weight (mg)	Forming	Friability of pelleted seed (%)	Dissolution period of pelleted seed (min)	pH of pelleted seed
MHEC 0.3%	96	30	5[1]	62.83 a[2]	0.07 e	7.63 d
MHEC 0.4%	96	30	4	66.55 a	0.10 e	7.67 b
MHEC 0.6%	97	50	3	5.56 b	1.38 d	7.70 a
MHEC 0.8%	99	40	2	0 c	2.94 c	7.64 cd
MHEC 1.0%	99	60	2	0 c	7.28 a	7.65 c
CMC 0.3%	97	30	5	4.61 b	0.03 e	7.62 d
CMC 0.4%	98	30	4	0 c	0.04 e	7.56 e
CMC 0.6%	98	40	3	0 c	0.03 e	7.48 g
CMC 0.8%	99	50	2	0 c	0.07 e	7.55 e
CMC 1.0%	99	70	2	0 c	5.48 b	7.52 e
F-test	ns	ns	-	**	**	**
CV.(%)	0.21	1.10	-	40.92	0.20	0.17

ns, **: Non significantly and significantly different at P≤0.01, respectively

[1] The forming scores for the seed pelleting: 1 = very hard, 2 = difficult, 3 = medium, 4 = easy, 5 = very easy

[2] Means with in a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT

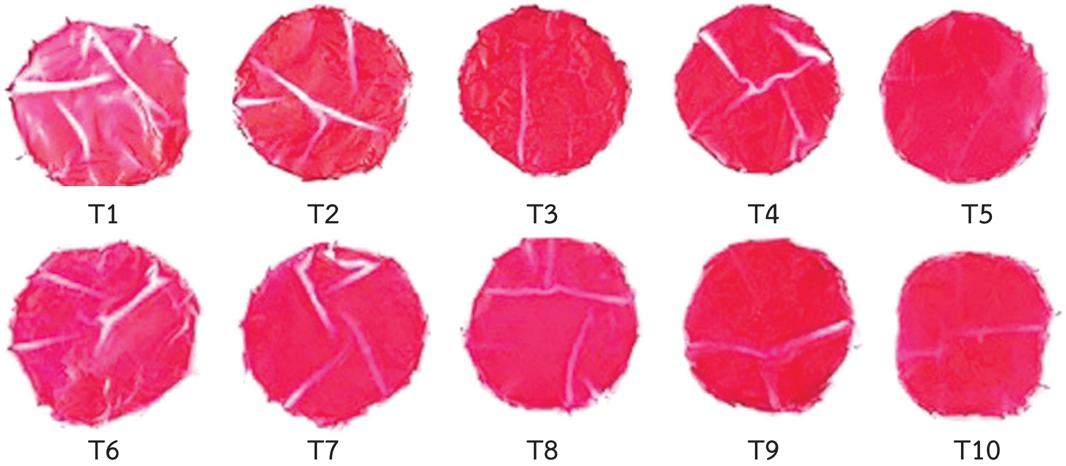


Figure 1 Physical characteristics of film at different types and concentrations of binder: T1 = MHEC 0.3%, T2 = MHEC 0.4%, T3 = MHEC 0.6%, T4 = MHEC 0.8%, T5 = MHEC 1.0%, T6 = CMC 0.3%, T7 = CMC 0.4%, T8 = CMC 0.6%, T9 = CMC 0.8%, T10 = CMC 1.0%

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

เมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอก 99 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ และแตกต่างทางสถิติกับการพอกเมล็ดด้วย CMC 1.0 เปอร์เซ็นต์ การพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกสูงกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ (Table 2) โดย CMC มีคุณสมบัติสามารถละลายน้ำได้ง่าย ทำให้เมื่อใช้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ จึงไม่มีผลขัดขวางต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด (จักรพงษ์, 2563) โดยมีรายงานของ Anbarasan *et al.* (2016) ได้ทดลองใช้ CMC อัตรา 5 กรัม เป็นวัสดุประสานสำหรับพอกเมล็ดถั่วมะแฮะพบว่า การใช้ CMC ไม่มีผลขัดขวางต่อการงอกของเมล็ด อีกทั้งเมล็ดที่ผ่านการพอกมีความงอกสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก นอกจากนี้ จักรพงษ์ และ บุญมี (2558) ยังรายงานเพิ่มเติมว่า การใช้ CMC เป็นวัสดุประสานที่ความเข้มข้น 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม สำหรับพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมพบว่าไม่มีผลกระทบต่อความงอกและความเร็วในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก

เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC ที่ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอก 99 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าและแตกต่างกับการพอกเมล็ดด้วย MHEC ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และ CMC ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีการอื่น ๆ ส่วนการพอกเมล็ดด้วย MHEC ที่ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์, 0.8 เปอร์เซ็นต์, 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์, 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.8 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกมีความเร็วในการงอกสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบความแตกต่างกับกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 2) โดยการ

ทดสอบในสภาพเรือนทดลองเป็นการเพาะทดสอบโดยใช้วัสดุเพาะกล้าเป็นพีทมอสภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่ได้ควบคุม ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.4-0.8 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก ซึ่งทั้ง MHEC และ CMC เป็นวัสดุประสานที่ได้จากอนุพันธ์เซลลูโลสที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี ทำให้การทดสอบในวัสดุเพาะกล้าที่ระดับความลึกประมาณ 2 เซนติเมตร ก้อนพอกยังสามารถปริและแตกได้ โดยไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ด (จักรพงษ์ และบุญมี, 2556) อีกทั้งการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกันยังแสดงให้เห็นว่ามีความเร็วในการงอกไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก ยกเว้นการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกน้อยมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างชัดเจน ทั้งนี้ CMC ที่เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสที่มีโครงร่างเป็นร่างแห (บุญมี, 2558) เมื่อใช้ในระดับความเข้มข้นสูงกว่า 0.8 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้วัสดุประสานมีความหนืดสูง ก้อนพอกละลายน้ำได้ช้า (Table 1) ทำให้เมล็ดที่อยู่ภายในก้อนพอกได้รับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการงอกช้าไปด้วย (จวงจันทร์, 2529; วันชัย, 2553) จึงทำให้เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ งอกช้ามากกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ

Table 2 Germination and speed of germination of pelleted lettuce seed with MHEC and CMC at different types and concentrations, tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatment	Laboratory condition		Greenhouse condition	
	Germination (%)	Speed of germination (plant/day)	Germination (%)	Speed of germination (plant/day)
Non pelleted	96 ab[1, 2]	11.85 c	97 a-c	12.08 a
MHEC 0.3%	96 ab	11.95 c	96 a-c	11.49 ab
MHEC 0.4%	98 ab	12.10 c	98 ab	11.34 ab
MHEC 0.6%	96 ab	11.85 c	99 a	11.98 a
MHEC 0.8%	96 ab	11.93 c	97 a-c	11.96 a
MHEC 1.0%	98 ab	12.09 c	93 c	12.06 a
CMC 0.3%	99 a	12.20 c	96 a-c	11.55 a
CMC 0.4%	97 ab	24.06 a	97 a-c	12.56 a
CMC 0.6%	99 a	24.39 a	96 a-c	10.63 ab
CMC 0.8%	99 a	24.33 a	96 a-c	12.49 a
CMC 1.0%	95 b	21.88 b	94 c	9.65 b
F-test	*	**	*	*
CV.(%)	5.12	3.10	5.07	10.24

*, **: Significantly different at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

[1] Means with in a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT

[2] Data are transformed by the arcsine before statistical analysis

การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวต้น 1.26 เซนติเมตร สูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการอื่น ๆ ซึ่งมีความยาวต้น 0.98-1.7 เซนติเมตร แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับการพอกเมล็ดด้วย MHEC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวต้น 1.20 เซนติเมตร ส่วนการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีความยาวราก 6.87 เซนติเมตร และความยาวต้นกล้า 8.04 เซนติเมตร มากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ด (Table 3) ซึ่งเมื่อพิจารณาจาก Figure 2 จะพบว่า ต้นกล้าที่ผ่านการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของการเจริญเติบโตได้ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกเมล็ด จากผลการทดลองสามารถพิจารณาได้จากผลของการละลายน้ำของก้อนพอก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.3-0.8 เปอร์เซ็นต์ ก้อนพอกสามารถละลายน้ำได้ดี (Table 1) ทำให้เมล็ดมีโอกาสได้รับปัจจัยการงอกและการเจริญเติบโตเร็วมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ซึ่งจากการพิจารณาทั้งความยาวต้น ความยาวรากและความยาวต้นกล้าแสดงให้เห็นว่าการพอกเมล็ดทุกวิธีการทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของต้นกล้าสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก ดังนั้นการใช้วัสดุประสานชนิด MHEC และ CMC ทุกความเข้มข้นสำหรับใช้พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์จึงไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม คล้ายกับการรายงานของ ศศิประภา และบุญมี (2561) พบว่าการพอกเมล็ดผักกาดหอมด้วย MHEC 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวรากสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก

ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวต้นสูงมากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดด้วย CMC ทุกความเข้มข้น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการอื่น ๆ (Table 3) ซึ่งจากผลการทดลองเห็นได้ชัดว่า การใช้ CMC เป็นวัสดุประสานที่มีความเข้มข้นเกิน 0.4 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลขัดขวางต่อความยาวต้นกล้ามากกว่าการพอกเมล็ดด้วย MHEC ทุกความเข้มข้น ทั้งนี้ CMC เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสชนิดหนึ่ง โดยโมเลกุลของเซลลูโลสประกอบด้วยหน่วยย่อยของ D-anhydroglucopyranose มาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวแบบเชิงเส้นด้วยพันธะ b-14 glucosidic ทำให้มีโครงสร้างเป็นร่างแห (Rowe *et al.*, 2009) จึงทำให้ก้อนพอกมีความแข็งแรง ทำให้ส่งผลต่อการดูดซึมผ่านของออกซิเจน และความชื้น ได้ช้ากว่าวิธีการอื่น ๆ (วันชัย, 2553) เมล็ดจึงได้รับปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการย่อยสลายอาหารสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตช้า ทำให้ในระยะเวลา 8 วัน สำหรับการประเมินการตรวจนับครั้งสุดท้าย (final count) แสดงให้เห็นว่า ต้นกล้ามีพัฒนาการด้านความยาวต้นน้อยมากกว่าวิธีการอื่น ๆ

Table 3 Shoot, root and seedling length of pelleted lettuce seed with MHEC and CMC at different types and concentrations, tested under laboratory and greenhouse conditions

Treatment	Laboratory condition			Greenhouse condition
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling length (cm)	Shoot length (cm)
Non pelleted	0.98 e[1]	4.05 e	5.03 d	1.10 a-d
MHEC 0.3%	1.13 b-d	5.85 c	6.97 b	1.18 a
MHEC 0.4%	1.20 ab	6.05 bc	7.25 b	1.15 ab
MHEC 0.6%	1.08 d	6.04 bc	7.12 b	1.15 ab
MHEC 0.8%	1.10 cd	4.97 d	6.07 c	1.10 a-c
MHEC 1.0%	1.13 b-d	5.88 c	7.01 b	1.12 ab
CMC 0.3%	1.26 a	6.17 bc	7.42 ab	1.06 b-e
CMC 0.4%	1.17 bc	6.87 a	8.04 a	1.05 b-e
CMC 0.6%	1.07 d	6.65 ab	7.72 ab	0.98 de
CMC 0.8%	1.17 bc	5.95 bc	7.12 b	0.97 e
CMC 1.0%	1.10 cd	6.18 a-c	7.27 b	0.99 c-e
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	4.89	7.80	6.75	6.75

**: Significantly different at P≤0.01

[1] Means with in a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT

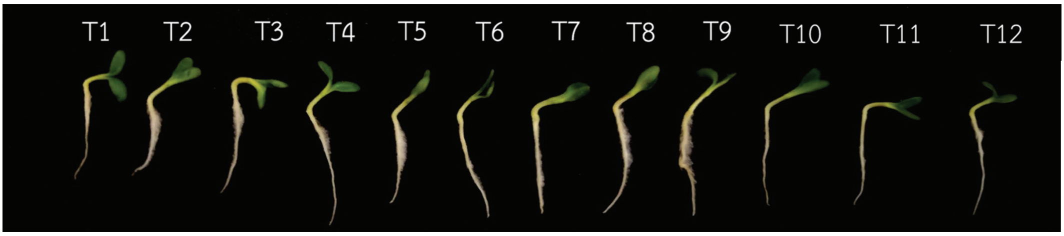


Figure 2 The seedling growth of lettuce was examined under laboratory conditions 7 days after planting. T1) non pelleted seed, T2) pelleted seed + MHEC 0.3%, T3) pelleted seed + MHEC 0.4%, T4) pelleted seed + MHEC 0.6%, T5) pelleted seed + MHEC 0.8%, T6) pelleted seed + MHEC 1.0%, T7) pelleted seed + CMC 0.3%, T8) pelleted seed + CMC 0.4%, T9) pelleted seed + CMC 0.6%, T10) pelleted seed + CMC 0.8%, T11) pelleted seed + CMC 1.0%

สรุปผลการวิจัย

การใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมง่ายที่สุด และง่ายตามลำดับ ส่วนการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์, 0.6 เปอร์เซ็นต์ และ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีความเร็วในการงอกสูงมากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ซึ่งการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ มีความยาวรากและความยาวต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก หลังทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ อีกทั้งหลังการทดสอบในสภาพเรือนทดลองยังมีความงอกและความเร็วในการงอกไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก

ดังนั้นการพอกเมล็ดด้วย CMC ที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นชนิดและอัตราแนะนำสำหรับใช้เป็นวัสดุประสานสำหรับใช้พอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการ การพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ประจำปีงบประมาณ 2564 (รหัสโครงการ N41A640243) และขอขอบคุณสาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบริษัท เซเรสอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่ได้สนับสนุนสถานที่และวัสดุอุปกรณ์สำหรับการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กุณฑิกา ดำรงปราชญ์ และเกศรา ชูคำสัตย์. 2549. อิทธิพลของพลาสทิไซเซอร์ต่อการปลดปล่อยยาที่ละลายน้ำได้ดีจากเม็ดยาออสโมติกปั๊มชนิดรูพรุน. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2556. ผลของการพอกเมล็ดด้วย pumice zeolite และ bentonite ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย. วารสารแก่นเกษตร 41(พิเศษ 1): 257-262.

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2558. ศักยภาพของการใช้ carboxymethyl cellulose และ hydroxypropyl methylcellulose เป็นวัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. วารสารแก่นเกษตร 43(พิเศษ 1): 268-273.

จักรพงษ์ กางโสภา. 2563. วัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์. วารสารแก่นเกษตร 48(1): 119-130.

ดวงกมล ศรีราจันทร์ และเตชิษฐ์ ประสิทธิ์วุฒิเวช. 2549. การพัฒนาตำรับพญายอสำหรับใช้ภายนอก. โครงการพิเศษ ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. 2564. รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืชจำแนกตาม

พื้นที่. แหล่งข้อมูล https://bit.ly/2ZZce53 (15 ตุลาคม 2564).

ลดา พันธ์สุขุมธนา. 2552. ปูนปลาสเตอร์กับการนำกลับมาใช้. วารสารเซรามิกส์ 3(3): 34-35.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศศิประภา บัวแก้ว และบุญมี ศิริ. 2561. ลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุประสานและวัสดุพอกที่แตกต่างกัน. วารสารแก่นเกษตร 46(3): 469-480.

สันติภาพ ไชยสาร จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2561. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุประสานชนิดแตกต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. วารสารแก่นเกษตร 46(พิเศษ 1): 36-42.

สันติภาพ ไชยสาร และบุญมี ศิริ. 2562. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกมะเขือเทศลูกผสม. วารสารแก่นเกษตร 47(3): 467-478.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. การนำเข้าและส่งออก. แหล่งข้อมูล http://impexp.oae.go.th/service/ (2 พฤศจิกายน 2564).

สุวารี ก่อเกษตรวิศว์. 2551. ผลของสารเคลือบที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Anbarasan, R., P. Srimathi, and A. Vijayakumar. 2016. Influence of seed pelleting on seed quality improvement in redgram (*Cajanus cajan* L.). Legume Res. 39(4): 584-589.

Anderson, R.A., H.F. Conway, V.F. Pfeifer, and E.L. Griffin. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Sci. Today. 14: 4-12.

AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Association of Official Seed Analysts, New York.

Chindaprasirt, P., K. Boonserm, T. Chairuangsri, W. Vichit-Vadakan, T. Eaimsin, T. Sato, and K. Pimraksa. 2011. Plaster material from waste calcium sulfate containing chemicals, organic fibers and inorganic additive. Constr. Build. Mater. 25: 3193-3203.

ISTA. 2019. International rules for seed testing, Edition 2019. International Seed Testing Association, Bassersdorf.

Rowe, R.C., P.J. Sheskey, and M.E. Quinn. 2009. Handbook of pharmaceutical excipients. 6th Edition. Pharmaceutical Press, London.

Science Notes. 2021. The pH scale of common chemicals. Available: https://sciencenotes.org/the-ph-scale-of-common-chemicals (November 3, 2021).

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ

1. **การพิมพ์** ต้นฉบับพิมพ์โดยโปรแกรมไมโครซอฟต์เวิร์ด ใช้รูปแบบฟอนต์ Thai Sarabun PSK ขนาด 16 points สำหรับชื่อเรื่อง และ 15 points สำหรับที่เหลือ พิมพ์หน้าเดียวในกระดาษ A4 เว้นขอบทั้ง 4 ด้าน 2.5 ซม. ความยาวของบทความรวมทุกอย่างไม่เกิน 10 หน้า
2. **การเรียงเนื้อหา** เนื้อหาประกอบด้วยส่วนต่างๆ รวม 8 หัวข้อ ควรเรียงตามลำดับ ดังนี้
   - 2.1 ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับและสื่อเป้าหมายหลักของการวิจัย ชื่อวิทยาศาสตร์ ใช้ตัวเอน และการพิมพ์ภาษาละติน เช่น *in vivo*, *in vitro*, *Ad libitum*, หรือ *et al.* ให้พิมพ์ด้วยตัวเอน ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ขึ้นต้นคำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทุกคำ ยกเว้นคำบุพบท
   - 2.2 ชื่อผู้เขียน (Authors) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ส่วนที่อยู่ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ ให้ใส่เป็นเชิงอรรถที่ท้ายชื่อหากมีผู้แต่งมาจากหลายที่ โดยอธิบายเชิงอรรถไว้ในหน้าแรกของบทความ ที่อยู่ควรเป็นที่อยู่ที่ติดต่อได้ทางไปรษณีย์ รวมรหัสไปรษณีย์ด้วย ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) หลังชื่อคนที่รับผิดชอบบทความ (corresponding author) พร้อมอีเมลติดต่อ
   - 2.3 บทคัดย่อ (Abstract) ควรสั้น กระชับ ได้ใจความในการทำวิจัย วิธีการ ผลการศึกษาและสรุป ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ควรเกิน 300 คำ
   - 2.4 คำสำคัญ (Keywords) ให้ระบุคำสำคัญ ไม่เกิน 4 คำ ท้ายบทคัดย่อแต่ละภาษา โดยวางในตำแหน่งชิดด้านซ้ายของหน้ากระดาษ (บทความประมวลความรู้เชิงวิเคราะห์ หรือบทความปริทัศน์ไม่ต้องมีบทคัดย่อ)
   - 2.5 คำนำ (Introduction) แสดงเหตุผลหรือความสำคัญที่ทำวิจัย อาจรวมการตรวจเอกสารและวัตถุประสงค์ไว้ด้วย
   - 2.6 อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) รายละเอียดวัสดุ อุปกรณ์ วิธีการ และแบบจำลองการศึกษาที่ชัดเจน สมบูรณ์และเข้าใจง่าย
   - 2.7 ผลการวิจัยและวิจารณ์ (Results and Discussion) อธิบายผลการทดลอง พร้อมเสนอข้อมูลในรูปแบบ ตาราง (Table) หรือภาพประกอบ (Figure) โดยตารางหรือภาพ ให้จัดทำเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมดและแทรกอยู่ในเนื้อหา คำอธิบายตารางให้อยู่เหนือตาราง ส่วนคำอธิบายภาพให้วางอยู่ใต้ภาพ หน่วยในตารางให้ใช้ตัวย่อ ในระบบเมตริก ส่วนวิจารณ์ผล ให้แสดงความคิดเห็นของผลการศึกษาโดยเชื่อมโยงกับสมมติฐานหรืออ้างอิงที่เชื่อถือได้ โดยไม่ต้องแยกเป็นอีกหัวข้อ
   - 2.8 สรุปผลการวิจัย (Conclusion) สรุปผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่

3. กิตติกรรมประกาศ

อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัย เช่น แหล่งทุน แต่ไม่ได้มีชื่อร่วมวิจัย

4. เอกสารอ้างอิง

4.1 ในเนื้อหา ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อและปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทย ใช้ชื่อตัวและปี พ.ศ. เช่น

4.1.1 คนเดียว ใช้รูปแบบ พาวิน (2556) รายงานว่า.... หรือ .... (พาวิน, 2556) ในบทความภาษาอังกฤษใช้ Yong (1996) หรือ .... (Yong, 1996)

4.1.2 สองคน ใช้คำเชื่อมและ เช่น พาวิน และสมชาย (2557) หรือ .... (พาวิน และสมชาย, 2557) ในบทความภาษาอังกฤษใช้ Young and Smith (2000) หรือ .... (Young and Smith, 2000)

4.1.3 มากกว่า 2 คนขึ้นไป ใช้ชื่อคนแรกตามด้วยคำว่า และคณะ เช่น พาวิน และคณะ (2560) รายงานว่า หรือ .... (พาวิน และคณะ, 2560) ในบทความภาษาอังกฤษใช้ Young *et al.* (2005) หรือ .... (Young *et al.*, 2005) แต่ในส่วนบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายบทความให้ใช้ชื่อผู้เขียนเต็มทุกคน

4.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิง ให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ โดยเรียงลำดับชื่อตามตัวอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนดังนี้

4.2.1 **วารสาร** (Standard Journal)

แสงทอง พงษ์เจริญกิต จันทร์เพ็ญ สะระ ธีรนุช เจริญกิจ และฉันทนา วิชรัตน์. 2559. การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคดีอาร์เอพีดี. วารสารเกษตร 32(1): 1-8.

Shternshi, M., O. Tomilova, T. Shpatova and K. Soytong. 2005. Evaluation of ketomium-mycofungicide on siberian isolates of phytopathogenic Fungi. J. Agricultural Technology 1(2): 247-253.

4.2.2 **หนังสือ หรือตำรา** (Books/ Textbook) ไม่ต้องระบุจำนวนหน้า

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2555. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไยสดเชิงการค้า. ดอคคิวเมนทารี ดีไซน์, เชียงใหม่.

Steel, R.G.D., J.H. Torrie and D.A. Dickie. 1997. Principal and procedures of atatistic-abiometric approach. 3rd Edition. McGraw-Hill Publishing Company, Toronto.

4.2.3 **เรื่องย่อยในหนังสือหรือตำราที่มีผู้เขียนแยกบทและมีบรรณาธิการ** (Section in Books with Editors)

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2543. การให้น้ำลำไย. น. 44-49. *ใน*: นพดล จรัสสัมฤทธิ์ พาวิน มะโนชัย นพมณี โทปุญญานนท์ ธีรนุช จันทรชิต วินัย วิริยะอลงกรณ์ พิชัย สมบูรณ์วงศ์ (บ.ก.). การผลิตลำไย. สิรินาฏการพิมพ์, เชียงใหม่.

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee socially. pp. 3-20. *In*: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press, Sapporo.

4.2.4 **วิทยานิพนธ์** (Thesis)

ทรงศักดิ์ ธรรมจำรัส. 2554. การศึกษาหาดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้อายุผลและปริมาณความร้อนสะสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Chantrachit, T. 1994. Anaerobic conditions and off-flavor development in ripening banana (*Carvendishii spp.*). M.S. Thesis in Horticulture, Oregon State University.

4.2.5 **ประชุมวิชาการ** (Proceeding/ Conference)

วรรณพร จิรารัตน์ สมกิจ อนะวัชกุล ปิยศักดิ์ คงวิริยะกุล และสมบัติ พนเจริญสวัสดิ์. 2550. ผลของการเสริมดอกปีบในอาหารสุกรขุนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก. รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 30 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 308-314.

Yamagishi, Y., H. Mitamura, N. Arai, Y. Mitsunaga, Y. Kawabata, M. Khachapicha, and T. Viputhamumas. 2005. Feeding habits of hatchery-reared young Mekong giant catfish in fish pond and Mae Peum reservoir. Proceeding of the 2nd Internationl Symposium on SEASTAR 2000 and Asian Bio-Logging Science, Kyoto. pp. 17-22.

4.2.6 **สื่ออิเล็กทรอนิกส์** (Internet)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกซ์). แหล่งข้อมูล http://www.servicelink.doae.go.th/corner%20book/book%2005/Hydropronic.pdf (25 กรกฎาคม 2561).

Linardakis, D.K. and B.I. Manois. 2005. Hydroponics culture of strawberries in Perlite. Available: http://www.schunder.com/strawberries.html (April 21, 2005.)

5. ตัวอย่างรูปแบบและคำแนะนำที่เป็นภาษาอังกฤษ

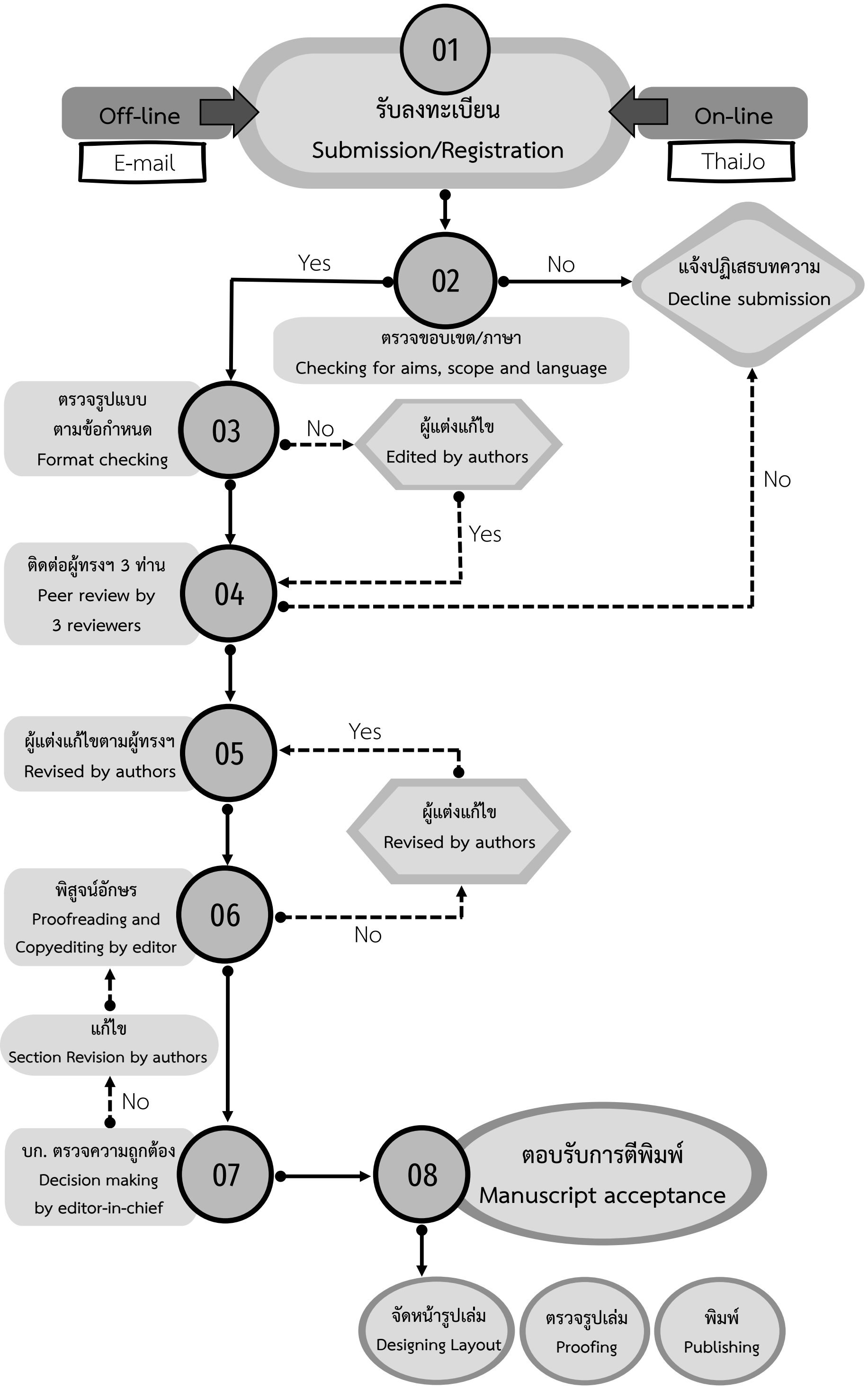
ตัวอย่างรูปแบบและคำแนะนำศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ www.jap.mju.ac.th

การส่งบทความ

อีเมล	jap@mju.ac.th
ThaiJo	https://li01.tci-thaijo.org/index.php/japmju
เว็บไซต์	www.jap.mju.ac.th
เบอร์โทรติดต่อ	+66 5387 3618
ที่อยู่ติดต่อวารสาร	สำนักงานวารสารผลิตกรรมการเกษตร อาคารรัตนโกสินทร์ 200 ปี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
หมายเหตุ	ทุกช่องทางการส่งบทความ ให้ส่ง**ใบลงทะเบียนส่งบทความ** (แบบฟอร์ม วผก.1) ที่กรอกเอกสารเรียบร้อยแล้ว แนบไปพร้อมกับบทความทุกครั้ง

การตรวจแก้ไขและการยอมรับการตีพิมพ์

1. การติดต่อผู้เขียนจะติดต่อผ่านอีเมล ตามที่อยู่ของ corresponding author หรือหากจำเป็นเร่งด่วนจะติดต่อทางเบอร์โทรศัพท์หรือไปรษณีย์ตามที่อยู่ที่ติดต่อได้
2. เรื่องที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน จึงจะได้รับให้ลงตีพิมพ์ในวารสาร โดยจะตอบรับการตีพิมพ์หรือปฏิเสธบทความ ภายใน 180 วัน หลังวันรับลงทะเบียนบทความ
3. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะส่งตีพิมพ์ทุกเรื่องตามที่เห็นสมควร ในกรณีที่จำเป็นจะต้องส่งต้นฉบับที่แก้ไขแล้วคืนให้ผู้เขียน เพื่อความเห็นชอบอีกครั้งก่อนตีพิมพ์


01
รับลงทะเบียน
Submission/Registration
Off-line
E-mail
On-line
ThaiJo
02
Yes
No
ตรวจขอบเขต/ภาษา
Checking for aims, scope and language
แจ้งปฏิเสธบทความ
Decline submission
03
ตรวจรูปแบบ
ตามข้อกำหนด
Format checking
No
ผู้แต่งแก้ไข
Edited by authors
Yes
No
04
ติดต่อผู้ทรงฯ 3 ท่าน
Peer review by
3 reviewers
05
ผู้แต่งแก้ไขตามผู้ทรงฯ
Revised by authors
Yes
ผู้แต่งแก้ไข
Revised by authors
06
พิสูจน์อักษร
Proofreading and
Copyediting by editor
No
แก้ไข
Section Revision by authors
No
07
บก. ตรวจความถูกต้อง
Decision making
by editor-in-chief
08
ตอบรับการตีพิมพ์
Manuscript acceptance
จัดหน้ารูปเล่ม
Designing Layout
ตรวจรูปเล่ม
Proofing
พิมพ์
Publishing

แผนผังขั้นตอนการพิจารณาบทความ เพื่อตีพิมพ์ในวารสารผลิตกรรมการเกษตร
(ภายใน 180 วันหลังรับลงทะเบียน)
Acceptance Pathway : 180 days after submission

Guide for Authors

The submitted Manuscripts should be of high academic merit and are accepted on condition that they are contributed solely to the Journal of Agricultural Production. Submission of a multi-authored manuscript implies the consent of all the participating authors. All manuscripts considered for publication will be subjected in a process of double-blinded peer-review by at least 3 independent referees and it is free of charge.

Submission checklist

Manuscript submission must include title page, abstract, keywords, text, tables, figures, acknowledgements, reference list and appendices (if necessary). For a title page section, a title of the article, a list of author, affiliations and E-mail address for corresponding author need to be provided. The total manuscript should not exceed 10 pages.

Preparation of the manuscript

All manuscript submission for publication in the journal should followed the following guidelines:

1. Manuscript texts must be written using high-quality language. For non-native English language authors, the article should be proof-read by a language specialist before submission.
2. The manuscript text, tables and figures should be created using Microsoft Word.
3. If possible, all text throughout the manuscript should be used 15 pt ~TH SarabunPSK except a title using 16 pt, otherwise, Browallia new would be replaced.
4. Manuscript texts should be prepared as a single column, with a sufficient margin (2.5 centimeters for each side).
5. Abstract should not exceed 300 words and provide only 4 keywords for each manuscript.
6. All measurement in the text should be reported in abbreviation, using metric system.
7. Each Tables and figures should be numbered consecutively.

8. Acknowledgments should be as brief as possible, in a separate section before the references.
9. In-text citation should be given in the form of author and year in parentheses; (Pawin *et al.*, 2012) or if the author's name is a part of sentence, it should be followed by the year in parentheses; Pawin *et al.* (2012). All references mentioned in the reference list must be cited in the text, and vice versa.
10. The reference list at the end of the manuscript should be listed alphabetically. The following are examples of reference format.

Standard journal:

Shternshi, M., O. Tomilova, T. Shpatova and K. Soytong. 2005. Evaluation of ketomium-mycofungicide on Siberian isolates of phytopathogenic fungi. J. Ari. Tech. 1(2): 247-253.

Books/ Textbook:

Steel, R.G.D., J.H. Torrie, and D.A. Dickie. 1997. Principal and procedures of atatisticabiometric approach. 3rd Editon. McGraw-Hill Publishing Company, Toronto.

Section in Books with Editors:

Kubo, T. 2003. Molecular analysis of the honeybee socially. pp. 3-20. *In*: T. Kikuchi, N. Azuma and S. Higashi (eds.). Gene, Behaviors and Evolution of Social Insects. Hokkaido University Press. Sapporo.

Thesis:

Chantrachit, T. 1994. Anaerobic conditions and off-flavor development in ripening banana (*Carvendishii spp.*). M.S. Thesis in Horticulture, Oregon State Universtiy.

Proceeding/ Conference:

Yamagishi, Y., H. Mitamura, N. Arai, Y. Mitsunaga, Y. Kawabata, M. Khachapicha, and T. Viputhamumas. 2005. Feeding habits of hatchery-reared young Mekong giant catfish in fish pond and Mae Peum reservoir. Precedding of the 2nd Internationl Symposium on SEASTAR 2000 and Asian Bio-Logging Science. Kyoto, Japan. pp. 17-22.

Internet:

Linardakis, D.K. and B.I. Manois. 2005. Hydroponics culture of strawberries in Perlite. Available: http://www.schunder.com/strawberries.html (April 21, 2005.)

Submission (Author chooses one of the following channels for submission)

1. E-mail	jap@mju.ac.th
2. ThaiJo	**https://li01.tci-thaijo.org/index.php/japmju**

Remarks

For all channels of submission, attachment of registration form (JAP 01) that was completely filled is required.

Contact us

Phone	+66 5387 3618
E-mail	jap@mju.ac.th
Website	www.jap.mju.ac.th

MJU
JOURNAL OF
AGRICULTURAL
PRODUCTION

MJU JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
อีเมล jap@mju.ac.th
เว็บไซต์ http://jap.mju.ac.th
โทรศัพท์ +66 5387 3618
โทรสาร +66 5387 3628